

# ESTRATIGRAFIA, AMBIENTE DEPOSICIONAL E ANÁLISE DE RESERVATÓRIO DO GRUPO ITARARÉ (PERMOCARBONÍFERO), BACIA DO PARANÁ (PARTE 1)

STRATIGRAPHY, DEPOSITIONAL ENVIRONMENT, AND RESERVOIR ANALYSIS OF THE ITARARÉ GROUP (PERMO-CARBONIFEROUS), PARANÁ BASIN, BRAZIL (PART I)

Almério Barros França<sup>(1)</sup> e Paul Edwin Potter<sup>(2)</sup>

RESUMO – Este trabalho é uma análise estratigráfica, ambiental e de reservatórios do Grupo Itararé, usando dados de poços da Bacia do Paraná. Dado a sua extensão, os resultados desta análise serão publicados em duas partes. A primeira trata da análise estratigráfica e ambiente deposicional. A segunda parte, que será publicada oportunamente, tratará da análise de reservatórios. Propõe-se uma nova subdivisão estratigráfica para o Grupo Itararé em subsuperfície. A unidade inferior foi denominada Formação Lagoa Azul, que é subdividida nos membros Cuiabá Paulista e Tarabaí. O Membro Tarabaí contém a Camada Folhelho Roncador. A unidade intermediária proposta é a Formação Campo Mourão, e a unidade superior foi denominada Formação Taciba, que é subdividida nos membros Rio Segredo, Chapéu do Sol e Rio do Sul. Esta nova divisão estratigráfica é necessária porque somente na parte central da bacia a sedimentação é mais contínua. Os perfis de poços revelam que o Grupo Itararé tem três ciclos deposicionais, denominados inferior, médio e superior, que correspondem amplamente às três novas formações. Provavelmente, estes ciclos deposicionais são respostas a mudanças climáticas e no nível do mar. O mapa de isóletas de diamicrito (lamito seixoso) do Grupo Itararé demonstra que três grandes lobos de geleiras devem ter penetrado na Bacia do Paraná durante o Permo-Carbonífero. Um lobo veio do leste, aparentemente uma extensão do Lobo de Kaokoveld da África. Dois lobos vieram do oeste e foram denominados Lobo de Santa Catarina e Lobo de Mato Grosso, possivelmente ligados à glaciação no Arco de Assunção.

(Originais recebidos em 24.05.88.)

## 1 – INTRODUÇÃO

A Bacia do Paraná cobre cerca de 1 600 000 km<sup>2</sup> da região sudeste da América do Sul, compreendendo partes do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. A porção brasileira, que é o objetivo deste trabalho, representa aproximadamente 1 000 000 km<sup>2</sup> (fig. 1).

A Bacia do Paraná compreende o maior registro de depósitos do Gondwana na América do Sul. Lobos de geleiras (fig. 2) e depósitos glaciais associados com a flora de *Glossopteris* (Permo-Carbonífero) são correlacionados com depósitos similares na África, Índia, Austrália e Antártica. O *Mesosaurus*, um pequeno réptil que viveu provavelmente em águas rasas costeiras durante o Permiano, é encontrado somente na Formação Irati da Bacia do Paraná e na White Band da Bacia do Karoo, na África do Sul. Os depósitos glaciais e o *Mesosaurus* têm sido amplamente usados como argu-

mentos para a separação dos continentes, desde o início da teoria da deriva continental.

O Brasil importa cerca de 40% do petróleo que utiliza. A maioria deste petróleo é consumido próximo à Bacia do Paraná, nos estados industrializados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Entretanto, o potencial petrolífero desta imensa bacia ainda é desconhecido, principalmente porque grande parte está coberta por espessa camada (maior que 1 km de espessura) de rochas basálticas de idade juro-cretácica. Os derrames basálticos, além de diques e soleiras associados, dificultam o mapeamento sísmico de estruturas, tornando a Bacia do Paraná menos atrativa do que outras bacias sedimentares brasileiras.

Avanços tecnológicos na aquisição e processamento de dados sísmicos facilitaram o mapeamento de estruturas nas áreas com menor cobertura basáltica.

1 - Núcleo de Exploração da Bacia do Paraná, Departamento de Exploração.

2 - H. N. Fisk Laboratory, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio, EUA.

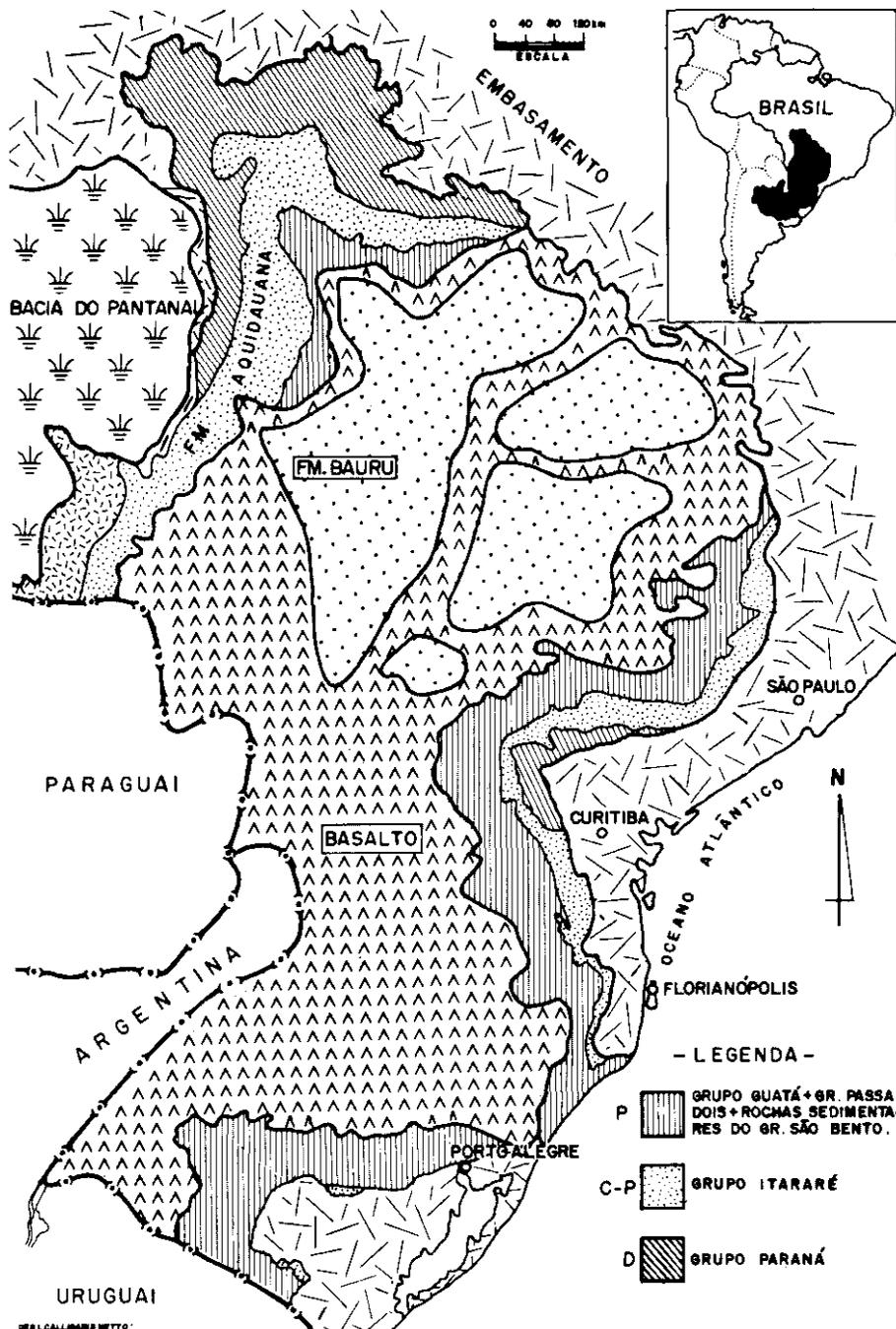


Fig. 1 - Mapa geológico da Bacia do Paraná.

O uso conjunto da sísmica e de novos métodos de prospecção, tais como o magnetotélúrico, permitiu aos exploracionistas "ver" através do "escudo sísmico" e confiavelmente mapear feições de larga escala, tais como a base do basalto, o topo do embasamento, alguns contatos estratigráficos, além de soleiras e diques (SILVA & VIANNA, 1982; STANLEY *et alii*, 1985). O mapeamento de soleiras e diques pode vir a ser muito importante na exploração da Bacia do Paraná porque, até o momento, as melhores indicações de gás são de are-

nitos do Grupo Itararé, provavelmente capeados por diabásio.

Existem aproximadamente 100 poços perfurados no lado brasileiro da Bacia do Paraná (fig. 3). Muitos destes poços são estratigráficos, e a maioria mostrou indícios de óleo e gás. Alguns testes de formação recuperaram gás com vazão diária de até 85 000 m<sup>3</sup>. Entretanto, nenhum poço foi perfurado num alto estrutural fechado.

Além das descobertas não-comerciais,

ocorrem, na faixa de afloramento, exsudação de óleo, depósitos de arenito asfáltico e o folhelho betuminoso da Formação Irati, que fornece trimestralmente cerca de 10 500 toneladas de óleo produzidas na planta de São Mateus do Sul (Estatística de Petróleo, 1986). Portanto, a Bacia do Paraná é uma enorme área relativamente inexplorada, que possui bom potencial para a descoberta de acumulações de petróleo em trapas estruturais e estratigráficas.

### 1.1 - Situação da Bacia

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica de história múltipla. Com base no sistema de classificação de KINGSTON *et alii* (1983), a Bacia do Paraná é classificada como do tipo *Continental Interior Fracture* (IF), em seu estágio inicial de deposição, que vai do Siluriano ao Permiano Inferior, e do tipo *Interior Sag* (IS), do Permiano Inferior (Sakmariano) até seu estágio final de deposição no Cretáceo.

O preenchimento sedimentar da Bacia do Paraná, compreendendo aproximadamente 5 000 m de espessura, é composto principalmente por rochas paleozóicas e secundariamente por rochas mesozóicas. As primeiras compreendem dois ciclos deposicionais importantes, separados por uma discordância erosiva. Os sedimentos do primeiro ciclo deposicional são depósitos siluro-devonianos do Grupo Paraná. O segundo ciclo de deposição é permo-carbonífero e inclui os grupos Itararé, Guatá e Passa Dois (fig. 4). As rochas sedimentares do Mesozóico são representadas pelo Grupo São Bento, que se assenta discordantemente sobre o Grupo Passa Dois nas áreas marginais da bacia, mas que parece ter um contato concordante na parte central da mesma (fig. 4).

A seqüência sedimentar é coberta pela Formação Serra Geral, que é o maior complexo de lavas basálticas do mundo, atingindo até 1 700 m de espessura. Associados ao basalto, têm-se diques e soleiras, alguns dos quais atingindo espessuras de até 250 m. Em alguns poços, a quantidade de rocha ígnea pode alcançar até 40% do total de seção perfurada.

Por exemplo, o poço 2-AN-1-PR, com profundidade final de 5 554 m, tem 2 138 m de rocha ígnea (basalto + diabásio), correspondendo a 38% da seção perfurada.

Além das seqüências principais mencionadas acima, a Bacia do Paraná possui algumas unidades com menor expressão volumétrica, tais como a Formação Vila Maria, de idade siluriana. Esta formação foi descrita primeiramente por FARIA & REIS (1978) e reestudada posteriormente por FARIA (1982) e GRAY *et alii* (1985). Os poços perfurados recentemente na parte central da bacia encontraram novas seções litológicas, comumente preservadas em grabens. A maioria destas seqüências não estão classificadas e ainda são pouco entendidas, embora mereçam atenção, devido, principalmente, às grandes espessuras, superiores a 800 m.

Cerca de 5% do volume das rochas sedimentares da Bacia do Paraná estão expostas, o restante está coberto por lavas. Estas rochas sedimentares, provavelmente, representam sedimentos depositados próximos à margem original da bacia e estes afloramentos exibem fácies que não existem na parte central da mesma. Além disso, os afloramentos são afetados por forte intemperismo, típico das regiões tropicais.

Inicialmente, pensava-se que a Bacia do Paraná fosse tectonicamente estável, praticamente sem deformação. Pesquisas recentes demonstraram que isto não é verdade. Os resultados obtidos em poços recentes, mapeamento sísmico e estudos aeromagnéticos mostram que a bacia é significativamente deformada. Diversos alinhamentos estruturais, associados a falhamentos e a intrusões de diabásio, foram mapeados, principalmente na parte sul da bacia (fig. 5). Estes alinhamentos, com direção predominante NW, podem ser identificados por mapeamento aeromagnético (FERREIRA, 1982, p. 145) ou por sensoriamento remoto de satélites e imagens de radar (SOARES, 1982, p. 6).

Os alinhamentos NW-SE têm cerca de 20 a 100 km de largura e podem-se es-

tender por mais de 600 km. São facilmente traçados desde a linha de costa atual, através de terrenos pré-cambrianos, até as proximidades do rio Paraná, na parte central da bacia (fig. 5).

Os alinhamentos de Paranapanema e Uruguai são as extensões continentais de duas zonas de fraturas do fundo oceânico: alinhamento do Rio de Janeiro e alinhamento de Florianópolis (ASMUS & GUAZELLI, 1981, fig. 3). Estes dois alinhamentos são as feições que, respectivamente, limitam ao norte e ao sul o Arco de Ponta Grossa, que é a feição es-

trutural mais conspícua na Bacia do Paraná (fig. 5). De acordo com ASMUS (1981, p. 264) e FÚLFARO *et alii* (1982, p. 97), estes lineamentos foram estabelecidos no embasamento durante o Pré-Cambriano Superior/Eopaleozóico. FÚLFARO *et alii* (1982, p. 590) relacionam estes dois alinhamentos a aulacógenos que se teriam desenvolvido no Cambro-Ordoviciano.

## 1.2 – Pesquisas de Subsuperfície

Os estudos de subsuperfície na Bacia do Paraná tiveram seu início em 1892

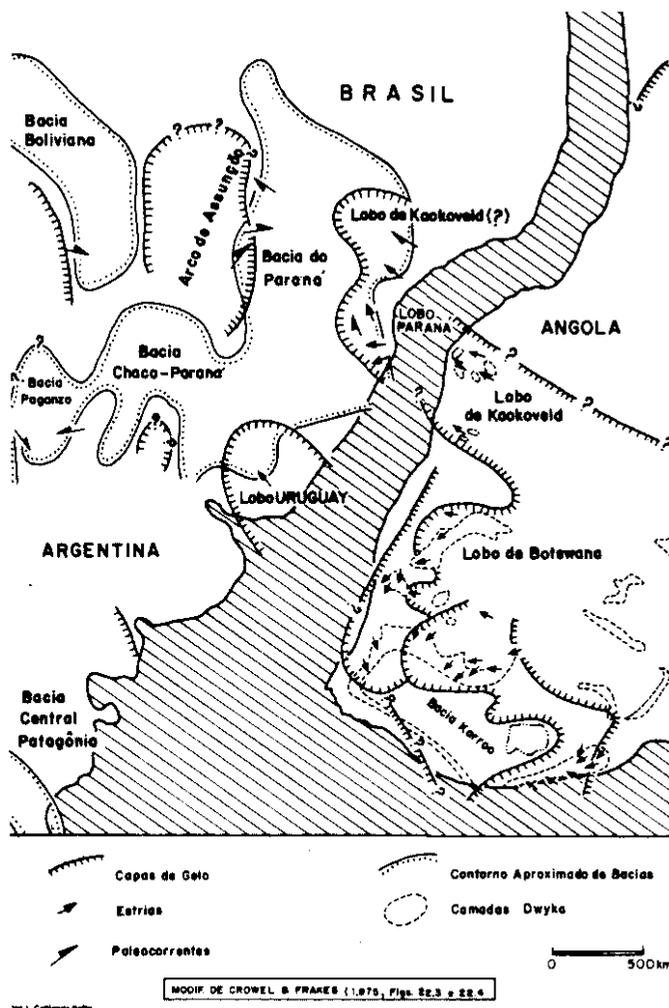


Fig. 2 - Glaciação no Paleozóico Superior da América do Sul e África.



foi determinada com base em dados palinológicos (DAEMON & QUADROS, 1970).

O Grupo Itararé é bem estudado na área de afloramento, e diversas classificações estratigráficas já foram propostas, sendo a maioria válida apenas localmente. A primeira tentativa de subdividir o Grupo

Itararé, utilizando principalmente dados de subsuperfície, foi feita por BAUMANN (1981), que subdividiu toda a seqüência paleozóica acima do Devoniano em seis unidades.

## 2 – ESTRATIGRAFIA E AMBIENTE DEPOSICIONAL

Os derrames basálticos que cobrem a maioria das rochas sedimentares na Bacia do Paraná constituem um grande problema não só para os geofísicos, mas também para os estratígrafos, que vêm há muito tempo tentando estabelecer a

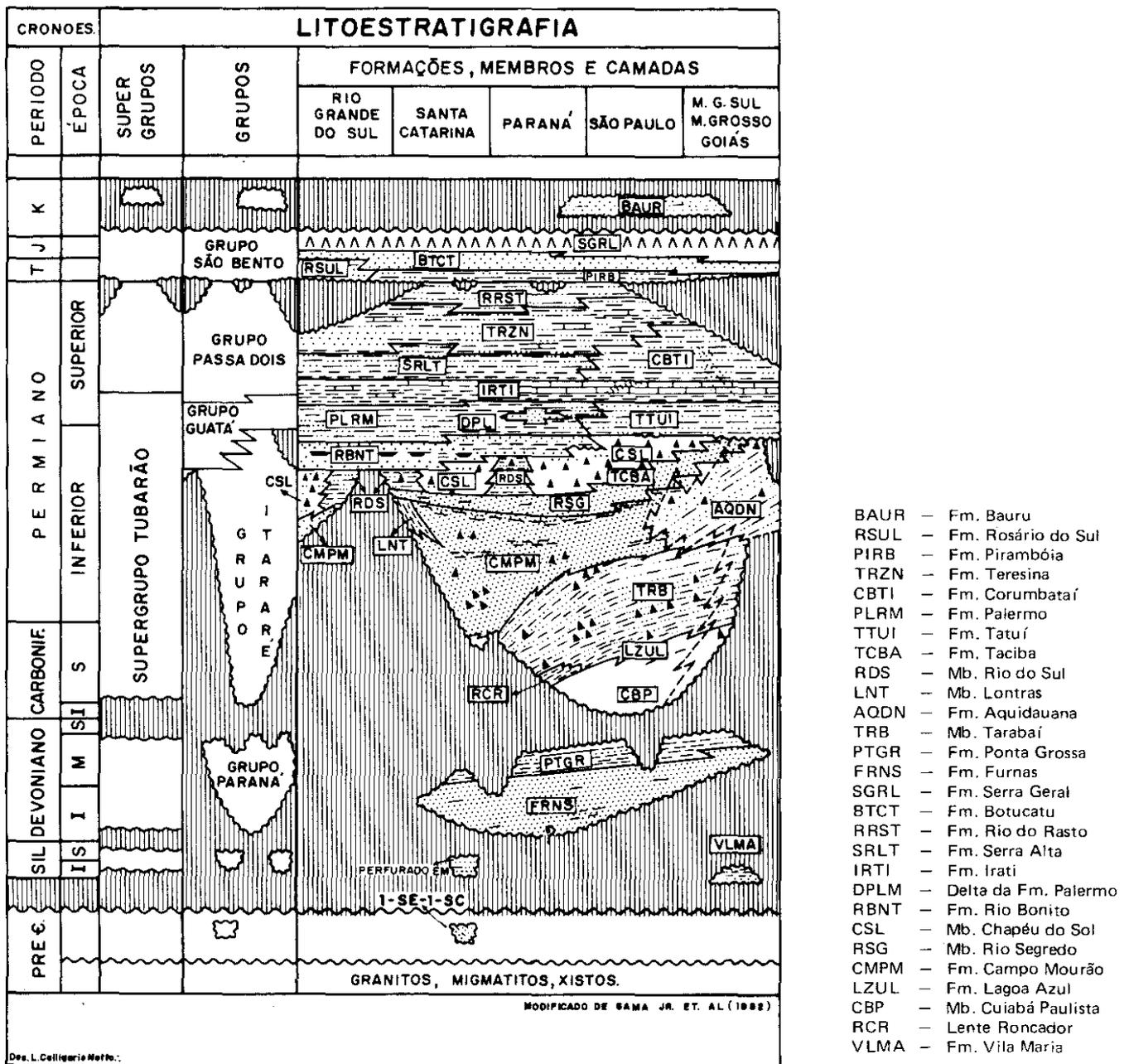


Fig. 4 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná.

