

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS PALEOZÓICAS NA PARTE CENTRAL DA BACIA DO PARANÁ

ERCÍLIO GAMA JR.* , ALFREDO N. BANDEIRA JR.* e ALMÉRIO B. FRANÇA*

"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 greater volume of the sedimentary rocks is buried and unavailable for surface study. No stratigraphic concept which ignores this great bulk of unexposed strata can be considered complete". Krumbein and Sloss, 1963

ABSTRACT "Paulipetro" has drilled about a score of stratigraphic and wildcat wells in the Paraná Basin getting unique informations of the interrelations and distributions of the rock units in its sedimentary filling.

This paper presents the new stratigraphic chart demonstrating time-space relationships of the rock units and a revised chrono-stratigraphic classification for the Paleozoic sedimentary section of the Paraná Basin.

As an initial approach, the proposed chrono-stratigraphic column presents only three units (Série Campos Gerais, Série Rio Tietê and Série Serra do Espigão). However, based on the distinctive geological evolution of the Paraná Basin, it has essentially a regional character.

The introduction of a new time-space diagram and simplified chrono-stratigraphic column are justified by the demand of improved stratigraphic correlations for petroleum exploration.

INTRODUÇÃO Desde os trabalhos pioneiros de White (1905), a Bacia do Paraná tem sido objeto de inúmeras classificações e revisões estratigráficas, visando a uma coluna-padrão. No geral, são fortemente influenciadas pelas características presentes na faixa de afloramentos que, expondo apenas cerca de 4% do volume total de rochas existentes na bacia, não representam adequadamente todos os múltiplos aspectos presentes em sua estratigrafia.

Com a perfuração, pelo Paulipetro, de dezesseis poços estratigráficos na parte central da bacia, foi adquirido um acervo muito grande de dados petrológicos, paleontológicos e cronológicos que, aliados aos resultados de mapeamentos geológicos, estudos estratigráficos e correlações com os poços anteriormente perfurados, oferece atualmente uma visão estratigráfica mais apurada da Bacia do Paraná.

O presente trabalho baseia-se nesses novos dados e estudos, pretendendo propor uma nova coluna estratigráfica que represente, em termos mais gerais, a distribuição no tempo e no espaço das unidades litoestratigráficas da bacia. Não se trata, portanto, de uma revisão da litoestratigrafia mas, simplesmente, da delimitação através de toda a bacia das unidades litoestratigráficas propostas por Schneider *et al.* (1974) e simplificadas por Fulfaro *et al.* (1980). Não se alteram, portanto, nem as definições, nem os critérios de distinção e mapeamento das referidas unidades litoestratigráficas.

Por outro lado, a apresentação das unidades litoestratigráficas em forma de diagrama tempo-espaço impôs a necessidade de se reintroduzir uma coluna cronoestratigráfica. Agora, sim, pretende-se uma revisão posto que as unidades de Northfleet *et al.* (1969) se revelaram não-operacionais em razão da dificuldade, amplamente conhecida, de separação entre o Carbonífero e o Permiano, e subdivisões deste último no hemisfério sul. Propõe-se um esboço cronoestratigráfico, de caráter regional, que, além de ex-

pressar rocha-tempo, apresente características operacionais não apenas em superfície mas também, e principalmente, em subsuperfície, onde a perfeita correlação entre os poços é uma necessidade imprescindível à prospecção de petróleo. Esse esboço cronoestratigráfico é constituído de três unidades designadas por Série Campos Gerais, Série Rio Tietê e Série Serra do Espigão, como adiante serão definidas.

NECESSIDADE DE ESCALA ESTRATIGRÁFICA BIPARTITE NA PROSPECÇÃO DE PETRÓLEO

A natureza indireta da prospecção de petróleo imprime nesta pesquisa certas características de uma análise multifatorial. Em petróleo, pesquisam-se certas condições sabidamente favoráveis a sua acumulação comercial, designadas no jargão exploratório de fatores ou parâmetros básicos.

Alguns fatores, rocha geradora, reservatório, selante e relações espaciais entre geradora e reservatório, identificam-se diretamente com as unidades-rocha. São características das próprias rochas presentes nas seqüências estratigráficas.

Um diagnóstico desses parâmetros, em uma determinada área, é obtido a partir do conhecimento da distribuição espacial e inter-relações de unidades descritas por sua composição e características litológicas. Na busca desse diagnóstico os especialistas necessitam de uma coluna litoestratigráfica corretamente definida e facilmente mapeável ou delimitável em três dimensões.

Um outro fator básico, necessário à ocorrência de uma acumulação de hidrocarboneto, é a estrutura. Em termos práticos, uma estrutura é descrita pela configuração geométrica atual de um horizonte isócrono. O mapeamento de estruturas, em prospecção de petróleo, é normalmente realizado pela Sísmica. Para tanto, esta se vale do mapeamento de refletores, admitidos com interfaces litológicas isócronas, que precisam ser referidas à seqüência estratigráfica da área. Essa necessidade seria, por si só, suficiente para o estabele-

* Grupo de Integração de Dados, Consórcio CESP/IPT-Paulipetro, Av. Eng.º Luís Carlos Berrini, 1461, CEP 04571, São Paulo, SP, Brasil

cimento de unidades rocha-tempo, mas o problema se torna mais crítico quando se lembra que as estruturas ocorrem ao longo de alinhamentos de