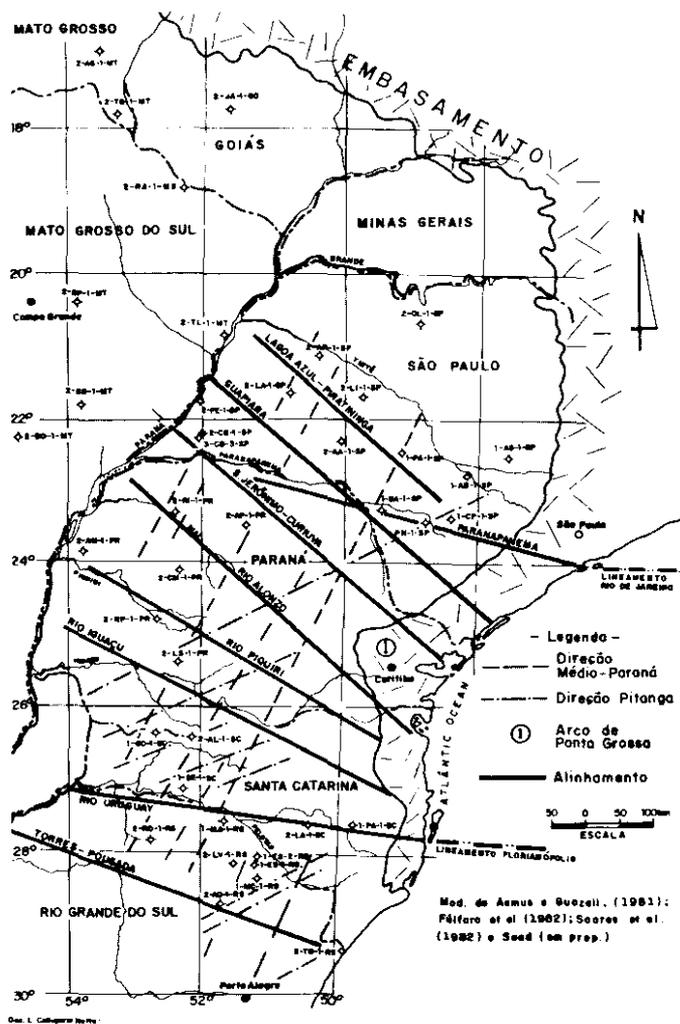


Fig. 5 - Principais alinhamentos estruturais da Bacia do Paraná.

seqüência estratigráfica da Bacia do Paraná. Os espessos basaltos da Formação Serra Geral confinam o geólogo de superfície aos afloramentos das áreas marginais da bacia, onde a seqüência estratigráfica é incompleta. Os problemas com o estabelecimento da coluna estratigráfica de uma bacia a partir de seus afloramentos marginais são há muito conhecidos. Por exemplo, KRUMBEIN & SLOSS (1963, p. 20) afirmam: "Practically all of the concepts which modern stratigraphers have inherited from their predecessors are derived from studies of rocks in outcrop. It is obvious, however, that by far the greatest volume of the sedimentary rocks is buried and unavail-

able for surface study. No stratigraphic concept which ignores this great bulk of unexposed strata can be considered complete"; KINGSTON *et alii* (1983, p. 2176) exprimem essencialmente a mesma idéia: "The sedimentary stages should be described from the center of the depositional cycle in enclosed basins . . ." e MIALL (1984, p. 3): "Stratigraphic units ideally should be established on the basis of a basin-wide perspective, but they rarely are. Local terminology continues to be proposed by geologists studying limited areas while paying little or no attention to the regional framework".

Estas citações são aqui mencionadas para enfatizar que estudos cuidadosos de subsuperfície na parte central da Bacia do Paraná são essenciais e importantes para se compreender a estratigrafia regional. Estes estudos estratigráficos são fundamentais para a exploração e para uma melhor compreensão da origem da bacia.

Felizmente, já existem mais de 20 poços perfurados na parte central da bacia, a maioria deles com uma boa coleção de perfis elétricos e muitos com testemunhos. Estes novos dados forneceram a base para as novas unidades estratigráficas aqui propostas. Estas unidades foram propostas após o estudo cuidadoso de mais de 3 000 km de seções estratigráficas (fig. 8) e a preparação de diversos mapas de isópacas. Todas as unidades foram escolhidas por sua aplicação prática em estratigrafia de subsuperfície.

O nome Série Tubarão (tabela I) foi proposto por WHITE (1908, p. 48) para designar todos os sedimentos abaixo da Formação Irati no estado de Santa Catarina. Mais tarde, a Série Tubarão foi estendida para o resto da bacia e modificada para Grupo Tubarão e, posteriormente, para Supergrupo Tubarão. Este compreende os grupos Itararé e Guatá, como definidos por SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 45). Esta nomenclatura é adotada aqui com uma pequena modificação, que é a inclusão da Formação Tatuí no Grupo Guatá (tabela I).

O termo Itararé foi usado primeiramente por OLIVEIRA (1927, p. 41), que designou a Série Itararé como sendo todos os sedimentos com influência glacial na Bacia do Rio Itararé no estado de São Paulo. De acordo com SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 45), a Série Itararé foi mudada para Grupo Itararé por GORDON (1947, p. 4). Porém, alguns autores, tais como NORTHFLEET *et alii* (1969), GAMA *et alii* (1982) e FÚLFARO *et alii* (1984), usam Formação Itararé ao invés de Grupo Itararé.

Grupo é, definitivamente, a melhor classificação para uma unidade que possua mais de 1 300 m de espessura e que pos-

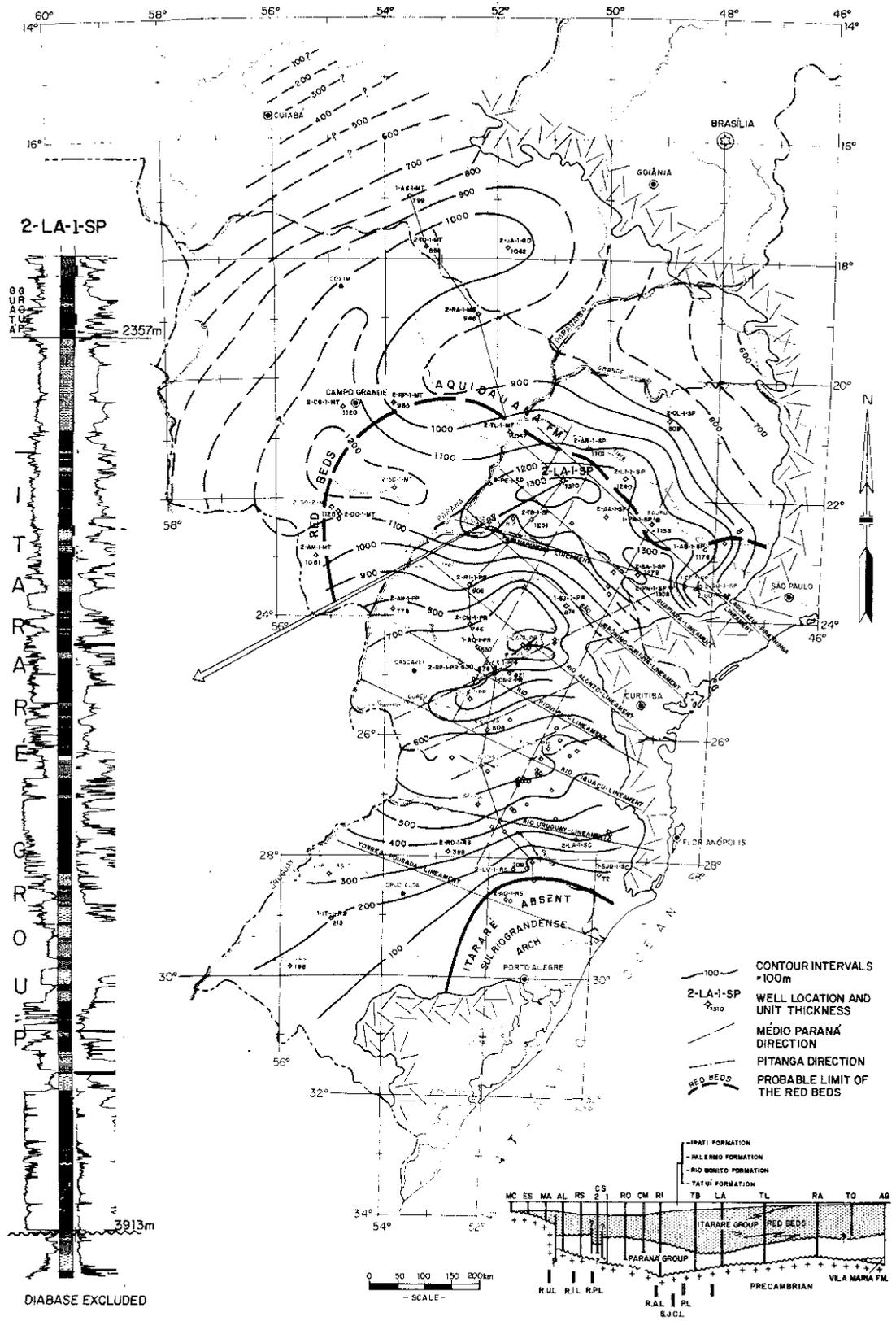


Fig. 6 - Mapa de isópacas do Grupo Itararé.

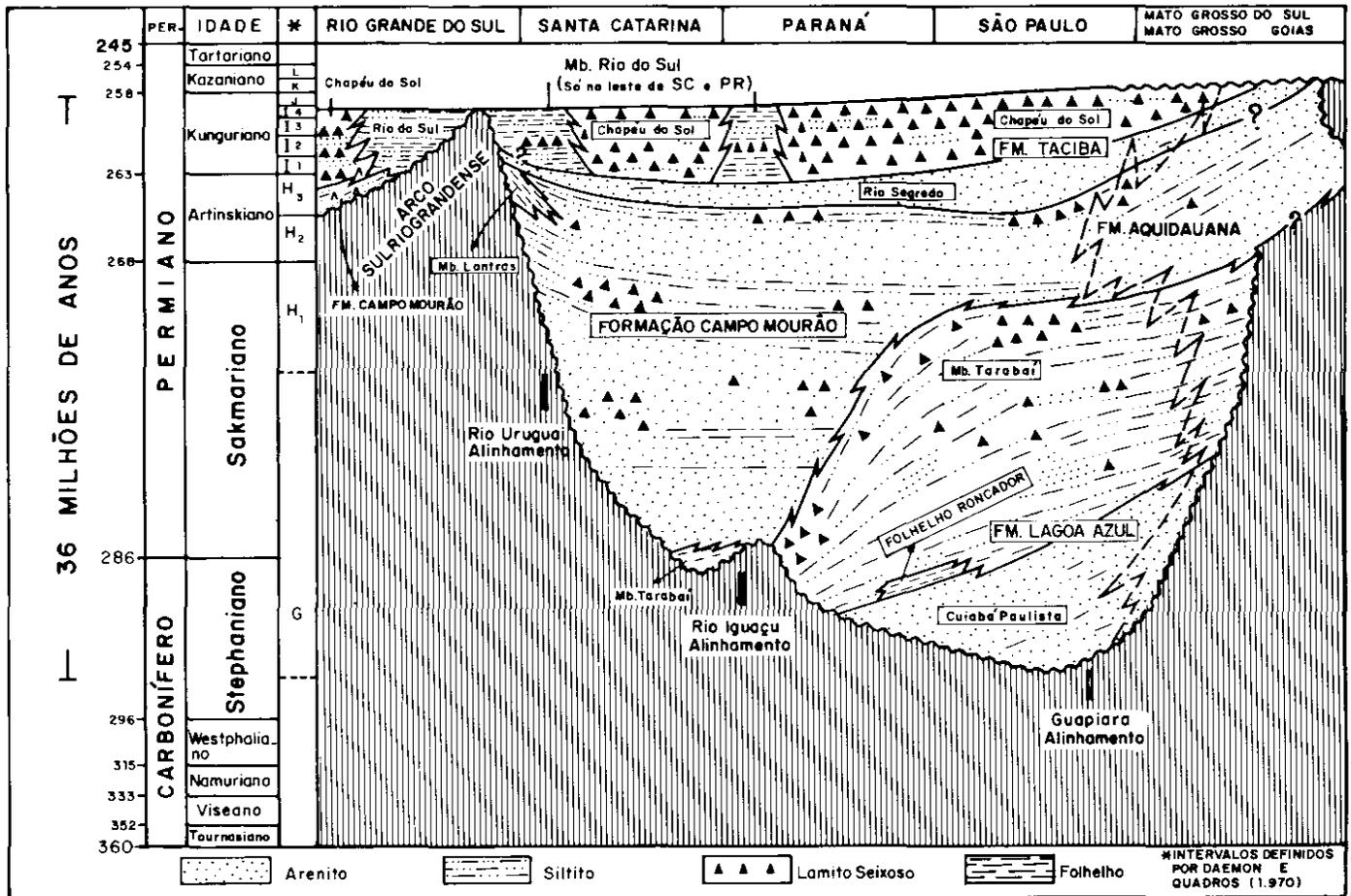


Fig. 7 - Nova subdivisão estratigráfica proposta para o Grupo Itararé.

TABELA I

EVOLUÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO ESTRATIGRÁFICA DO SUPERGRUPO TUBARÃO A PARTIR DE 1969

Northfleet et al. (1969)	Schnelder et al. (1974)	Gama Jr. et al. (1982)	Fúlvaro et al. (1984)	PROPOSTO NESTE TRABALHO VÁLIDO PRINCIPALMENTE EM SUBSUPERFÍCIE				
Grupo	Formações	Formações	Formações	FORMAÇÃO / MEMBROS				
		PR/SC	SP	RS	SC	PR	SP	MS/MT/GO
Passo Dóis	Irati	Irati	Irati	FORMAÇÃO IRATI				
Tubarão	Palermo	Palermo	Palermo	FORMAÇÃO PALERMO		FORMAÇÃO TATUI		
	Rio Bonito	Rio Bonito	Rio Bonito	FM. RIO BONITO				
	Tatui	Tatui	Tatui	MB. CHAPÉU DO SOL FM. TACIBA				
				MB. RIO SEGREDO				
				FORMAÇÃO CAMPO MOURÃO				
				MB. TARABAI FM. L. AZUL				
				MB. C. PAULISTA				

Mod. de Fúlvaro et al. (1984)

sa ser subdividida em unidades litoestratigráficas conspícuas e mapeáveis. Isto foi demonstrado por SCHNEIDER *et alii* (1974, fig. 2) para a zona de afloramento da parte sul da Bacia do Paraná e será visto, neste trabalho, para a área em subsuperfície.

Em subsuperfície, propõe-se que o Grupo Itararé seja dividido em quatro formações: Lagoa Azul, Campo Mourão, Taciba e Aquidauana (fig. 7). A Formação Lagoa Azul ocorre na parte central da bacia, principalmente nos estados de São Paulo e Paraná. É subdividida em Membro Cuiabá Paulista e Membro Tarabaí. Na parte central do estado do Pa-

raná, a Formação Lagoa Azul possui uma unidade distinta, composta por folhelho anormalmente radioativo que ocorre no Membro Tarabaí e que foi classificada como camada e denominada Camada Folhelho Roncador. A Formação Campo Mourão ocorre praticamente em toda a bacia, estando ausente em algumas áreas do estado do Rio Grande do Sul. A Formação Campo Mourão contém o Membro Lontras, que ocorre no sudeste de Santa Catarina. A Formação Taciba está presente em toda a bacia, exceto no Escudo Sul-Grandense, onde não ocorre o Grupo Itararé. A Formação Taciba é subdividida em Membro Rio Segredo, Membro Chapéu

do Sol e Membro Rio do Sul. A Formação Aquidauana é a principal unidade na parte noroeste da Bacia do Paraná e se estende até a parte central do estado de São Paulo.

## 2.1 – Formação Lagoa Azul

Propõe-se designar a seção basal do Grupo Itararé em São Paulo, Paraná e sul de Mato Grosso do Sul como Formação Lagoa Azul (fig. 7). Esta é composta de arenitos acinzentados, siltitos e lamitos seixosos. A seção-tipo proposta ocorre entre 3 144 m e 3 913 m no poço 2-LA-1-SP (Lagoa Azul nº 1 – fig. 3), excluindo-se os diabásios (fig. 9).

A correlação da Formação Lagoa Azul é mostrada nas seções estratigráficas (figs. 10 a 14). A área total de ocorrência desta formação é de cerca de 480 000 km<sup>2</sup>. Sua espessura e distribuição geográfica estão no mapa de isópacas (fig. 15).

A Formação Lagoa Azul, comumente, sobrepõe-se ao Grupo Paraná (Devoniano), do qual está sempre separada por uma discordância erosiva. Quando o Grupo Paraná não está presente, a Formação Lagoa Azul assenta-se sobre o embasamento cristalino, como indicam as seções AA' e DD' (figs. 10 e 13).

Nenhum microfóssil foi observado na Formação Lagoa Azul, entretanto, paleontologicamente, ela foi datada como Carbonífero Superior (Stephaniano e Sakmariano) e corresponde aos intervalos G e G + H<sub>1</sub> (fig. 7), como definidos por DAEMON & QUADROS (1970, p. 363). De acordo com esses autores (p. 363), os esporos presentes nos intervalos G e H<sub>1</sub> pertencem à microflora *Potonieisporites* e são equivalentes ao estágio Talchir e Kharhabari, na Índia. Todos os esporos encontrados nos intervalos G e H<sub>1</sub> são continentais em origem e provavelmente são Gimnospermas, principalmente coníferas (DAEMON & QUADROS, 1970, p. 363).

A espessura máxima encontrada para a Formação Lagoa Azul é de 560 m no poço 2-TB-1-SP, no estado de São Paulo (fig. 15). Espessuras típicas são de

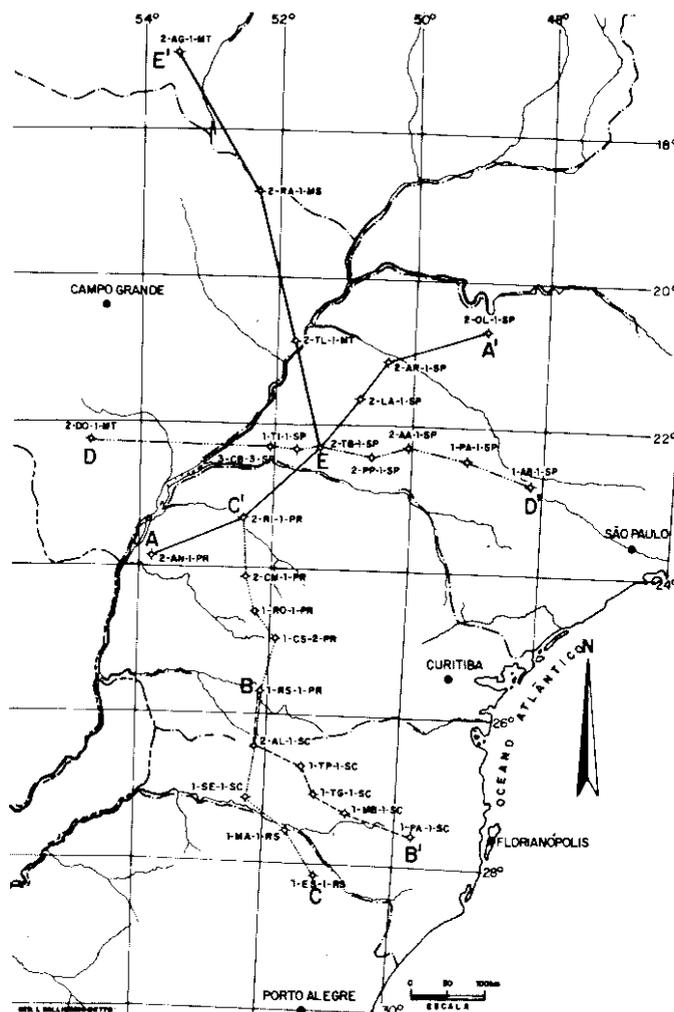


Fig. 8 - Mapa de situação das seções estratigráficas.

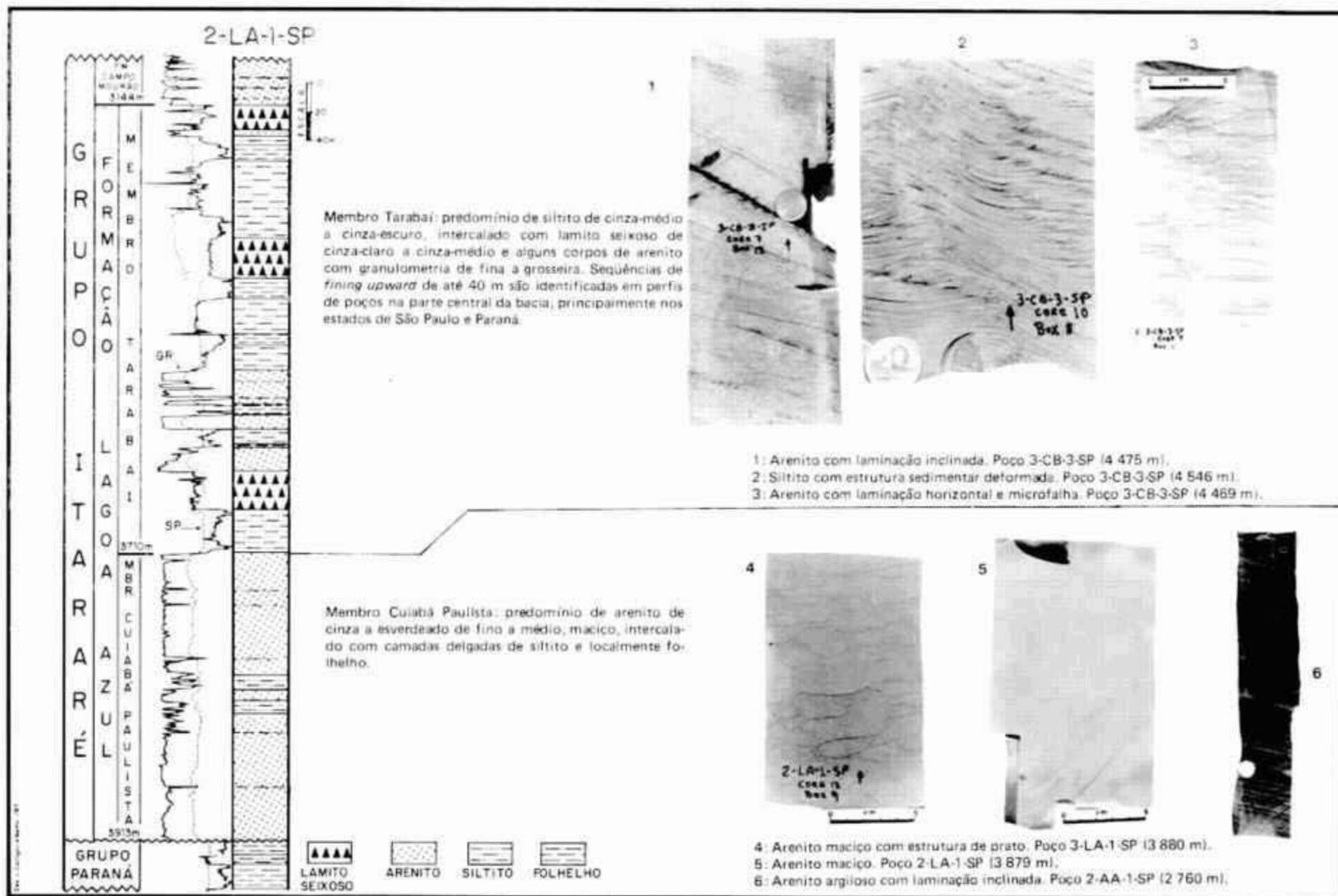


Fig. 9 - Seção-tipo proposta para a Formação Lagoa Azul com alguns exemplos litológicos típicos.

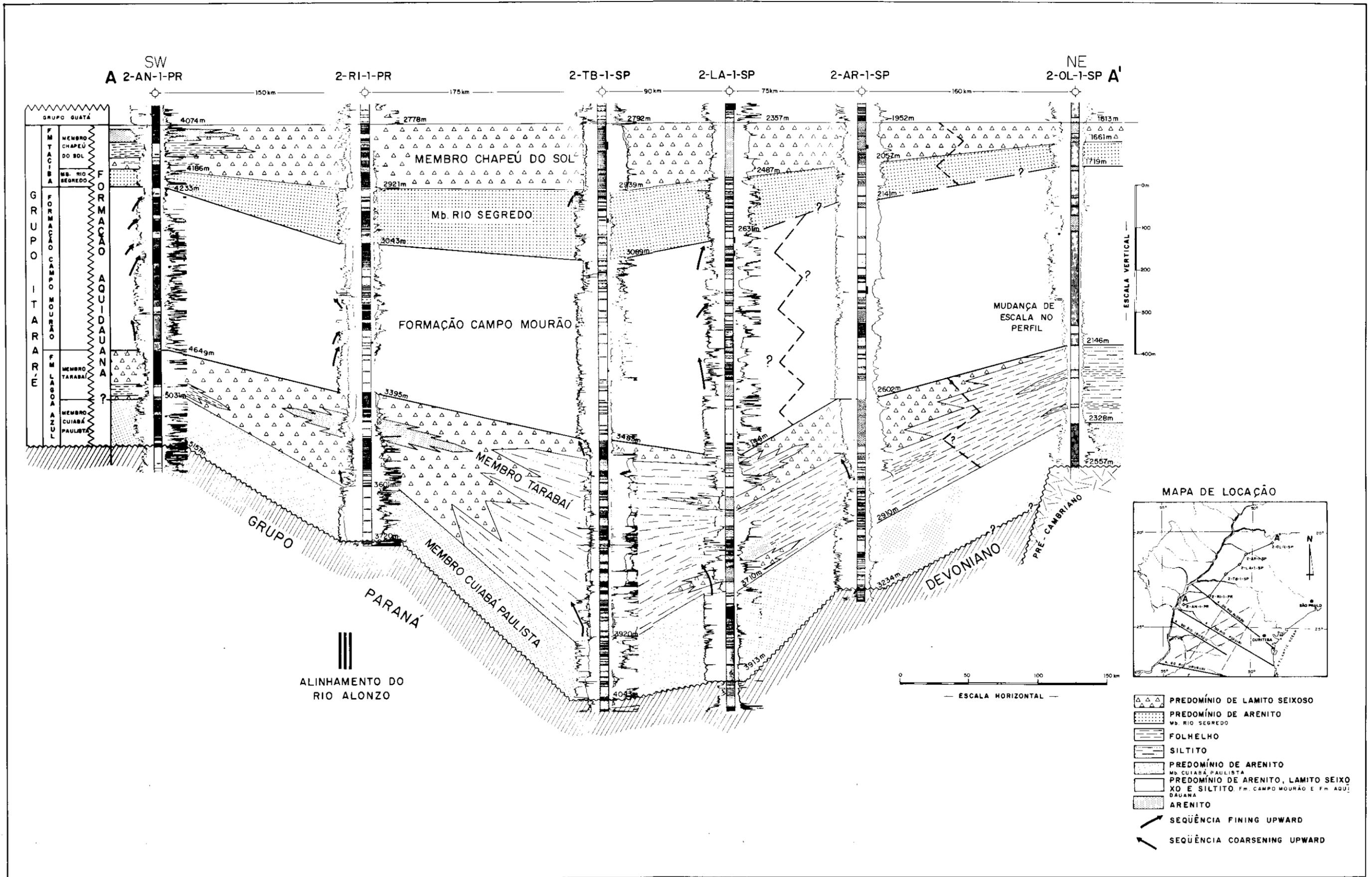


Fig. 10 - Seção estratigráfica AA'. Datum: topo do Grupo Itararé. Diabásio excluído.

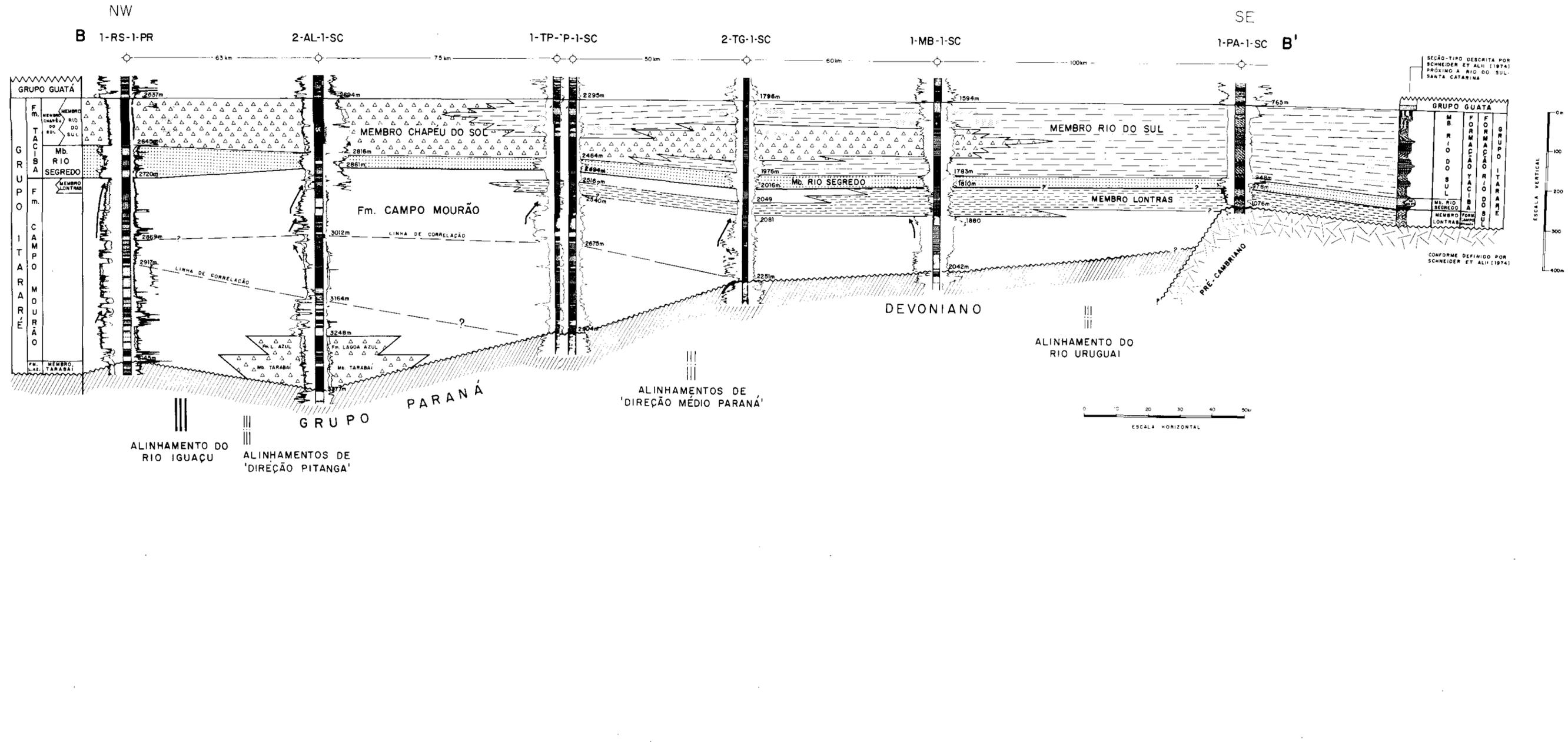


Fig. 11 - Seção estratigráfica BB'. Datum: topo do Grupo Itararé. Diabásio excluído.

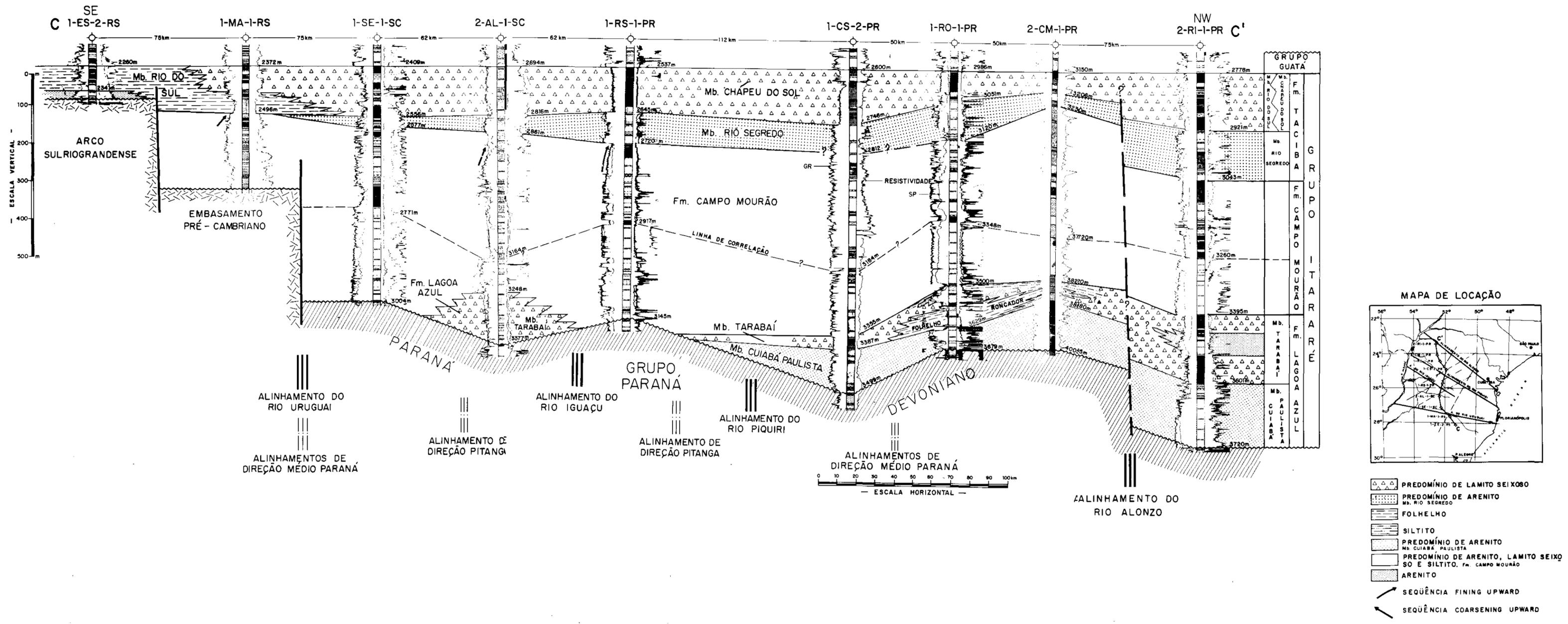


Fig. 12 - Seção estratigráfica CC'. Datum: topo do Grupo Itararé. Diabásio excluído.

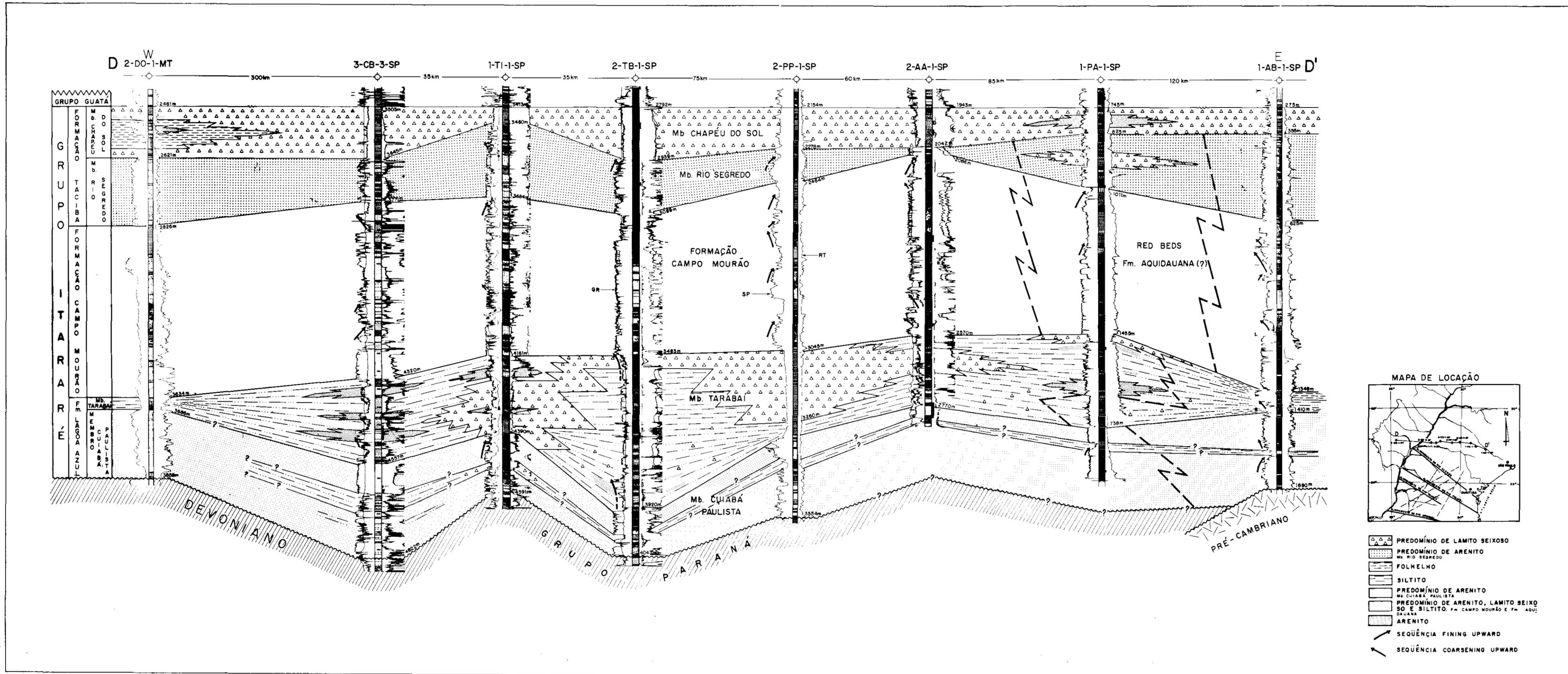


Fig. 13 - Seção estratigráfica DD'. Datum: topo do Grupo Itararé. Diabásio excluído.

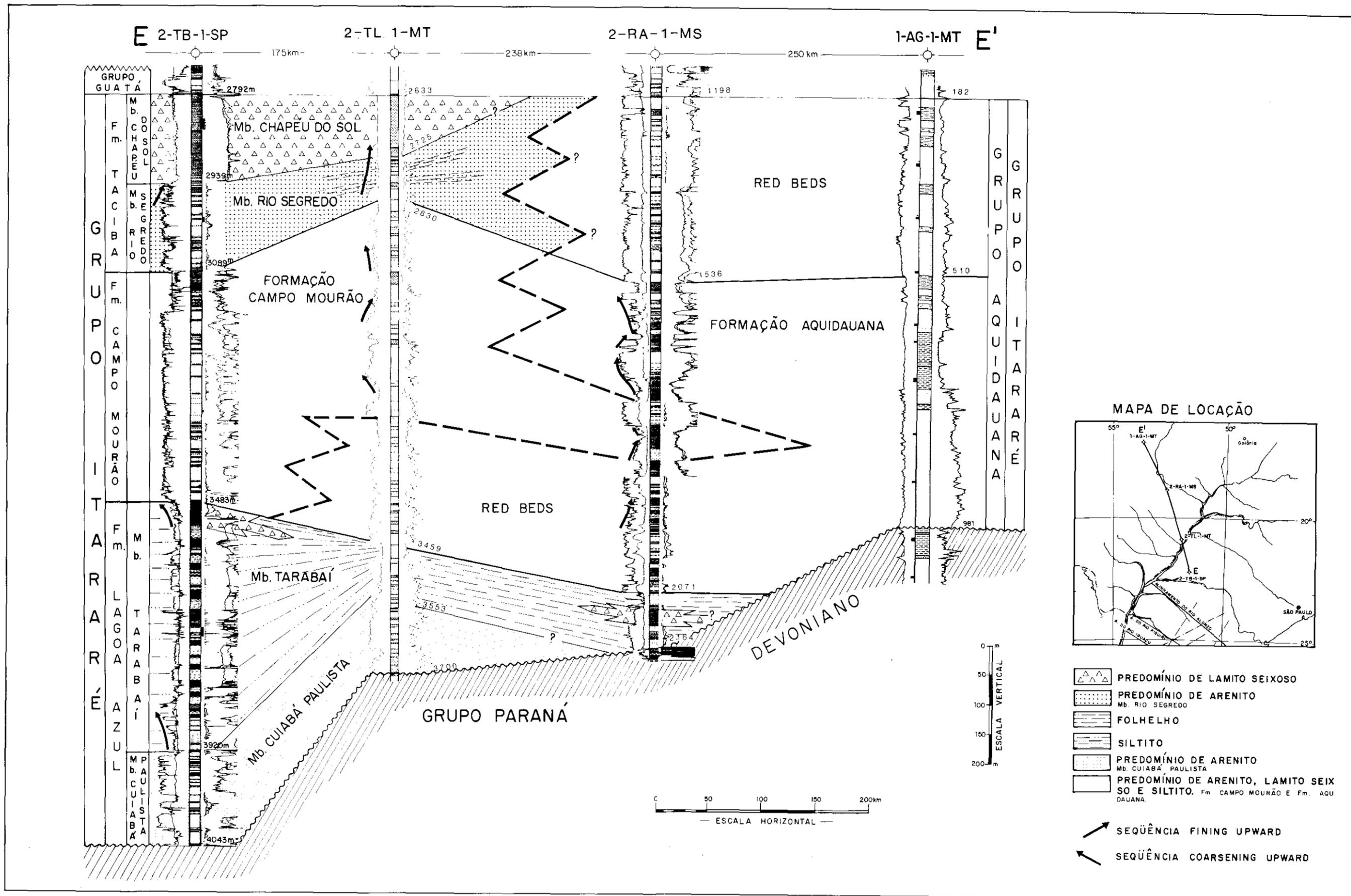


Fig. 14 - Seção estratigráfica EE'. Datum: topo do Grupo Itararé. Diabásio excluído.

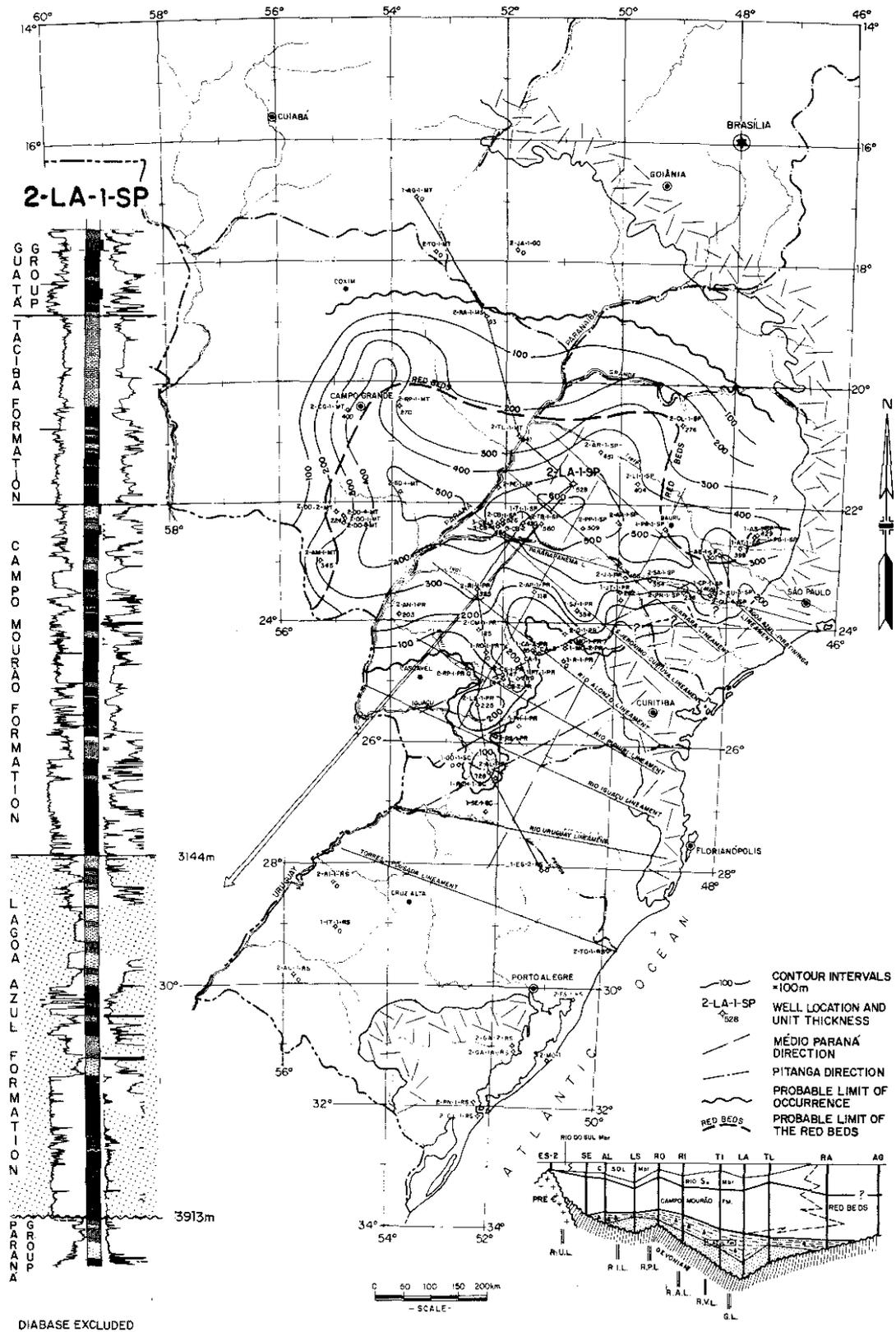


Fig. 15 - Mapa de isópacas da Formação Lagoa Azul.

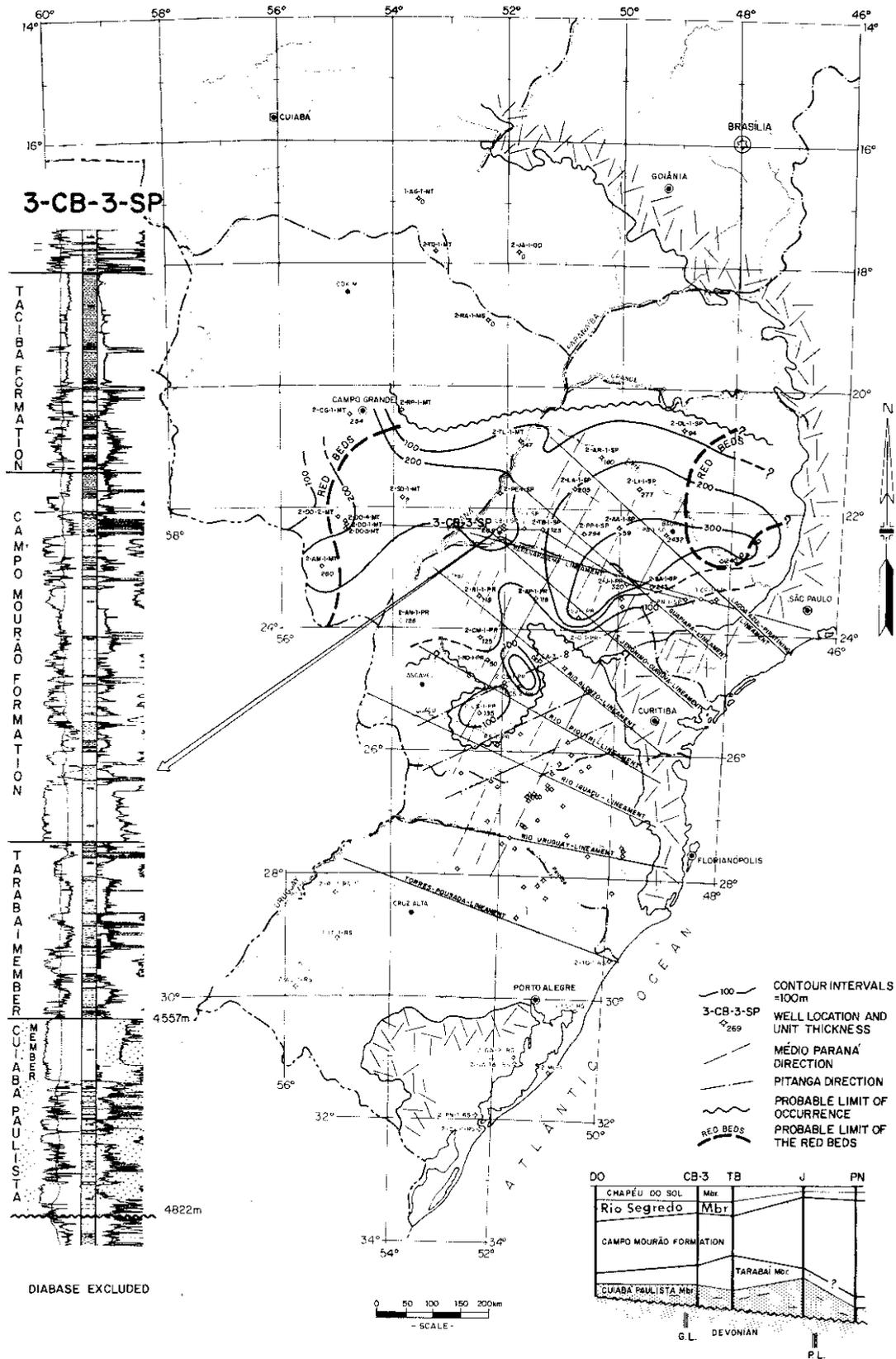


Fig. 16 - Mapa de isópachas do Membro Cuiabá Paulista.

200 m a 400 m. Esta formação é comumente encontrada a profundidades maiores que 2 000 m. O topo mais profundo encontrado para a Formação Lagoa Azul é de 4 649 m no poço 2-AN-1-PR, no estado do Paraná (fig. 3). Torna-se mais rasa em direção à borda leste da bacia, onde foi constatada a apenas 1 070 m no poço 1-JT-1-PR. Mesmo próximo à zona de afloramento do Grupo Itararé, a Formação Lagoa Azul é ainda profunda, como no poço 1-AB-1-SP, no estado de São Paulo, onde ocorre a 1 349 m de profundidade (fig. 13). Diante destas observações, é provável que essa formação não ocorra na faixa de afloramento do Grupo Itararé.

O mapa de isópacas da Formação Lagoa Azul (fig. 15) sugere que uma sub-bacia se implantou na parte centro-norte da Bacia do Paraná, no início da deposição do Grupo Itararé. Esta sub-bacia tem um eixo deposicional aproximadamente E-W, subparalelo ao Alinhamento de Paranapanema. O padrão das isópacas sugere que a deposição da Formação Lagoa Azul foi controlada tectonicamente pelos alinhamentos estruturais de direções NW e NE. A interseção destes alinhamentos define áreas aproximadamente retangulares, que parecem ter subsidido diferencialmente e aqui são informalmente chamadas de "grabens retangulares". Estes "grabens", vistos no mapa de isópacas da Formação Lagoa Azul, tendem, entretanto, a ser menos definidos nas seções superiores do Grupo Itararé, talvez sugerindo menor controle tectônico na sedimentação à medida que a bacia era preenchida.

A Formação Lagoa Azul é composta por uma unidade arenosa basal denominada Membro Cuiabá Paulista e por uma unidade superior "argilosa" denominada Membro Tarabai.

### 2.1.1 — Membro Cuiabá Paulista

Cuiabá Paulista é o nome proposto para o membro basal da Formação Lagoa Azul. O Membro Cuiabá Paulista ocorre nos estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e cobre uma área aproximada de 300 000 km<sup>2</sup> (fig. 16). É com-

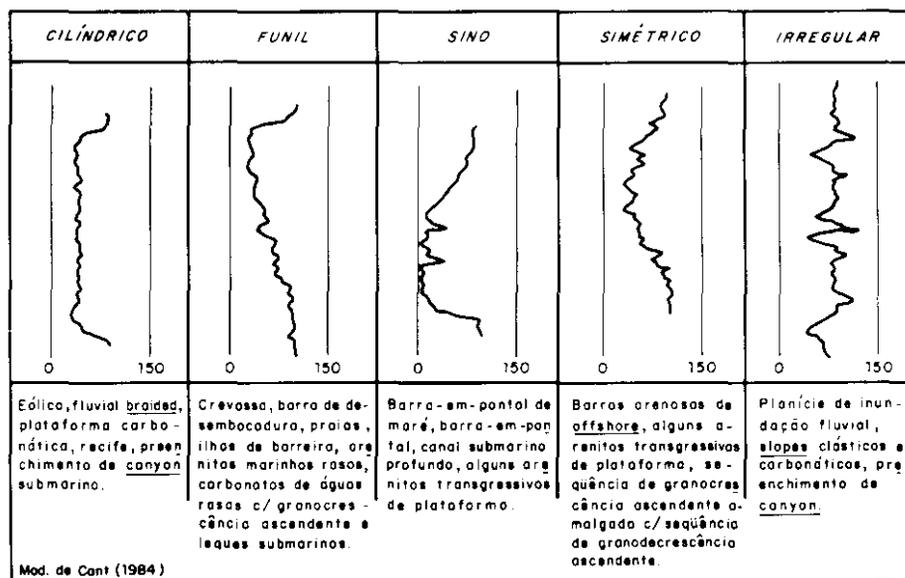


Fig. 17 - Principais tipos morfológicos das curvas de raios gama e potencial espontâneo, e alguns dos ambientes deposicionais que os originam.

posto principalmente por arenito, localmente contém siltito e raramente lamito seixoso.

A seção-tipo proposta é o intervalo 4 557-4 822 m no poço 3-CB-3-SP (Cuiabá Paulista nº 3, figs. 3 e 11). No perfil de raios gama, a principal característica do Membro Cuiabá Paulista é o padrão cilíndrico (figs. 9 e 17).

O Membro Cuiabá Paulista assenta-se discordantemente sobre o Grupo Paraná nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e em grande parte do estado de São Paulo. Na parte leste deste estado, assenta-se sobre o embasamento cristalino pré-cambriano (figs. 10 e 13).

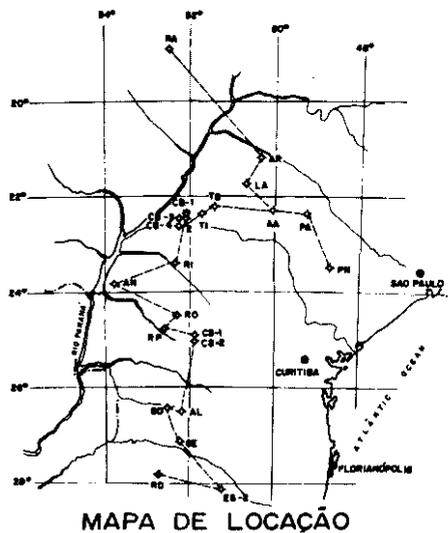
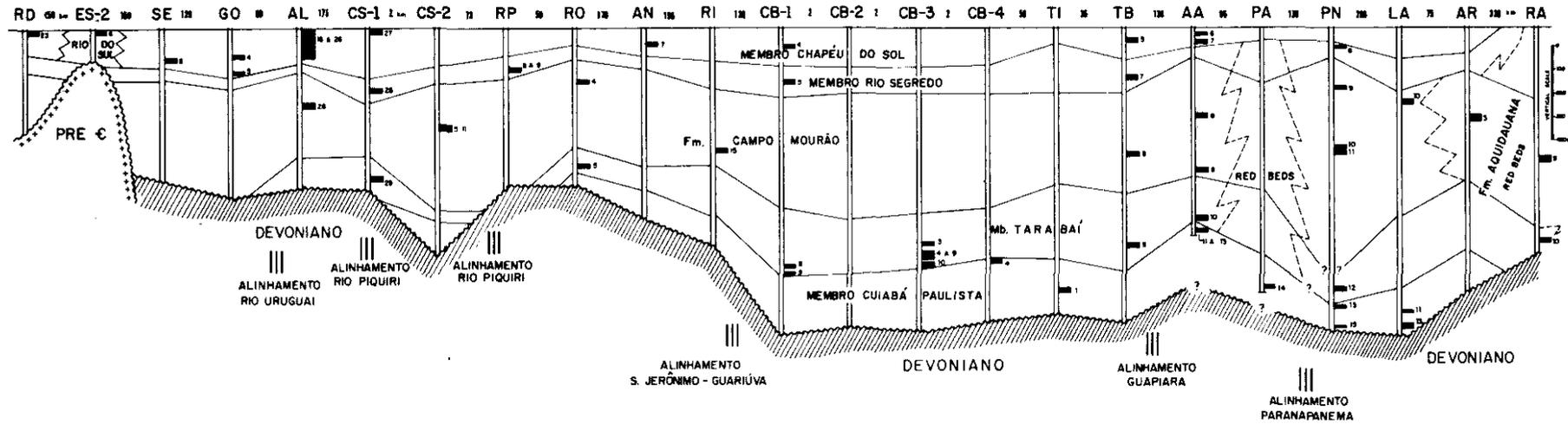
A idade do intervalo correspondente ao Membro Cuiabá Paulista é Carbonífero Superior-Permiano Inferior (Stephaniano a Sakmariano), intervalos G e G + H<sub>1</sub>, de acordo com informações palinológicas nos perfis compostos e com estudos de DAEMON & QUADROS (1970, fig. 4). A espessura máxima encontrada é de 368 m no poço 2-J-1-PR, situado no leste do estado do Paraná (fig. 16). Espessuras típicas são de 100 m a 200 m.

O Membro Cuiabá Paulista foi testemu-

nhado em muitos poços (fig. 18). A litologia predominante é arenito de cinza claro a cinza médio, às vezes esverdeado, de granulometria de fina a média, de moderadamente a bem selecionado e composto essencialmente por quartzo com algum feldspato e fragmentos de rochas. Pirita e minerais pesados são relativamente comuns. Em geral, os arenitos são maciços, o que concorda com o padrão cilíndrico observado no perfil de raios gama. As estruturas sedimentares mais comuns são estruturas em prato, estratificações cruzadas e laminações cavalgantes.

Apesar de os arenitos do Membro Cuiabá Paulista serem aparentemente livres de argilosidade, como sugere o perfil de raios gama, os testes de formação realizados revelaram que os arenitos desta unidade possuem baixa permeabilidade, e em alguns poços não houve sequer produção de fluido. *Isto se deve principalmente à intensa cimentação quartzosa, conforme será visto na segunda parte deste artigo.*

*Ambiente Depositional:* A análise ambiental no Grupo Itararé, principalmente nas unidades que não afloram, tais como o Membro Cuiabá Paulista, deve ser



SEM ESCALA HORIZONTAL  
TESTEMUNHOS NÃO ESTÃO  
EM ESCALA

B. Geoci. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 2 (2/4) : 147-191, abr./dez. 1988

Fig. 18 - Seção geológica esquemática com a posição dos testemunhos analisados.

feita com base, principalmente, em testemunhos e interpretação de perfis. Na parte superior do Grupo Itararé, a interpretação ambiental é facilitada pelos afloramentos e conteúdo fossilífero, tais como tasmánites, braquiópodes, crinóides e foraminíferos. Muitos dos poços na Bacia do Paraná têm boa coleção de perfis, entretanto testemunhos não são disponíveis em todas as unidades e foram obtidos preferencialmente em rochas-reservatório. Além disso, o conteúdo fossilífero na parte inferior do Grupo Itararé é restrito a polens e esporos, que não são bons indicadores ambientais, como a fauna marinha da parte superior da unidade.

Portanto, as interpretações ambientais propostas a seguir devem ser vistas como a melhor sugestão que se pode fazer no momento usando-se os testemunhos disponíveis e perfis de poços. Estudos adicionais, principalmente paleontológicos, são necessários para melhorar a qualidade da interpretação do ambiente deposi-

cional no Grupo Itararé.

A deposição do Membro Cuiabá Paulista foi certamente influenciada pelos "grabens retangulares" formados pelos alinhamentos estruturais (fig. 5). Seu conteúdo fossilífero é continental (DAEMON *et alii*, 1983), e suas estruturas sedimentares, tais como estruturas de prato, sugerem rápida deposição subaquática. Possivelmente, o ambiente deposicional do Membro Cuiabá Paulista é uma combinação de rios *braided* e leques aluviais nos grabens. A interpretação de depósitos de rios *braided* é corroborada pelo padrão cilíndrico (fig. 17), proposto por CANT (1984, p. 306).

A figura 19 é um resumo dos ambientes deposicionais propostos para as unidades do Grupo Itararé e baseia-se em morfologia de perfis, análise de testemunhos e prováveis mudanças climáticas e do nível do mar.

### 2.1.2 – Membro Tarabaí

Propõe-se designar a unidade "argilosa" no topo da Formação Lagoa Azul como Membro Tarabaí (fig. 9). A correlação do Membro Tarabaí é mostrada nas seções estratigráficas (figs. 10 a 14). O Membro Tarabaí estende-se por cerca de 390 000 km<sup>2</sup>, cobrindo os estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul (fig. 20).

A seção-tipo proposta é o intervalo 4 161-4 396 m no poço 2-TI-1-SP (Tarabaí nº 1, figs. 3 e 13), excluindo-se os diabásios. A espessura máxima encontrada é de 437 m no poço 2-TB-1-SP (fig. 20). Espessuras típicas são de 150 m a 250 m.

O Membro Tarabaí é composto principalmente por siltito e lamito seixoso. Entretanto, corpos arenosos de até 25 m de espessura são comuns, alguns deles com boas qualidades de reservatório, como no poço 2-CB-1-SP (Cuiabá

RAIOS GAMA	CONTEÚDO FOSSILÍFERO DAEMON & QUADROS (1970)	AMBIENTE	CLIMA		NÍVEL RELATIVO DO MAR		POTENCIAL DE HIDROCARBONETO
			QUENTE	FRIO	BAIXO	ALTO	
CICLO SUPERIOR	Fm. Taciba Braquiópodes, crinóides, pelecípodes, foraminíferos, tasmánites, vitatina, limitisporites	Marinho na parte sul da bacia. Marinho glacial na parte norte. Eskers					Rochas selantes, lamitos seixosos e folhelho. Geradora (?)
	Tasmanite (marinho) Flora continental: - Vitatina - Limitisporites	Deltas, turbiditos e possíveis depósitos de lavagem (outwash).					Bons reservatórios
CICLO MÉDIO	Fm. Campo Mourão Tasmanites (marinho) Flora continental: - Vitatina - Limitisporites - Stellapollenites	Depósitos transgressivos e glaciais					Lamitos seixosos como selantes.
	Flora continental: - Potonieisporites - Protohaploxylinus - Vestigiporites	Rios tipo braided e depósitos de lavagem (outwash).					Bons reservatórios
CICLO INFERIOR	Fm. Lagoa Azul Flora continental: - Potonieisporites - Schnites - Plicatipollenites Fósseis retrabalhados do Devoniano.	Geleiras terrestres					Lamitos seixosos como selante.
	Flora continental: - Potonieisporites - Plicatipollenites Fósseis retrabalhados do Devoniano.	Leques aluviais • rios tipo braided					Reservatórios de regular a má qualidade.

Fig. 19 - Diagrama esquemático mostrando a relação entre perfis, ambiente deposicional, clima e potencial petrolífero do Grupo Itararé.

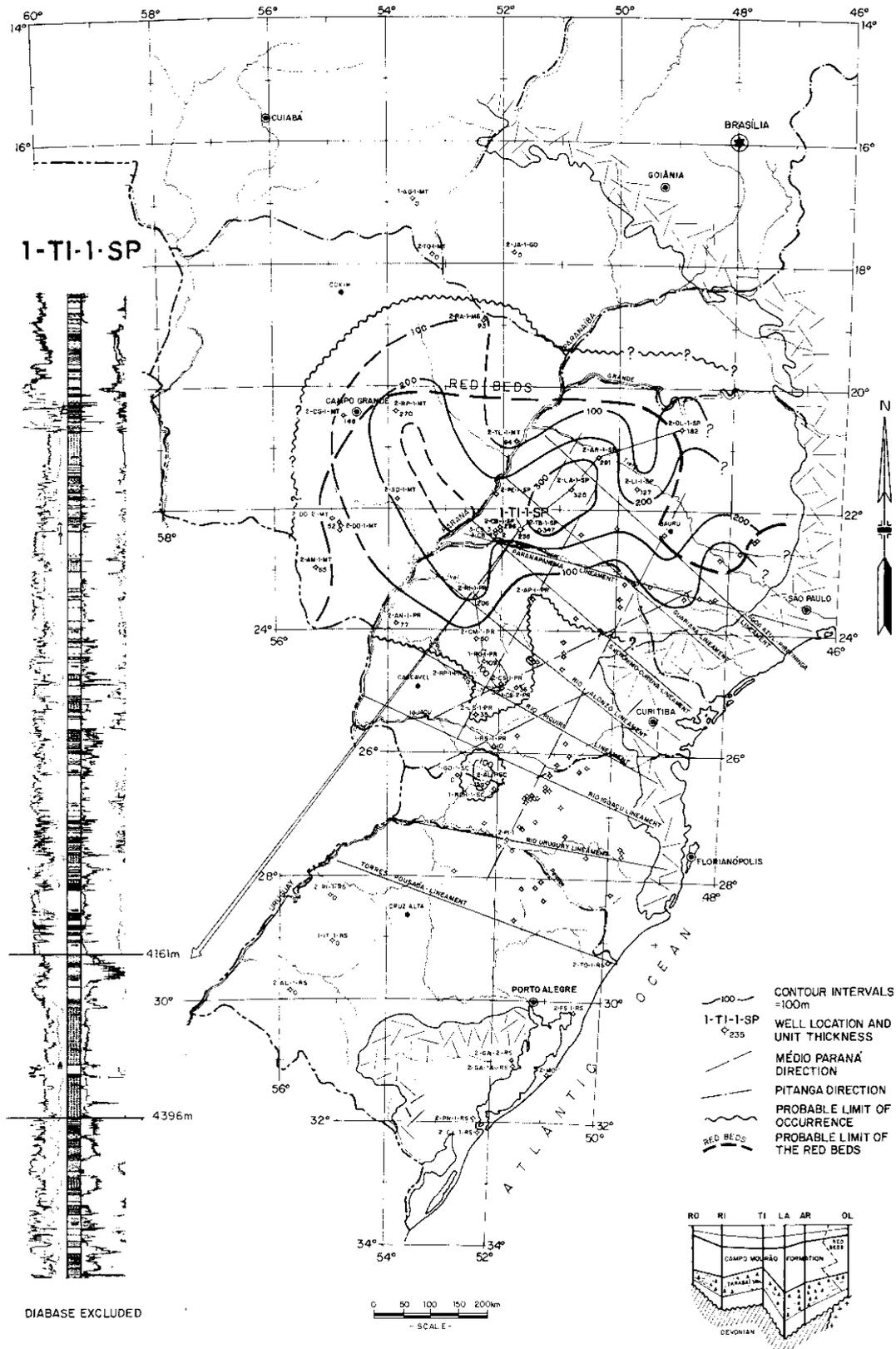


Fig. 20 - Mapa de isópacas do Membro Tarabá.

Paulista nº 1), perfurado no estado de São Paulo, que produziu gás e condensado em testes de formação a mais de 4 600 m de profundidade.

Siltito é a litologia principal do Membro Tarabaí. Comumente, é cinza de médio a escuro, micáceo e piritoso, e localmente contém seixos de granito de até 3 cm.

Lamito seixoso ocorre no Membro Tarabaí e geralmente é cinza de médio a cinza-claro, maciço e relativamente espesso (80 m no poço 2-AN-1-PR e 110 m no poço 2-AR-1-SP, fig. 10). Os estratos de lamito seixoso são relativamente contínuos e, com base em evidências de perfis de porosidade e potencial espontâneo, parecem ser impermeáveis, podendo ser bons capeadores.

Os arenitos presentes no Membro Tarabaí são importantes porque, até o momento, mostraram o melhor indício de gás na Bacia do Paraná, no poço de Cuiabá Paulista (2-CB-1-SP), produzindo com uma vazão diária de 85 000 m<sup>3</sup>. Estes arenitos são cinza-esverdeados, maciços, muito grosseiros, com baixo teor de argila e contêm seixos e grânulos de rochas sedimentares e metamórficas.

**Ambiente Depositional:** Os lamitos seixosos do Grupo Itararé (diamictitos) têm sido interpretados como tilitos por diversos autores (ROCHA CAMPOS, 1967; CROWELL & FRANKS, 1975; CANUTO, 1985). GRAVENOR & ROCHA CAMPOS (1983, p. 12) baseando-se em evidências de afloramentos, diferenciaram os diamictitos do Grupo Itararé em *lodgement tillites* e *flow tillites*. Em subsuperfície, entretanto, o entendimento de depósitos glaciais é limitado, se comparado com outros ambientes deposicionais. Isto se deve ao fato de que a indústria petrolífera encara os depósitos glaciais como não-produtivos e, conseqüentemente, os pesquisa de forma restrita.

Sugere-se, entretanto, que, em subsuperfície, os lamitos seixosos do Membro Tarabaí sejam também de origem glacial. Todavia, baseando-se em perfis e alguns testemunhos, não é possível classificá-los como *lodgement tillites* ou

*flow tillites*, conforme proposto por GRAVENOR & ROCHA CAMPOS (1983, p. 12) ao estudarem afloramentos.

Os arenitos do Membro Tarabaí ocorrem intercalados com o lamito seixoso, e suas espessuras variam de 1 m a 35 m. Petrograficamente, são arenitos muito grosseiros, contendo grânulos e seixos de rochas metamórficas e sedimentares e com baixo teor de argila. Localmente, os arenitos são de médios a finos, com estratificação cruzada, laminação irregular de folhelho e material carbonoso. Sugere-se que estes arenitos foram depositados em planícies de lavagem (*outwash plains*), que, segundo SMITH (1985, p. 85), são amplas planícies aluviais onde múltiplas correntes do tipo *braided* redepositam sedimentos comumente liberados pelo degelo glacial. As correntes *braided* teriam energia suficiente para carrear partículas argilosas e depositar os arenitos limpos do Membro Tarabaí.

Folhelho com raios gama anormalmente alto ocorre no Membro Tarabaí em dois poços no sul do estado do Paraná: 1-RO-1-PR (Roncador) e 2-CS-1-PR (Chapéu do Sol). A ocorrência deste folhelho radioativo é restrita ao "graben retangular" definido pela interseção dos alinhamentos de Rio Alonzo e Rio Piquiri com o Alinhamento Pitanga (fig. 5).

Devido a sua característica distinta, este folhelho radioativo é considerado uma outra unidade dentro do Membro Tarabaí e aqui denominado Folhelho Roncador, com a categoria de camada.

### 2.1.3 — Folhelho Roncador

Dá-se ao Folhelho Roncador a categoria de camada (North American Stratigraphic Code, artigo 25, b). A seção-tipo proposta é o intervalo 3 025-3 128 m no poço 2-CS-1-PR (fig. 21). Esta unidade cobre uma área de aproximadamente 5 000 km<sup>2</sup> e provavelmente se estende até a área do poço de Campo Mourão (2-CM-1-PR, fig. 21).

Um testemunho cortado no poço 2-CS-1-PR (3 070-3 073 m) recuperou 13 m

de folhelho preto, bem laminado, físsil, piritoso e contendo esparsos seixos de rocha metamórfica. No poço 1-RO-1-PR, outro testemunho (3 593-3 602 m) recuperou folhelho preto com as mesmas características. De acordo com informações palinológicas contidas no perfil composto dos poços Roncador e Chapéu do Sol, o Folhelho Roncador foi datado como Stephaniano-Sakmariano, intervalo G + H<sub>1</sub>.

**Ambiente Depositional:** O Folhelho Roncador é, provavelmente, lacustrino e depositado em condições anóxicas em ambiente sulfídico (MAYNARD, 1982, fig. 1).

## 2.2 — Formação Campo Mourão

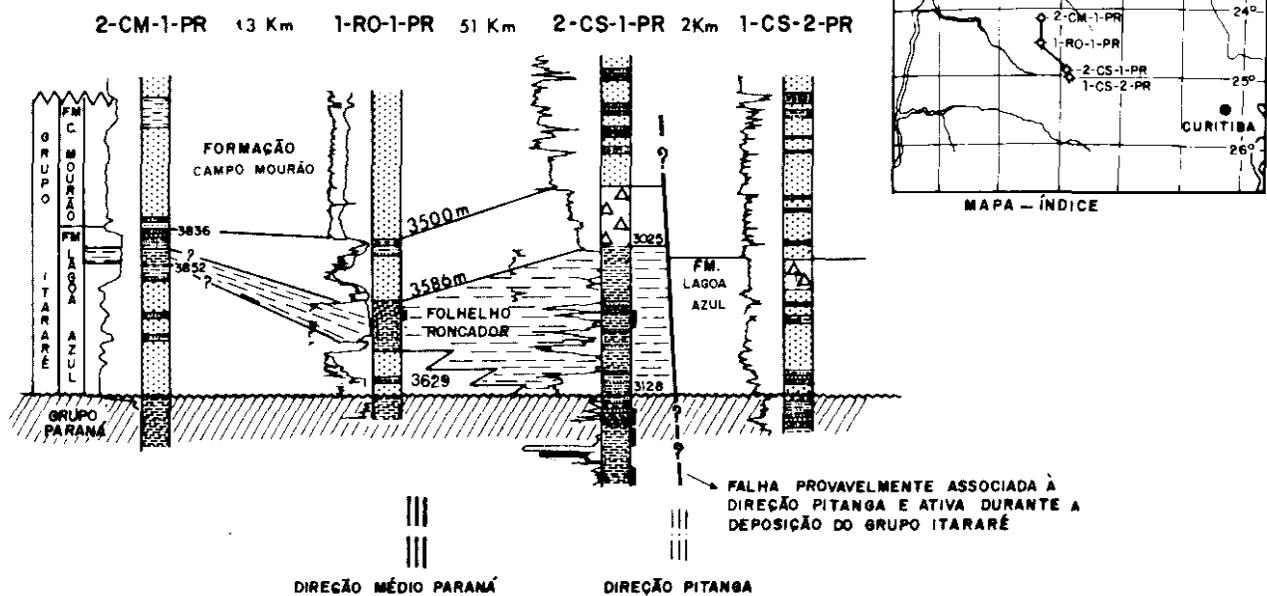
Propõe-se denominar a porção média do Grupo Itararé como Formação Campo Mourão. Trata-se de uma unidade predominantemente arenosa, mas que contém também folhelho, siltito e lamito seixoso. A seção-tipo proposta é o intervalo 3 230-3 820 m no poço 2-CM-1-PR (Campo Mourão nº 1), excluindo os diabásios (fig. 22).

A formação ocorre praticamente em toda a Bacia do Paraná e cobre uma área de cerca de 640 000 km<sup>2</sup>. Em direção à parte norte da bacia, essa formação se interdigita com as camadas vermelhas da Formação Aquidauana (fig. 7).

A espessura máxima encontrada para a formação é de 927 m no poço 2-PN-1-SP, perfurado na região sudeste do estado de São Paulo (fig. 23). Em grande parte da bacia, sua espessura típica varia de 400 a 500 m.

A Formação Campo Mourão teve importantes indícios de hidrocarbonetos nos poços 1-CS-2-PR e 2-RP-1-PR, ambos no Paraná. Estes dois poços produziram gás e condensado de arenitos capeados por diabásio, folhelho e finas camadas de anidrita. O 2-RP-1-PR é o único poço, até o momento, que apresenta camadas de anidrita no Grupo Itararé.

É boa a correlação da formação na parte oeste do estado do Paraná (fig. 12). Nesta área, tem-se uma unidade basal areno-



Des. L. Caldeira Neto

Fig. 21 - Correlação do Folhelho Roncador – parte central do estado do Paraná.

sa e uma unidade superior argilosa (2-RI-PR, 2-CM-1-PR e 1-RO-1-PR). Porém, sua subdivisão é pobremente definida no restante da bacia, onde a formação se torna essencialmente arenosa para o norte (fig. 10) e predominantemente argilosa para o sul (fig. 11).

O arenito basal da Formação Campo Mourão tem como característica principal um padrão cilíndrico na curva de raios gama (figs. 10 a 14). A segunda característica é a repetição de seqüências *fining-upward* e *coarsening upward*, como se vê nos poços 3-CB-3-SP e 2-TI-1-SP (fig. 13).

A formação assenta-se discordantemente sobre o embasamento no estado do Rio Grande do Sul e no sudeste de Santa Catarina (fig. 12), sobre o Grupo Paraná em Goiás, Mato Grosso e na maioria do estado de Santa Catarina (figs. 4 e 11). Em São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, assenta-se sobre a Formação Lagoa Azul (figs. 10 e 13).

De acordo com informações bioestratigráficas em perfis compostos da Bacia

do Paraná e DAEMON & QUADROS (1970, p. 366 e fig. 4), a seção correspondente à Formação Campo Mourão foi depositada no Stephaniano Superior no estado de Santa Catarina e norte do Paraná. A partir do norte do Paraná em direção ao norte da bacia, a unidade é mais nova, com a deposição se iniciando apenas no Sakmariano. Próximo ao Arco Sul Rio-Grandense, a deposição da formação começou mais tarde, no Artinskiano (fig. 7).

Os esporos presentes na parte inferior da formação sugerem também deposição continental. Entretanto, em direção ao topo da unidade, existem esporos marinhos, tais como *Tasmanites sp* no poço 2-O-1-PR, testemunho nº 8 (DAEMON & QUADROS, 1970, p. 377) e no poço 2-TB-1-SP, em folhelhos do intervalo 3 204-3 300 m (OLIVEIRA & NETO, 1984, p. 53). Portanto, existem evidências de transgressão marinha no Grupo Itararé durante a deposição da parte superior da Formação Campo Mourão. Segundo DAEMON & QUADROS (1970, p. 377), a transgressão marinha no Grupo Itararé começou no intervalo

H<sub>2</sub> do Artinskiano.

Existe uma grande variedade nos tipos de arenitos descritos em testemunhos da formação. Predominantemente, são cinza, de granulometria de grossa a média e compostos por quartzo, feldspato e fragmentos de rochas. É comum a presença de clastos de folhelhos e bolas de argila orientadas sub-horizontalmente. Conglomerado cinza com seixos e matacões de até 8 cm e arenito conglomerático são também comuns nessa formação.

Na Formação Campo Mourão, os siltitos são, geralmente, acinzentados, micáceos, com laminações sub-horizontalis, mas localmente podem ser perturbados por estruturas de fluxo, laminações convolutas e bioturbação.

Os lamitos seixosos nesta unidade são acinzentados e contêm seixos arredondados e subarredondados de granito, quartzito e rochas sedimentares. Na parte nordeste da bacia, interdigitam-se lamitos seixosos acinzentados e vermelhos, conforme visto em testemunhos recuperados no poço 2-PN-1-SP. A inter-

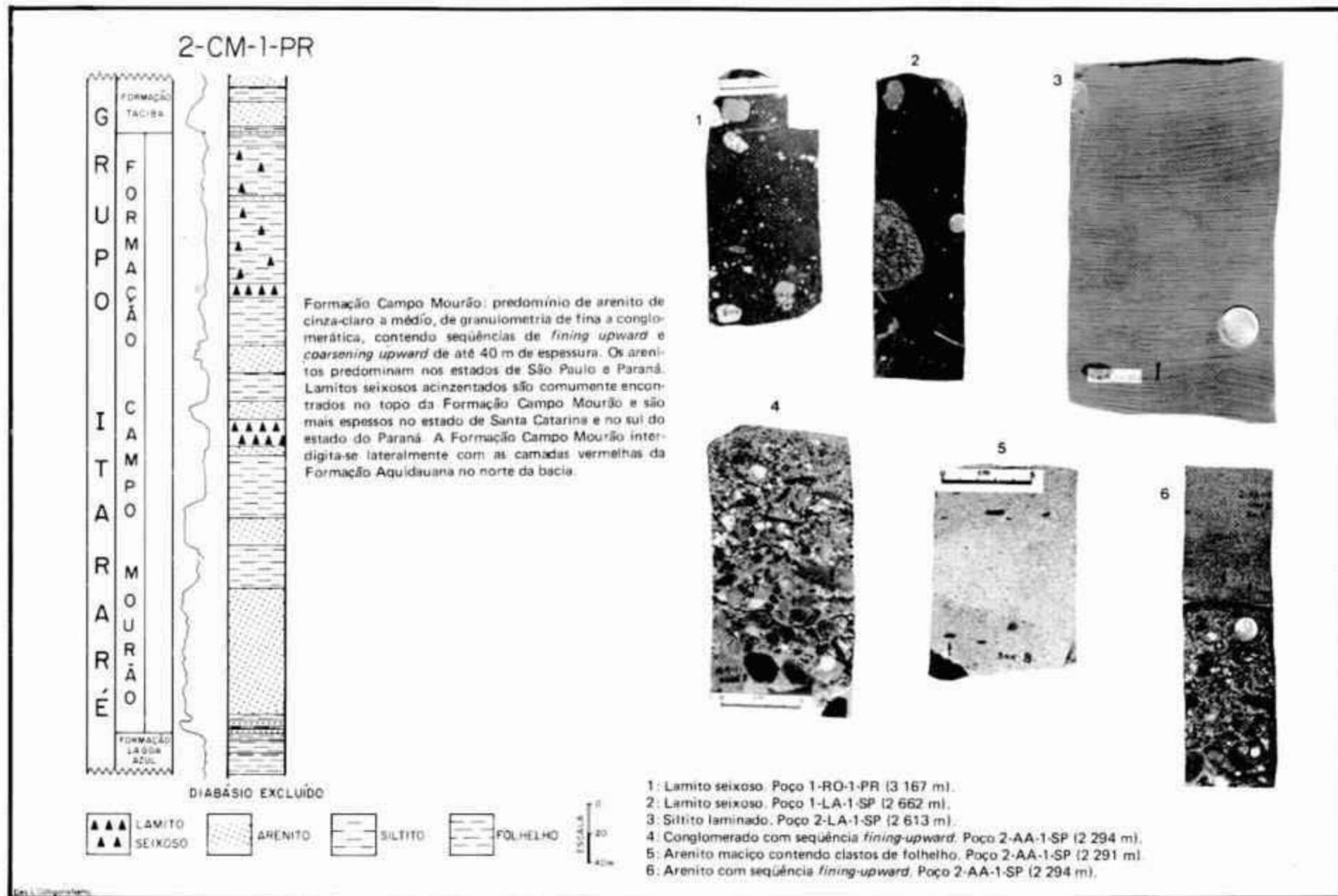


Fig. 22 - Seção-tipo proposta para a Formação Campo Mourão, com alguns exemplos litológicos típicos.

digitação entre depósitos de cor cinza da Formação Campo Mourão com camadas vermelhas da Formação Aquidauana é mostrada nas seções estratigráficas AA' e EE' (figs. 10 e 14) e na figura 7.

Três camadas de anidrita, com espessura aproximada de 3 m cada, estão presentes na parte superior da Formação Campo Mourão no poço 2-RP-1-PR. Camadas de folhelho que variam de 1 a 10 m de espessura são comuns na formação em quase todos os poços.

**Ambiente Depositional:** A correlação da Formação Campo Mourão é complexa e somente um membro é confiavelmente mapeado.

Os arenitos da seqüência basal presentes em São Paulo e Paraná (figs. 12 e 13) são, primordialmente, de baixa argilosidade, granulometria de média a grossa, pobremente selecionados, contendo clastos de folhelho e bolas de argila. O padrão da curva de raios gama é cilíndrico. Possivelmente, estes arenitos foram depositados por rios *braided*. Não existe indicação direta de influência glacial, porém é possível que os rios *braided* fossem alimentados por correntes de degelo que carreariam detritos oriundos de geleiras em retração.

As seqüências *fining-upward* típicas da parte superior da seção da Formação Campo Mourão provavelmente representam depósitos transgressivos, o que está em concordância com DAEMON *et alii* (1983, Anexos 1 e 2), que propuseram o começo da transgressão permiana no Artinskiano Inferior (parte superior da Formação Campo Mourão – fig. 7).

As seqüências *coarsening-upward* podem ser barras de desembocadura de canais distributários ou "crevasças". Possivelmente, as seqüências mais espessas, em torno de 100 m, são barras de desembocadura (COLEMAN & PRIOR, 1980, fig. 34) e talvez se relacionem com deltas que se desenvolveram durante períodos de curtas transgressões na Bacia do Paraná.

### 2.2.1 – Membro Lontras

Na parte leste dos estados de Santa Catarina e Paraná, o folhelho presente na parte superior da Formação Campo Mourão é de cinza-escuro a preto, bem laminado, micáceo e de aspecto várvido. SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 48), trabalhando nos afloramentos do leste dos estados de Santa Catarina e Paraná, descreveram uma seção semelhante: argilito/folhelho cinza-escuro, localmente várvido, contendo estruturas *cone-in-cone*. A espessura é constante (50 a 60 m) em toda a área mapeada. Aqueles autores denominaram esta seção de Folhelho Lontras, incluindo-a no que eles definiram como Formação Rio do Sul.

Propõe-se estender o Folhelho Lontras em subsuperfície, como indica a figura 11, mudando sua categoria para membro, conforme descrito a seguir.

A figura 11 é uma tentativa de correlacionar poços com a área de afloramento. A coluna sedimentar proposta por SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 49), contendo o Folhelho Lontras, está na margem direita da seção estratigráfica com a mesma escala vertical que os poços. A Formação Lontras descrita em afloramentos se correlaciona muito bem com folhelhos encontrados em subsuperfície pelos poços 1-PA-1-SC, 1-MB-1-SC, 1-TG-1-SC e 1-TP-1-SC. A seção estratigráfica BB' (fig. 11) mostra o Folhelho Lontras mudando lateralmente para os lamitos seixosos da Formação Campo Mourão. Por esta razão, considera-se o Membro Lontras como uma unidade dentro da Formação Campo Mourão, ao invés de uma subdivisão da Formação Rio do Sul.

A seção-tipo do Folhelho Lontras tem 60 m de espessura de acordo com SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 6) e está localizada a nordeste das cidades de Lontras e Rio do Sul, em Santa Catarina. Propõe-se como seção de referência em subsuperfície o intervalo 820-921 m no poço 1-BN-1-SC (fig. 24). O Membro Lontras cobre uma área de aproximadamente 25 000 km<sup>2</sup> (fig. 24). A espessura máxima conhecida é de 101 m no po-

ço 1-BN-1-SC, mas as espessuras típicas variam de 30 a 50 m.

**Ambiente Depositional:** Não houve testemunho disponível do Membro Lontras para este trabalho, entretanto, de acordo com SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 49), os Folhelhos Lontras foram depositados em ambiente marinho.

### 2.3 – Formação Taciba

Propõe-se designar a parte superior do Grupo Itararé como Formação Taciba. Esta formação é composta por lamito seixoso, arenito, folhelho e algum siltito. A seção-tipo proposta para a Formação Taciba é o intervalo 2 792-3 089 m no poço 2-TB-1-SP (Taciba nº 1, fig. 25). A correlação da Formação Taciba pode ser vista nas seções estratigráficas AA' a EE' (figs. 10 a 14). A espessura máxima encontrada é de 420 m no poço 1-MO-1-PR, perfurado na parte leste do estado do Paraná (fig. 26), e as espessuras típicas variam de 200 a 300 m. A Formação Taciba cobre uma área de cerca de 710 000 km<sup>2</sup> (fig. 26).

A Formação Taciba sobrepõe-se concordantemente à Formação Campo Mourão, exceto nas proximidades do Arco Sul Rio-Grandense, onde se assenta discordantemente sobre o embasamento pré-cambriano (fig. 12). O contato superior da Formação Taciba é concordante com o Grupo Guatá (formações Rio Bonito e Tatuí, fig. 4) em quase toda a bacia, exceto no nordeste do Paraná e no estado de São Paulo, onde o contato é discordante (SCHNEIDER *et alii*, 1974, p. 49; GAMA *et alii*, 1982, p. 35; FÚLFARO *et alii*, 1984, p. 715).

A Formação Taciba ocorre em poços relativamente rasos na área de afloramento nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina e provavelmente compreende a maior parte do Grupo Itararé, que aflora na Bacia do Paraná. Conseqüentemente, a maioria das rochas deste grupo, expostas em afloramentos, devem correlacionar-se com a Formação Taciba.

De acordo com DAEMON & QUADROS (1970, fig. 4) e com o zoneamen-

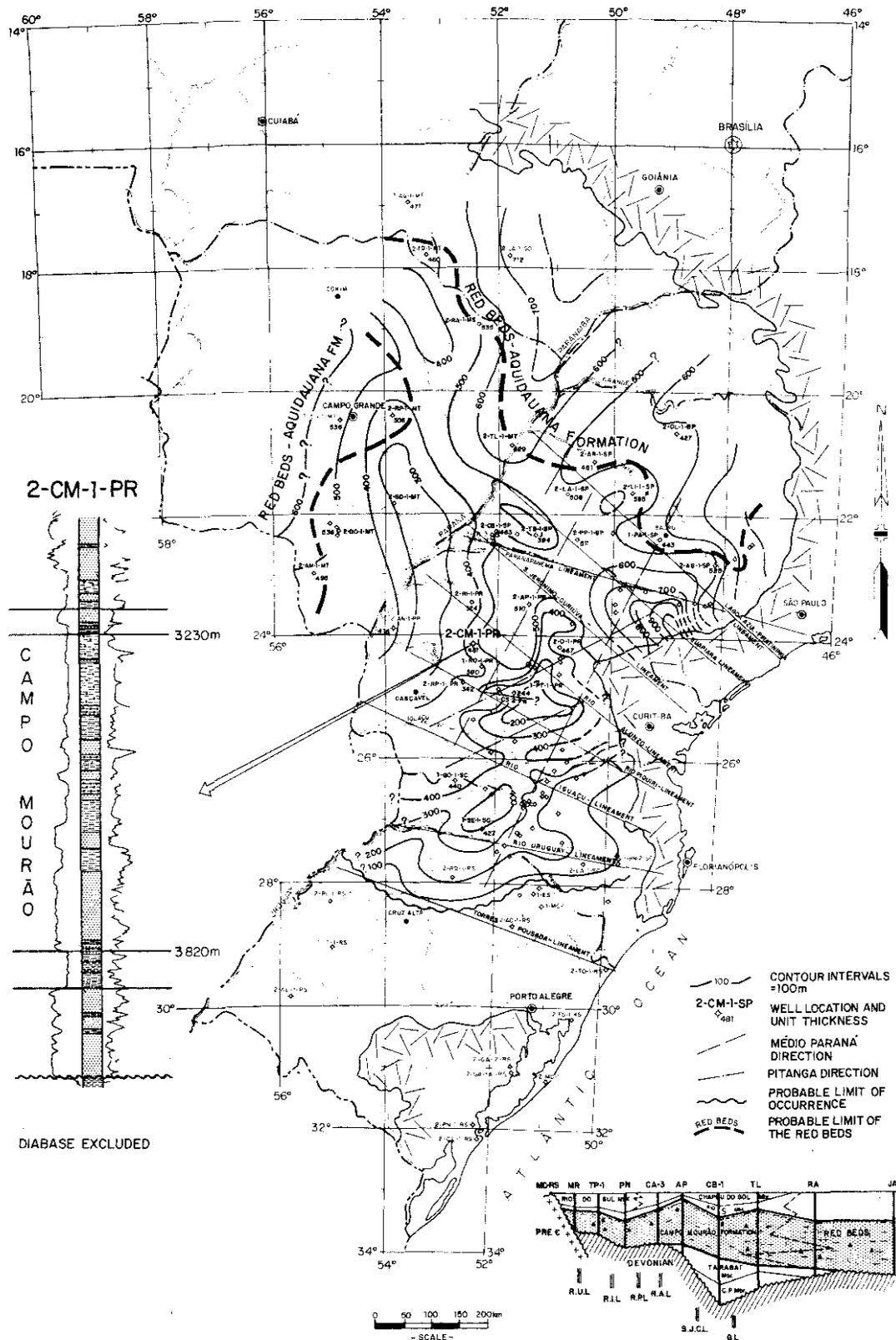


Fig. 23 - Mapa de isópachas da Formação Campo Mourão.



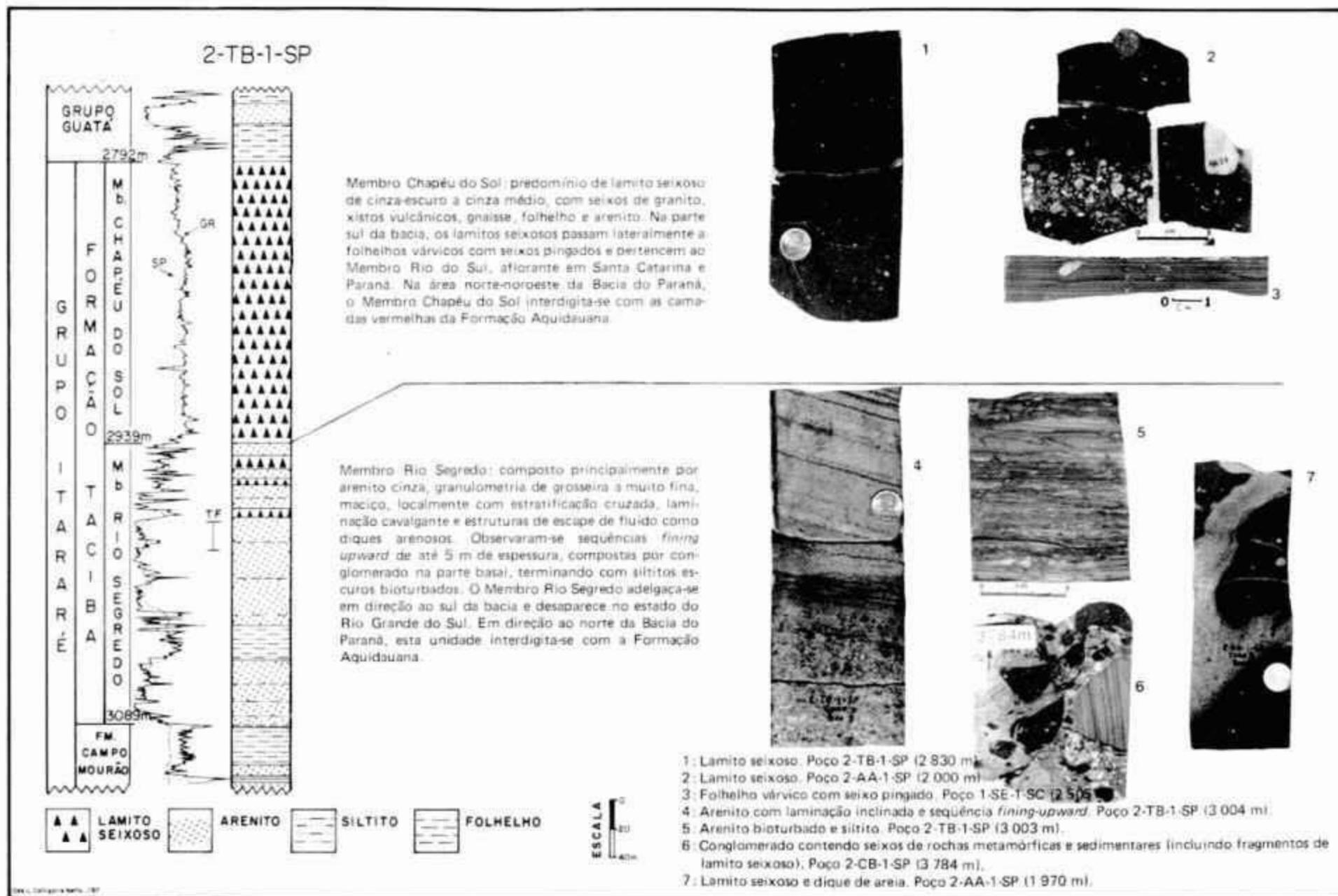


Fig. 25 - Seção-tipo proposta para a Formação Taciba, com alguns exemplos litológicos típicos.



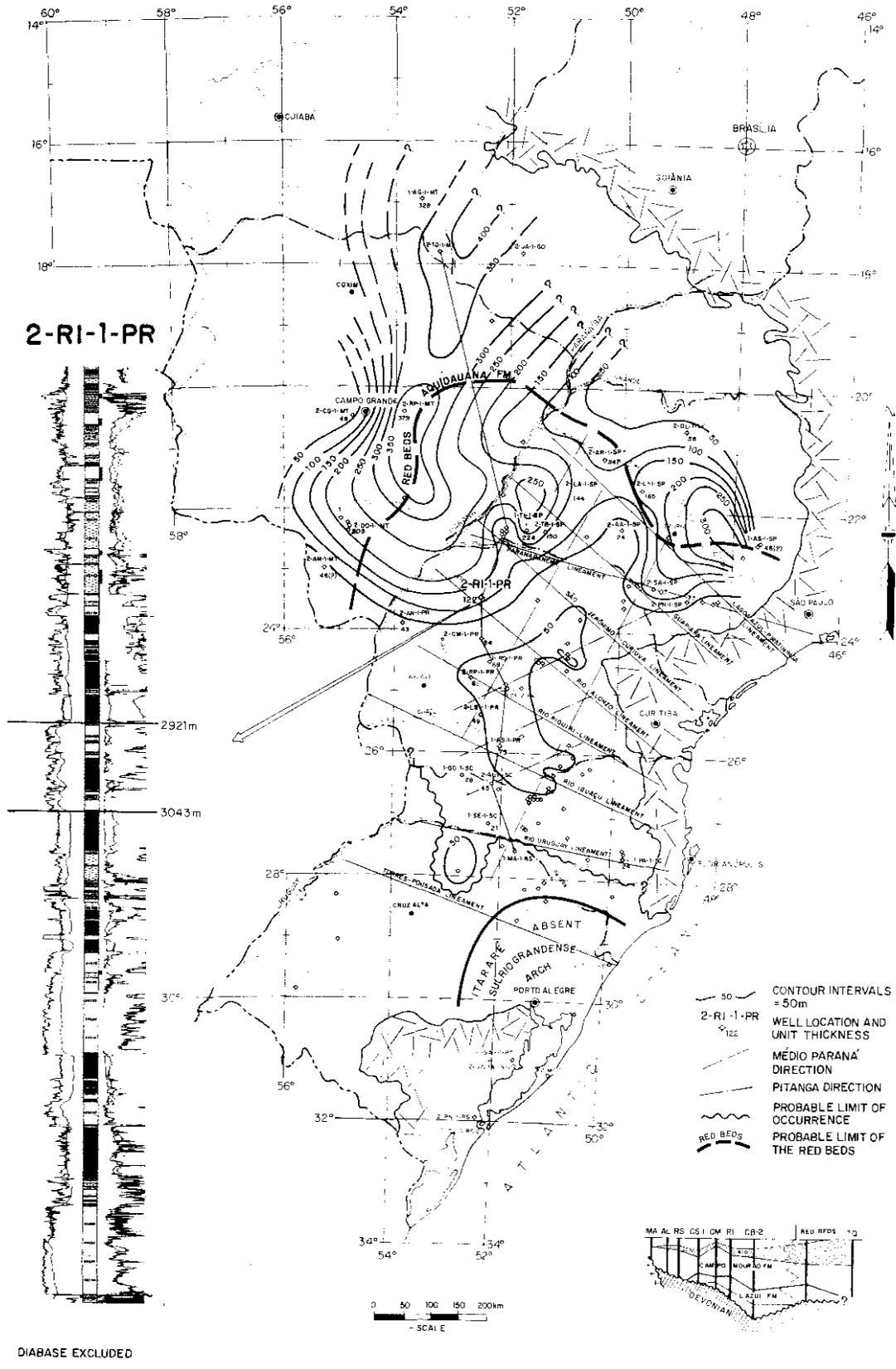


Fig. 27 - Mapa de isópacas do Membro Rio Segredo.

de granulometria de grosseira a média, localmente intercalados com siltito bioturbado. Também ocorre arenito de fino a muito fino com laminação cruzada, laminação cavalgante e microfalhas.

Palinologicamente, a seção considerada aqui como Membro Rio Segredo é datada como permiana (Artinskiano Superior a Kunguriano Inferior), intervalos H<sub>2</sub> a I<sub>2</sub> (fig. 7).

Na maioria dos poços perfurados em São Paulo e Mato Grosso do Sul, o contato entre os membros Rio Segredo e Chapéu do Sol é caracterizado por uma seqüência *fining-upward*, com, por exemplo, em 2-TB-1-SP, 3-CB-3-SP e 2-DO-1-MT (fig. 13) e 2-TL-1-MT (fig. 14). Muitas das seqüências *fining-upward* do Membro Rio Segredo gradam para lamitos seixosos do Membro Chapéu do Sol (figs. 13 e 14).

**Ambiente Depositional:** Os três membros da Formação Taciba (Rio Segredo, Chapéu do Sol e Rio do Sul) ocorrem na faixa de afloramento da Bacia do Paraná. CASTRO (1980, p. 285) e CASTRO & MEDEIROS (1980, p. 70), em estudos realizados em afloramentos no estado de Santa Catarina, interpretaram arenitos provavelmente equivalentes ao Membro Rio Segredo como leques submarinos depositados por turbiditos de águas profundas. Seqüências de Bouma completas (ABCDE), bem como incompletas do tipo BCDE e CDE, foram descritas por CASTRO & MEDEIROS (1980, p. 71).

A sedimentação do Membro Rio Segredo nas partes rasas da bacia no estado de São Paulo é, provavelmente, dominada por deltas e secundariamente por turbiditos, como proposto por FÚLFARO *et alii* (1984, p. 715). Nesta parte da bacia, muitos lamitos e arenitos seixosos foram interpretados no passado como tilitos, e diversos nomes locais lhes foram dados, tais como Tilito Jumirim (cerca de 20 m de espessura) e Tilito Pitanga (cerca de 5 m de espessura), entre outros. Estudos recentes mostraram que muitos destes tilitos são, na realidade, fluxos gravitacionais de depósitos de frente deltaica (FÚLFARO *et alii*, 1984,

p. 715).

### 2.3.2 – Membro Chapéu do Sol

Propõe-se designar a parte mais superior do Grupo Itararé que ocorre no estado de São Paulo, a parte oeste dos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e partes do estado do Mato Grosso do Sul (fig. 7) como Membro Chapéu do Sol. Este membro é composto essencialmente por lamito seixoso e raros corpos arenosos. A seção-tipo proposta é o intervalo 2 449-2 655 m no poço 2-CS-1-PR (Chapéu do Sol n.º 1). A espessura máxima encontrada é de 333 m em 2-MO-1-PR na parte central do estado do Paraná. Espessuras típicas são de 150 a 200 m. O Membro Chapéu do Sol ocorre em uma área aproximada de 445 000 km<sup>2</sup> (fig. 28).

O Membro Chapéu do Sol se afina em direção ao norte da Bacia do Paraná (fig. 14) e está ausente em Goiás, Mato Grosso e norte do Mato Grosso do Sul.

Palinologicamente, o Membro Chapéu do Sol é datado como permiano (Artinskiano Superior a Kunguriano), indo do intervalo H<sub>3</sub> a I<sub>4</sub> (fig. 7).

Mais de 150 m de testemunhos foram cortados no Membro Chapéu do Sol, sendo lamito seixoso a litologia predominante. No poço 2-AL-1-SC, o contato superior do Membro Chapéu do Sol com arenitos da Formação Rio Bonito é abrupto e talvez represente uma discordância erosiva. O lamito seixoso recuperado em 2-AL-1-SC é cinza-escuro, maciço e contém seixos compostos principalmente por granito. A matriz argilosa pode também ser síltica e às vezes arenosa. O lamito seixoso grada a folhelho cinza-escuro, várvido, contendo nódulos de pirita e alguns grânulos e seixos de granito, conforme observado em testemunhos dos poços 1-SE-1-SC e 1-GO-1-PR.

No estado de Mato Grosso do Sul, no lado oeste da Bacia do Paraná, o Membro Chapéu do Sol é predominantemente composto por folhelho preto várvido, piritoso, intercalado com lamito seixoso (fig. 13). Este folhelho, aparentemente,

ocorre estratigraficamente na mesma posição que os folhelhos várvidos do Membro Rio do Sul no lado leste da bacia.

**Ambiente Depositional:** O Membro Chapéu do Sol é composto por lamito seixoso, maciço, com até 200 m de espessura (fig. 25), intercalado com alguns corpos de arenito. Nenhum macrofóssil foi observado até o momento. Entretanto, de acordo com OLIVEIRA & NETO (1984, p. 53), matéria orgânica de provável origem marinha está presente nos poços 2-RP-1-PR (3 009-3 051 m) e 2-CS-1-PR (2 485-2 655 m).

GRAVENOR & ROCHA CAMPOS (1983, p. 34) sugerem que diamictitos espessos e maciços, tais como os lamitos seixosos descritos acima, são depósitos de base de geleiras em ambiente subaquático. Arenitos intercalados com lamitos seixosos podem ser depósitos de lavagem (*outwash*) ou mesmo *eskers*. FRAKES *et alii* (1968, p. 9) descreveram um possível *esker* no Grupo Itararé em afloramentos no estado de São Paulo. Fácies ressedimentadas, tais como fluxo de detritos e turbiditos (EYLES & MIALL, 1984, fig. 8), estão geralmente presentes em geleiras subaquáticas e neste caso é difícil distinguir lamitos seixosos depositados diretamente por geleiras (tilitos) de lamitos seixosos ressedimentados.

### 2.3.3 – Membro Rio do Sul

Os sedimentos argilosos presentes na parte superior do Grupo Itararé nos afloramentos de Santa Catarina e Paraná foram denominados Formação Rio do Sul por SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 48). A seção-tipo proposta pelos autores está localizada nas proximidades da cidade de Rio do Sul em Santa Catarina, com a espessura de 350 m. SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 48) descrevem a Formação Rio do Sul como composta por argilitos, folhelhos, arenitos finos, ritmitos e diamictitos. As principais estruturas sedimentares são laminações cruzadas, marcas de solas, laminação paralela, laminação convoluta e estruturas de escorregamento. Em direção ao topo, ocorrem estruturas flaser e marcas de ondas, principalmente no estado de



Santa Catarina.

Em subsuperfície, a Formação Rio do Sul correlaciona-se com uma seção semelhante encontrada em diversos poços perfurados nos estados de Santa Catarina e Paraná, tais como 1-PA-1-SC, 1-MB-1-SC, 2-TG-1-SC e 2-TP-1-SC (seção estratigráfica BB', fig. 11), dentre outros. Nesta seção e na seção CC' (fig. 12), nota-se que os folhelhos Rio do Sul se interdigitam com lamitos seixosos do Membro Chapéu do Sol. Propõe-se, portanto, mudar a categoria de Formação Rio do Sul para Membro Rio do Sul.

A seção-tipo proposta em subsuperfície é o intervalo 765-948 m no poço 1-PA-1-SC (fig. 11), localizado no leste de Santa Catarina. A espessura máxima encontrada em subsuperfície é de 356 m em 2-CN-1-SC, sendo que sua espessura típica varia de 150 a 200 m. O Membro Rio do Sul cobre uma área de aproximadamente 145 000 km<sup>2</sup> (fig. 28).

O Membro Rio do Sul possui alguns horizontes fossilíferos (SCHNEIDER *et alii*, 1974, p. 49), tais como as "Camadas Guaraúna" e "Camadas Passinho", no leste do estado do Paraná, que contêm braquiópodos, pelecípodos, gastrópodos, crinóides e foraminíferos. No estado do Rio Grande do Sul as "Camadas Budó" e "Cambai Grande" contêm braquiópodos, ostracodes, espículas de esponjas e escamas de peixes. Além disso, o Membro Rio do Sul tem também grande quantidade de palinóforos e restos de plantas. Palinologicamente, o Membro Rio do Sul foi datado como Permiano-Kunguriano (SCHNEIDER *et alii*, 1974, p. 49).

SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 45 e 47) definiram mais duas unidades abaixo do Membro Rio do Sul em afloramentos nos estados de Santa Catarina e Paraná. Estas unidades são as formações Campo do Tenente e Maфра. A primeira designa argilitos de vermelhos a marrons, além de diamictitos e arenitos na base do Grupo Itararé. A segunda designa uma unidade arenosa na parte média do Grupo Itararé. Infelizmente, não foi possível correlacionar, com segurança, as

formações Campo do Tenente e Maфра com os poços perfurados próximos à área de afloramento. Entretanto, a posição estratigráfica destas duas unidades, abaixo do Membro Rio do Sul, sugere que elas se correlacionam em subsuperfície com a Formação Campo Mourão. Como esta unidade é caracterizada por rápidas mudanças de fácies entre arenitos e lamitos seixosos, isto pode explicar a dificuldade em estender as formações Campo do Tenente e Maфра em subsuperfície e ao mesmo tempo manter suas identidades conforme descritas em afloramento.

**Ambiente Depositional:** Um ambiente marinho é amplamente aceito para os folhelhos e arenitos do Membro Rio do Sul. Esta interpretação é baseada na presença de fósseis tais como braquiópodos, crinóides, foraminíferos (SCHNEIDER *et alii*, 1974, p. 49), tasmanites (CASTRO, 1980, p. 284), e Orbicu-

loidea (ROSLER, 1985, p. 17). Os seixos presentes em folhelhos laminados têm sido interpretados como seixos pingados de *icebergs* flutuantes. (SCHNEIDER *et alii*, 1974, p. 49).

A figura 29 é um mapa composto de espessuras de lamito seixoso, folhelho e arenito dos membros Chapéu do Sol e Rio do Sul, as duas unidades mais superiores do Grupo Itararé. Este mapa sugere que a área sudeste da Bacia do Paraná, durante a deposição da parte superior do Grupo Itararé, era predominantemente marinha profunda, onde predominam folhelho com seixos pingados e provavelmente arenitos deltaicos. Com base na distribuição da espessura de folhelhos, a transgressão marinha na Bacia do Paraná foi predominantemente de sul e leste, bordejando o Arco Sul Rio-Grandense. Ao norte e noroeste, onde a bacia era rasa, existiam geleiras que, possivelmente, tinham três direções principais

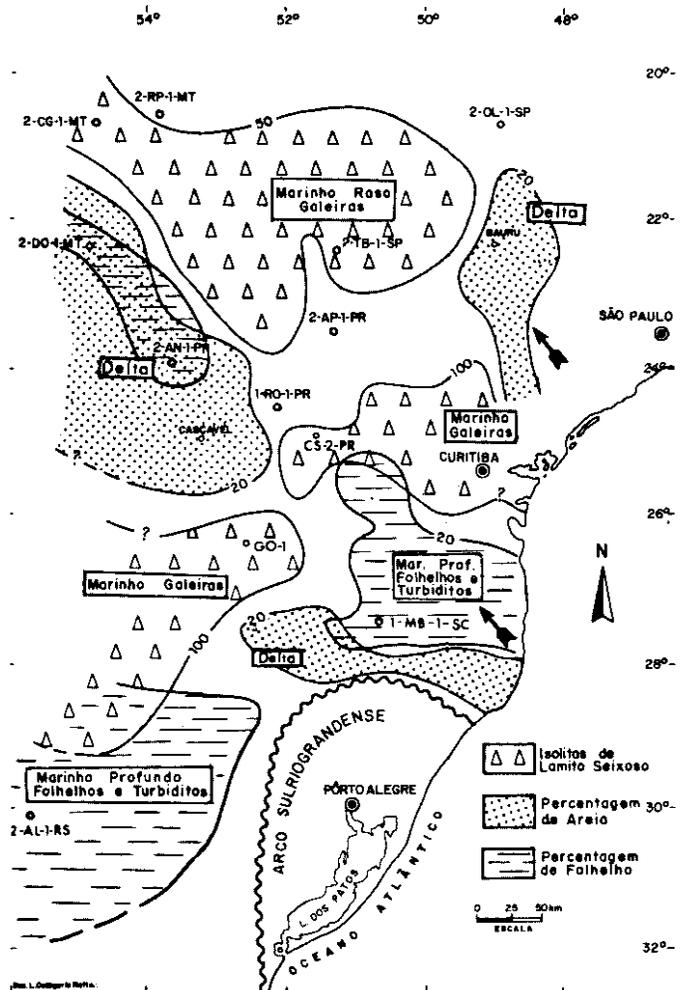


Fig. 29 - Mapa composto exibindo porcentagem de areia, isópacas de lamito seixoso e provável ambiente deposicional dos membros Chapéu do Sol e Rio do Sul. As setas indicam direção de paleocorrente.

de aporte. Uma de leste e talvez relacionada com o Lobo de Kaokoveld, na África (fig. 12), e duas de oeste, possivelmente relacionadas com glaciação no Arco de Assunção.

Além disso, o mapa composto ajuda a explicar a interdigitação entre folhelhos fossilíferos, laminados, contendo seixos pingados no Membro Rio do Sul e lamitos seixosos, maciços, do Membro Chapéu do Sol.

Em resumo, o ambiente deposicional proposto para a Formação Taciba é predominantemente marinho profundo (Membro Rio do Sul) em Santa Catarina, Rio Grande do Sul e partes do estado do Paraná, onde turbiditos depositaram arenitos (Membro Rio Segredo). Entretanto, uma bacia relativamente rasa, com arenitos deltaicos e secundariamente turbiditos, deve ter predominado na parte noroeste da Bacia do Paraná, especialmente no estado de São Paulo. Os lamitos seixosos do Membro Chapéu do Sol foram depositados provavelmente por geleiras marinhas, enquanto os arenitos intercalados foram depositados provavelmente por lavagem subaquosa (*subaqueous outwash*), fluxo de detritos, turbiditos e possivelmente, até mesmo, *eskers*.

A última unidade do Grupo Itararé a ser discutida é a Formação Aquidauana, que ocorre principalmente ao norte da Bacia do Paraná.

#### 2.4 — Formação Aquidauana

O nome Aquidauana foi usado pela primeira vez por LISBOA (1909) para designar os arenitos avermelhados que ocorrem no vale do Rio Aquidauana no estado de Mato Grosso do Sul. De acordo com SCHNEIDER *et alii* (1974, p. 46), a Formação Aquidauana é subdividida em três seqüências. A seqüência inferior é caracterizada por arenito de vermelho a róseo, de médio a grosseiro, com estratificação cruzada acanalada. Secundariamente, contém lamito seixoso, arenitos esbranquiçados e conglomerados. A seqüência média da Formação Aquidauana é dominada por siltito de vermelho a róseo, laminado, contendo

lamito seixoso vermelho e raro folhelho cinza-esverdeado. A seqüência superior é composta predominantemente por arenito.

A espessura máxima da Formação Aquidauana em afloramento varia de 200 m a 700 m. Em subsuperfície, a espessura máxima encontrada foi de 799 m no poço 2-AG-1-MT (fig. 14).

As camadas vermelhas da Formação Aquidauana representam o Grupo Itararé na porção norte-noroeste da Bacia do Paraná (fig. 1), enquanto, nos afloramentos das áreas sul e sudeste da bacia, predominam depósitos de cor cinza. A relação entre os depósitos vermelhos e cinza em subsuperfície não é clara. Porém, a correlação de perfis de poços permite as seguintes informações:

- A interdigitação entre depósitos vermelhos da Formação Aquidauana e cinza do Grupo Itararé ocorre principalmente nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. De São Paulo para o norte, predominam as camadas vermelhas; para o sul, os depósitos cinza;
- Não existe nenhum padrão distinto em curvas de raios gama, SP ou qualquer outro perfil que permita uma distinção entre as camadas vermelhas e cinza. Elas só podem ser distinguidas visualmente pelo critério cor;
- Arenitos avermelhados são mais abundantes que folhelho e lamito seixoso vermelhos.

Estudos específicos ainda são necessários para determinar se a cor vermelha dos depósitos da Formação Aquidauana é primária ou secundária.

Este estudo concentra-se nos depósitos de cor cinza do Grupo Itararé porque a maioria dos poços na Bacia do Paraná foram perfurados na área de domínio destes depósitos. Entretanto, a Formação Aquidauana merece ser estudada com mais detalhe.

### 3 — CICLOS DEPOSICIONAIS E GLACIAÇÃO

A correlação de perfis (figs. 10 a 14) indica que o Grupo Itararé em subsuperfície

é dividido em três ciclos deposicionais, cada um deles bem definido em curvas de raios gama, SP e em testemunhos.

O ciclo inferior começa com uma unidade arenosa, comumente com padrão cilíndrico na curva de raios gama, e é sobreposto por uma unidade argilosa (fig. 30). Os melhores exemplos do ciclo deposicional inferior são os intervalos 3 395-3 720 m, no poço 2-RI-1-PR; 3 483-4 043 m, no 2-TB-1-SP; e 3 144-3 913 m, no 2-LA-1-SP (fig. 10).

Os ciclos médio e superior, essencialmente, repetem o ciclo inferior. O ciclo médio no 2-RI-1-PR é o intervalo 3 043-3 395 m, e o ciclo superior, 2 778-3 043 m (fig. 10).

Os ciclos deposicionais inferior e superior são bem definidos na maioria dos poços da bacia (figs. 10 a 14). Porém, o ciclo médio possui alguns desvios do padrão ideal representado na figura 30. O padrão cilíndrico típico dos arenitos dos ciclos inferior e superior está presente também no ciclo deposicional médio, mas pode mudar para padrão *fining-upward* e *coarsening-upward*, como, por exemplo, nos poços 2-LA-1-SP (fig. 10), 2-AB-1-SP e 1-TI-1-SP (fig. 11), ou então muda para espessos corpos arenosos com mais de 300 m de espessura (2-AR-1-SP, fig. 10; 1-CS-2-PR, fig. 12), tornando a correlação muito difícil.

A nova subdivisão estratigráfica do Grupo Itararé (figs. 10 a 14) proposta neste trabalho coincide com os ciclos deposicionais, de modo que o ciclo deposicional inferior inclui a Formação Lagoa Azul com os membros Cuiabá Paulista e Tarabaí; o ciclo médio compreende a Formação Campo Mourão; e o ciclo superior, a Formação Taciba, com os membros Rio Segredo, Chapéu do Sol e Rio do Sul (fig. 30).

Devem-se lembrar aqui as formações Campo do Tenente e Mafra, que, possivelmente, correspondem à Formação Campo Mourão (ciclo deposicional médio), mas que não possuem boa correlação em subsuperfície. A possível razão são as bruscas mudanças de fácies, típi-

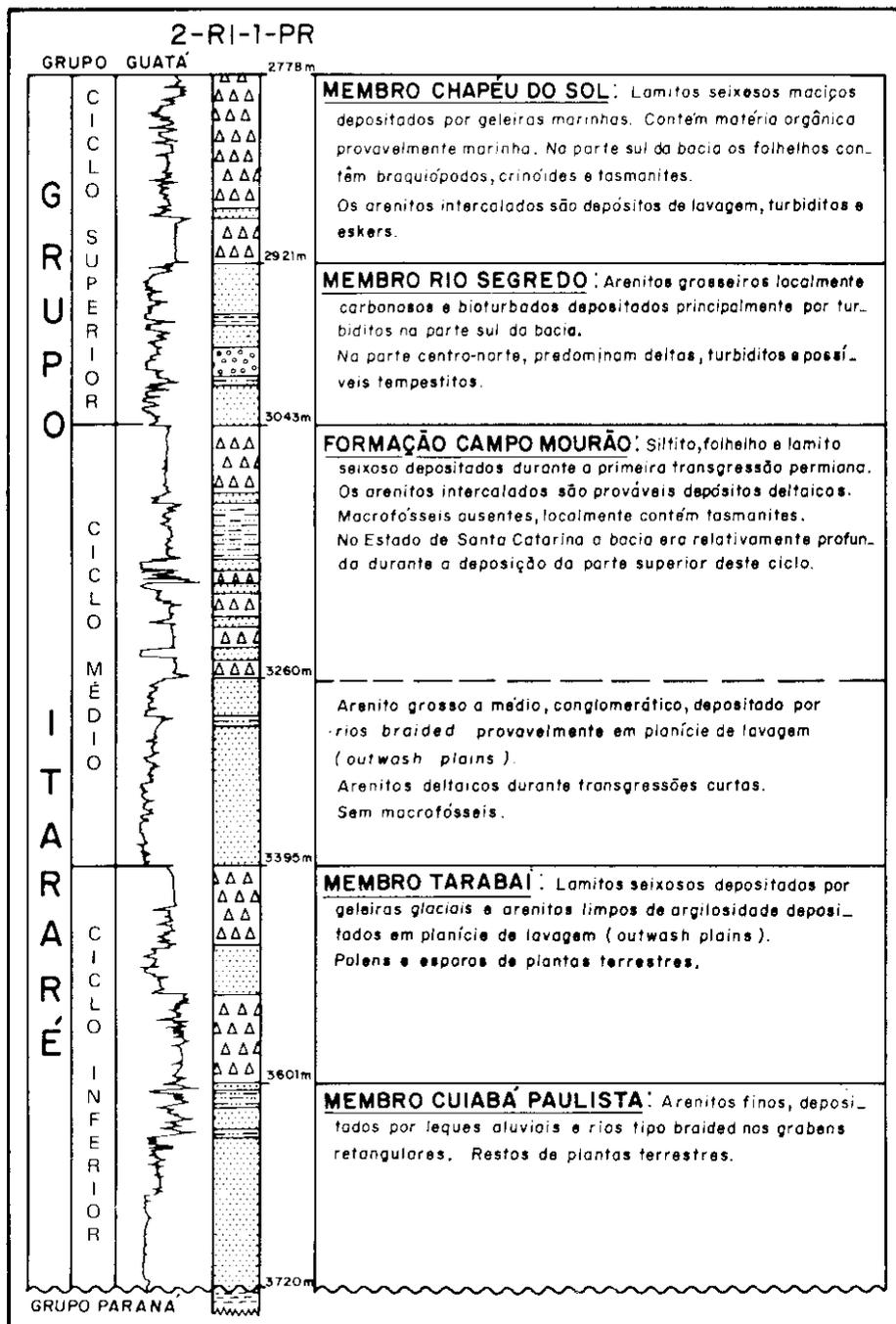


Fig. 30 - Ciclos deposicionais do Grupo Itararé. Os ciclos deposicionais são compostos por uma unidade basal arenosa coberta por uma unidade "argilosa" formando uma relação espacial adequada entre rocha-reservatório e rocha-selante.

cas do ciclo deposicional médio e que afetam o padrão de perfis, conforme mostrado anteriormente, dificultando a correlação.

O significado ambiental destes ciclos deposicionais não é ainda completamente entendido, mas sabe-se que predominam ambientes marinho, marinho glacial, glacial terrestre, e fluvial (figs. 19 e

30). Parece que os ciclos deposicionais são respostas a mudanças climáticas e do nível do mar (fig. 19).

CROWELL & FRANKES (1975, figs. 22.3 e 22.4), baseando-se em informações de afloramentos na África e América do Sul, inferiram um padrão de movimento de geleiras no Gondwana, durante a deposição do Grupo Itararé (fig. 2). Qual seria, em subsuperfície, a

distribuição de lamitos seixosos na porção brasileira da Bacia do Paraná e como eles se encaixam no modelo de movimentação de geleiras proposto por CROWELL & FRANKES?

Responde-se a esta pergunta com os mapas de espessura total de lamito seixoso (fig. 31) e de percentagem de lamito seixoso (fig. 32) no Grupo Itararé. Estes mapas sugerem que os lamitos seixosos do Grupo Itararé tiveram três áreas-fonte principais:

- Uma fonte a leste, que foi importante nos estados de São Paulo e Paraná, provavelmente ligada ao Lobo Kaokoveld de CROWELL & FRANKES (1975);
- Uma fonte a sudoeste, que cobre todo o estado de Santa Catarina e partes dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Esta região é denominada aqui Lobo de Santa Catarina (fig. 33) e provavelmente está associada à glaciação no Arco de Assunção;
- Uma fonte a noroeste no estado de Mato Grosso do Sul, aqui denominada Lobo de Mato Grosso (fig. 33), provavelmente ligada também à glaciação no Arco de Assunção.

Portanto, a direção de movimentação de geleiras proposta por CROWELL & FRANKES (1975), baseada em afloramentos da África e América do Sul, é corroborada em subsuperfície com mapas isolítico e de percentagem de lamito seixoso na Bacia do Paraná, com uma modificação para o que os autores chamaram *Paraná Lobe* (fig. 2). A perfuração de poços no oeste de Santa Catarina e Paraná mostrou que a espessura e a percentagem de lamitos seixosos aumentam para oeste, sugerindo uma melhor relação com glaciação no Arco de Assunção do que com geleiras oriundas da África.

Aparentemente, houve três grandes avanços de geleiras na Bacia do Paraná durante o Permo-Carbonífero. A expressão "grandes avanços de geleiras" é definida aqui como aqueles avanços capazes de depositar extensos e espessos corpos de lamito seixoso, com um mínimo de 50 m e rastreáveis por dezenas de quilômetros em perfis de poços.

O primeiro grande avanço de geleiras depositou tilitos terrestres no ciclo deposicional inferior (fig. 19). O segundo grande avanço ocorreu durante uma pequena transgressão marinha e produziu uma intercalação de depósitos marinhos e terrestres no ciclo deposicional médio. O terceiro e último grande avanço de geleiras na Bacia do Paraná corresponde ao ciclo deposicional superior e foi aparentemente contemporâneo à transgressão permiana, responsável por uma bacia de águas relativamente profundas na parte sul da Bacia do Paraná, onde se deposi-

taram turbiditos e folhelhosossilíferos, várvidos, contendo seixos pingados. Na parte centro-norte da bacia, predominavam águas rasas, onde as geleiras depositaram tilitos e possivelmente depósitos de *outwash* (fig. 19).

Os grandes avanços de geleiras identificados em subsuperfície, alguns dos quais com mais de 150 m de espessura, podem representar, em escala de afloramento, diversos tilitos separados estratigraficamente. Por isso, é necessário um cuidadoso mapeamento de superfície e perfu-

rações rasas para correlacionar os tilitos da faixa de afloramento com as grandes unidades em subsuperfície.

Em resumo, a correlação de perfis sugere que a faixa de afloramento, como, por exemplo, no estado de São Paulo, representa apenas um grande avanço de geleiras durante a deposição do ciclo deposicional superior, onde as geleiras depositaram tilitos e fluxo de detritos glaciogênicos num mar raso associado com arenitos deltaicos, turbiditos e possíveis tempestitos. Este ambiente deposicional

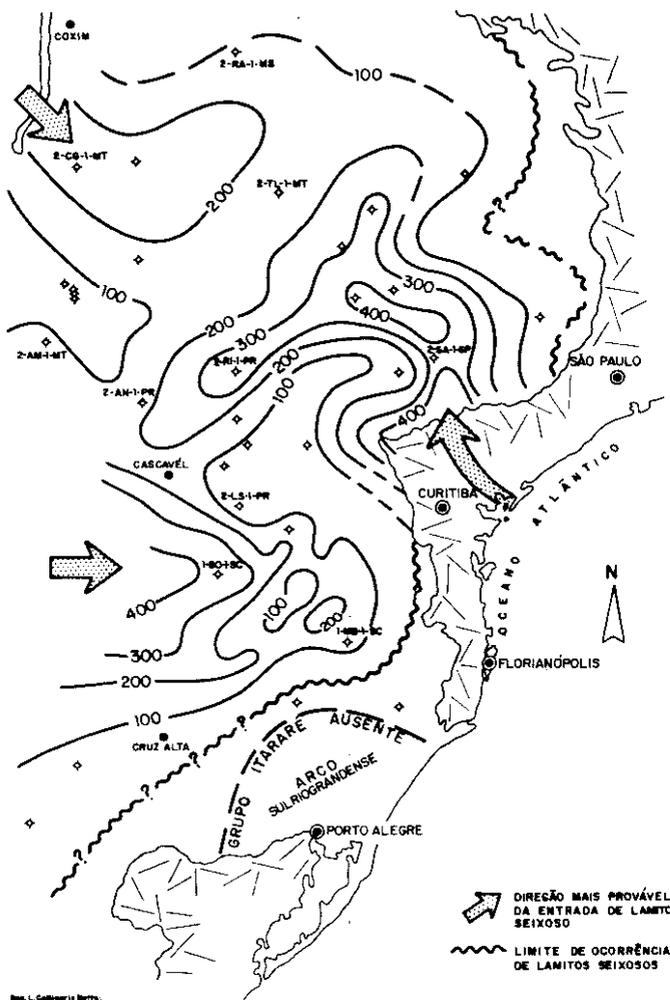


Fig. 31 - Mapa de isópacas de lamitos seixosos do Grupo Itararé. Os dois novos lobos mapeados a oeste da Bacia do Paraná foram denominados Lobo de Santa Catarina e Lobo de Mato Grosso (vide fig. 33).

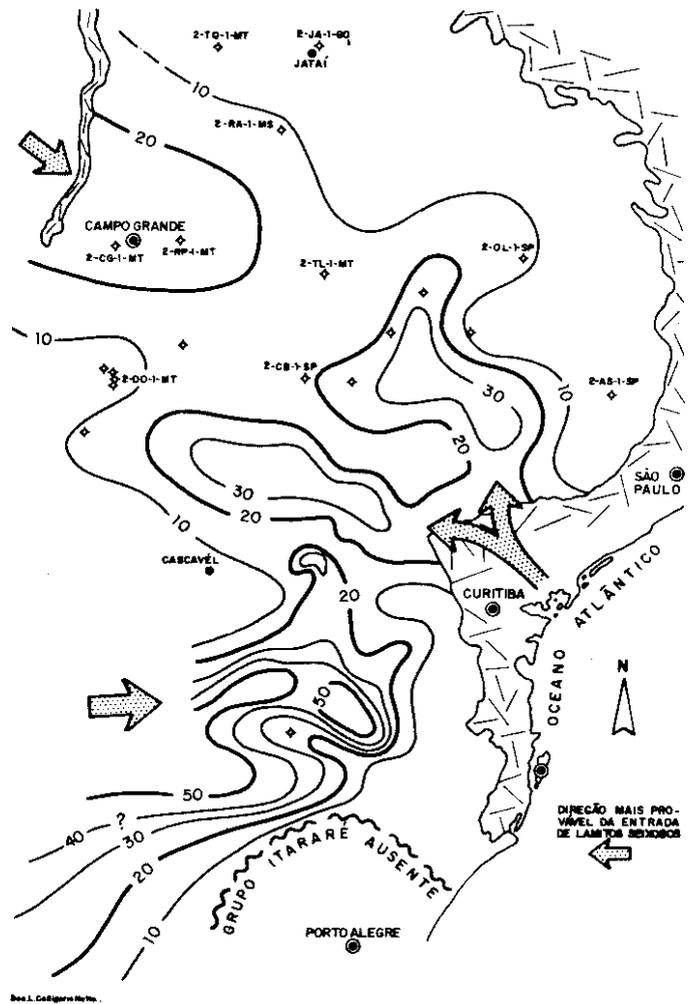


Fig. 32 - Mapa de porcentagem de lamitos seixosos do Grupo Itararé, confirmando a presença de dois lobos glaciais a oeste da Bacia do Paraná, mapeados na figura 31.

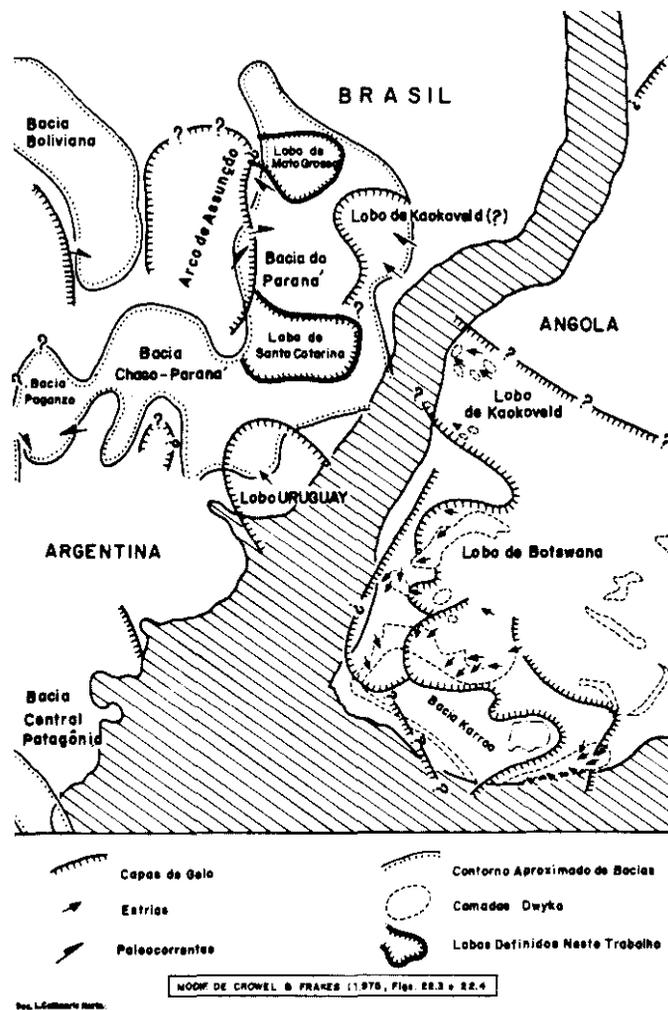


Fig. 33 - Glaciação no Paleozóico Superior na América do Sul e África com os novos lobos glaciais propostos para a Bacia do Paraná.

complexo é, provavelmente, o principal responsável pela estratigrafia complexa e pela discrepância no número de tilitos e avanços glaciais reportados para a Bacia do Paraná.

Economicamente, os lamitos seixosos são importantes, pois podem atuar como selantes dos extensos corpos arenosos que ocorrem abaixo. Grande parte destes arenitos desenvolvem porosidade secundária e constituem bons reservatórios, mesmo a grandes profundidades, como 4 600 m. A análise destes reservatórios será o objeto principal da segunda parte deste artigo.

#### 4 - CONCLUSÕES

Historicamente, o estudo da estratigrafia na maioria das bacias sedimentares começa em seus afloramentos, onde somente uma parte da seção total da bacia pode ser vista. Geralmente, nos aflora-

mentos, as unidades não são apenas mais delgadas, mas também podem estar ausentes. Hoje é amplamente reconhecido que o lugar ideal para definir a estratigrafia de uma bacia é a sua parte mais profunda, onde as discordâncias são mais raras e a sedimentação mais contínua. Baseando-se nisto, analisaram-se testemunhos e perfis de poços perfurados na parte central da Bacia do Paraná e uma nova nomenclatura estratigráfica foi proposta para o Grupo Itararé. Porém, antes de se propor esta nova nomenclatura, fez-se uma correlação com a área de afloramentos, usando-se poços perfurados próximos à borda da bacia. Onde foi possível correlacionar e rastrear em subsuperfície unidades já descritas em afloramentos, a prioridade de nomes foi mantida. Em alguns casos, houve mudança de categoria, como a Formação Rio do Sul, que passa a Membro Rio do Sul. Em outros casos, entretanto, não foi possível uma correlação

confiável entre subsuperfície e superfície, como é o caso das formações Campo do Tenente e Mafra. Apesar disto, sugere-se que estas duas unidades correspondam estratigraficamente à Formação Campo Mourão.

Acredita-se que estudos sedimentológicos de testemunhos e perfis de poços, combinados com análise de bacia, mostrarão que bacias antigas de alta latitude com preenchimentos glácio-marinhos do tipo Gonduana podem ter significantes potencialidades petrolíferas, especialmente para gás — folhelhos marinhos profundos podem ser rochas geradoras; depósitos de lavagem (*glacial outwash*), depósitos da planície *braided*, arenitos costeiros e pequenos deltas podem ser reservatórios; e diamictitos glaciais e folhelhos podem ser rochas capeadoras. Em outras palavras: *cada ciclo glacial pode ser um ciclo com rochas-reservatório, selantes e até geradoras*. À medida que novos estudos ambientais destes ciclos deposicionais sejam feitos na Bacia do Paraná, acredita-se que acumulações de gás e condensado serão encontradas na bacia. Como parte desta pesquisa, os lamitos seixosos ou diamictitos da Bacia do Paraná merecem atenção especial como selantes e devem ser descritos e mapeados com detalhe.

Enfatiza-se a importância do trabalho conjunto de geólogos e geofísicos na Bacia do Paraná, onde a espessa camada de lavas torna a sísmica essencial. A bacia possui também diques e soleiras que mascaram a continuidade lateral dos refletores mais profundos. Além disso, suas rochas paleozóicas tendem a ter um baixo coeficiente de reflexão, devido às pequenas diferenças em impedância acústica entre arenitos e folhelhos com alta compactação. Apesar disto, alguns refletores principais podem ser mapeados, como, por exemplo, a base do basalto, a discordância devoniana e o topo do embasamento, entre outros. Este estudo estratigráfico mostra que, agora, os estudos sísmicos deveriam procurar também a identificação dos ciclos deposicionais aqui descritos.

Deste modo, poder-se-iam contornar mapas estruturais ao nível dos ciclos de-

posicionais. Tais mapas aumentarão a chance de se perfurar uma estrutura fechada em rochas-reservatório do Grupo Itararé e, certamente, diminuirão os riscos exploratórios nesta bacia gigantesca.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é baseado na tese de doutorado por mim apresentada ao Departamento de Geologia da Universidade de Cincinnati, Ohio (EUA). A comissão de tese incluiu os professores Paul E. Potter, Wayne A. Pryor, J. B. Maynard, David Meyer e David Nash.

Os trabalhos de tese e o título recebido só foram possíveis graças a uma bolsa de estudo patrocinada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a quem estou enormemente agradecido. Agradeço também à Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRÁS), pela liberação dos dados de poços para análise e publicação. Jorge Della Fávera (PETROBRÁS – CENPES), Joel de Castro (PETROBRÁS – CENPES), Vicente J. Fúlfaro (UNESP – Rio Claro) e Charles W. Spencer (USGS – Denver) me ajudaram com o manuscrito. José C. Stevaux e José A. Perinoto (UNESP – Rio Claro) me auxiliaram com medidas de paleocorrentes. Leopoldo Calligaris Netto (IPT) desenhou as figuras usadas neste trabalho. Três anos como exploracionista na PAULIPETRO, à qual também agradeço, iniciaram-me no presente estudo. Muito antes, quando ainda menino, a PETROBRÁS perfurou um poço na Bacia do Paraná, em minha cidade natal, no sudoeste do estado de Goiás, quando me interessei por geologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASMUS, H. E. Relacionamento genético de feições geológicas da margem continental sudeste brasileira e da área continental emersa adjacente. *In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, 3, Curitiba, 1981. *Atas . . .* Curitiba, Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v. 1, p. 262-73.
- ASMUS, H. E. & GUAZELLI, W. *Descrição sumária das estruturas da margem continental brasileira e das áreas oceânicas e continentais adjacentes*; hipótese sobre o tectonismo causador, e implicações para os prognósticos do potencial de recursos minerais. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/DNPM/CPRM/DHN/CNPq, 1981. p. 187-269. (Projeto Remac, 9).
- BAUMANN, P. *Petroleum evaluation of Paraná Basin*. São Paulo, PAULIPETRO/Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1981. (Relatório Interno, RT – 033).
- CANT, D. J. Subsurface facies analysis. *In: WALKER, R. G., ed. Facies analysis*. 2. ed. Toronto, Geological Association of Canada Publications, 1984. p. 297-310. (Geoscience Canada. Reprint Series, 1).
- CANUTO, J. R. *Origem dos diamictitos e rochas associadas do Subgrupo Itararé, no sul do estado do Paraná e norte do estado de Santa Catarina*. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1985. Tese de Mestrado.
- CASTRO, J. de. Fácies, ambientes e seqüências deposicionais das formações Rio do Sul e Rio Bonito, leste de Santa Catarina. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 31, Camboriú. *Anais . . .* Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. p. 283-99.
- CASTRO, J. de & MEDEIROS, R. Fácies e modelos de sedimentação das formações Rio do Sul e Rio Bonito, leste de Santa Catarina; fácies e evolução sedimentar do Grupo Passa Dois na BR-470-SC. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 31, Camboriú, 1980. *Roteiro de excursão*. Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. (Boletim, 3).
- COLEMAN, J. M. & PRIOR, D. B. *Deltaic sand bodies; a short course*. Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, 1980. 171 p. (Education Course Note Series, 15).
- CROWELL, J. C. & FRAKES, L. A. The late paleozoic glaciation. *In: GONDWANA GEOLOGY – GONDWANA SYMPOSIUM*, 3, Camberra, 1973. Camberra, Australia National University Press, 1975. p. 313-31.
- DAEMON, R. F. & QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 24, Brasília, 1970. *Anais . . .* Brasília, Sociedade Brasileira de Geologia, 1970. p. 359-412.
- DAEMON, R. F. *et alii*. *Relatório sobre o refinamento do zoneamento bioestratigráfico do Neopaleozóico da Bacia do Paraná*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1983. (Relatório interno, 18.142).
- ESTATÍSTICA DE PETRÓLEO. v. 4; n. 3/4: 1-10, set./dez. 1986. Instituto Brasileiro de Petróleo, Rio de Janeiro, 1986.
- EYLES, N. & MIAL, A. D. Glacial facies. *In: WALKER, R. G., ed. Facies models*. 2. ed. Toronto, Geological Association of Canada Publications, 1984. p. 15-38. (Geoscience Canada. Reprint Series, 1).
- FARIA, A. de. Formação Vila Maria; nova unidade litoestratigráfica siluriana da Bacia do Paraná. *Boletim Ciências da Terra*, (3): 12-15, 1982.
- FARIA, A. de & REIS, J. M. Nova unidade litoestratigráfica pré-Furnas no sudoeste de Goiás. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, Recife, 1978. *Resumo das comunicações . . .* Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978. p. 136-7. (Boletim, 1).
- FERREIRA, F. J. F. Alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. *In: GEOLOGIA da Bacia do Paraná; reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/PAULIPETRO, 1982. p. 143-66.
- FRAKES, L. A. *et alii*. Possible fossil eskers and associated features from the Paraná Basin, Brazil. *Journal of Sedimentary Petrology*, 38 (1): 5-12, Mar. 1968.
- FÚLFARO, V. J. *et alii*. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Revista brasileira de Geociências*, 12: 590-611, 1982.
- FÚLFARO, V. J. *et alii*. A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, Rio de Janeiro,

1984. *Anais*. . . Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, 1984. p. 711-24.

GAMA JUNIOR, E. *et alii*. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da Bacia do Paraná. *Revista brasileira de Geociências*, 12: 578-89, 1982.

GORDON JUNIOR, M. *Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1947. (DNPM. Notas Preliminares e Estudos, 38). p. 1-20.

GRAVENOR, G. P. & ROCHA CAMPOS, A. C. Patterns of Late Paleozoic glacial sedimentation on the south-east side of the Paraná Basin, Brazil. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 43: 1-39, 1983.

GRAY, J. *et alii*. Silurian-age fossils from the Paleozoic Paraná Basin Southern Brazil. *Geology*, 13: 521-5, 1985.

KINGSTON, D. R. *et alii*. Global basin classification system. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 67: 2175-93, 1983.

KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L. L. *Stratigraphy and sedimentation*. 2. ed. San Francisco, W. H. Freeman, 1963.

LISBOA, M. A. R. *Oeste de São Paulo e sul de Mato Grosso*; Estrada de Ferro Noroeste do Brasil. Rio de Janeiro, Comissão E. Schnoor, 1909. 171 p.

MAYNARD, J. B. Extension of Berner's "New geochemical classification of sedimentary environments" to ancient sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52 (4): 1325-31, 1982.

MIALL, A. D. *Principles of sedimentary basin analysis*. New York, Springer-Verlag, 1984. 490 p.

NORTHFLEET, A. *et alii*. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim técnico da PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, 12: 291-346, 1969.

OLIVEIRA, A. C. & NETO, V. G. *Relatório final do poço 1-RP-1-PR*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1984. (Relatório, 19256).

## ABSTRACT

*This work is a stratigraphic, reservoir, and environmental analysis of the Itararé Group (Permo-Carboniferous) using the well data of the Paraná Basin which covers about 1 000 000 km<sup>2</sup> in Brazil alone. More than three thousand kilometers of cross sections were analysed, over 100 wells were studied, nearly 400 meters of cores were described, and 95 thin sections were analysed. The result will be published in two parts. The first part deals with the stratigraphy and depositional environment; whereas the second part, which will be published soon, will discuss reservoir analysis.*

*It is proposed a new stratigraphic subdivision of the Itararé Group in subsurface. Three new formations and four new members are proposed. The lowermost formation is called the Lagoa Azul, which is subdivided into the Cuiabá Paulista Member, composed mostly of sandstones; and the Tarabai Member, composed predominantly of siltstones and pebbly mudstones. The Tarabai Member has a radioactive shale called the Roncador Shale Bed. The new middle unit is the Campo Mourão Formation, composed mostly of sandstones and pebbly mudstones and the new uppermost unit is the Taciba Formation. The Taciba is subdivided into the Rio Segredo Member, composed of sandstones; the Chapéu do Sol Member composed of pebbly mudstones; and the Rio do Sul Member composed mostly of shales.*

*This new stratigraphic subdivision is necessary because only in the central part*

*of the basin is the sedimentation most continuous and unconformities are less likely. Furthermore, the new stratigraphic nomenclature facilitates subsurface exploration and surface mapping as well.*

*Well logs show that the Itararé Group has three major depositional cycles termed lower, middle, and upper, which correspond broadly to the three new formations. Each cycle is composed of a sandy basal section and an upper "shaly" section. It is likely that the cycles are response to climatic and sea level changes. Pebbly mudstones present in the "shaly" sections of the cycles were probably deposited by glaciers, whereas fossiliferous shales containing dropstones were deposited in a cold sea during a major transgression.*

*Three major ice lobes seem to have entered the Paraná Basin during the Permo-Carboniferous. One lobe came from east, apparently an extension of the Kaokoveld Lobe from Africa. Two lobes came from west — the Santa Catarina Lobe and the Mato Grosso Lobe, apparently linked to glaciation in the Assuncion Arch.*

*The sandy section of the depositional cycles was probably deposited by braided rivers on outwash plains or as alluvial fans, deltas, and turbidites. These sandstones comprise the reservoir rocks in the Itararé Group, which will be the subject in part II of this work.*

OLIVEIRA, G. P. *Geologia de recursos minerais do Estado do Paraná*. Rio de Janeiro, SGM, 1927. (SGM. Monografia, 6).

ROCHA CAMPOS, A. C. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin; problems in Brazilian Gondwana geology. *In: Brazilian Contribution to the International Symposium on the Gondwana Stratigraphy and Paleontology*, 1, Argentina. Curitiba, 1967.

ROSLER, O. Sobre algumas contribuições e paleontologia do Paleozóico Superior do Brasil. *In: LATE PALEOZOIC OF SOUTH AMERICA ANNUAL MEETING OF THE*

WORKING GROUP, Bogotá, 1985. *Abstracts*. . . Bogotá, 1985. p. 17.

SAAD, A. R. *Origem e evolução da Bacia do Paraná*. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, s. d. Tese de Mestrado.

SCHNEIDER, R. L. *et alii*. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28, Porto Alegre, 1974. *Anais*. . . Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, 1974. v. 1, p. 41-65.

SILVA, G. R. & VIANNA, R. B. Aplicabilidade do método de reflexão sísmica na Bacia do Paraná. *In: GEOLOGIA da Bacia do Paraná; reavaliação*

- da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/PAULIPETRO, 1982. p. 117-42.
- SMITH, N. D. Proglacial fluvial environment. *In: SOCIETY OF ECONOMIC PALEONTOLOGISTS AND MINERALOGISTS. Glacial sedimentary environment.* Tulsa, 1985. p. 85-134. (SEPM. Short Course, 16).
- SOARES, P. C. *et alii.* *Análise, interpretação e integração de lineamentos a partir de imagens (RADAR-LANDSAT) e suas relações com a tectônica da Bacia do Paraná.* São Paulo, PAULIPETRO, 1982. (Relatório interno, 342).
- STANLEY, W. D. *et alii.* Regional magnetotelluric surveys in hydrocarbon exploration, Paraná Basin, Brazil. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Tulsa, (69): 346-60, 1985.
- WHITE, I. C. *Relatório sobre os coal measures e rochas associadas ao sul do Brasil.* Rio de Janeiro, com Est. Minas Carvão de Pedra do Brasil, 1908. pt. 1. 300 p.
- YOSHIDA, R. & GAMA JUNIOR, E. *Geologia da Bacia do Paraná; reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos, introdução.* São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/PAULIPETRO, 1982. p. 1-17.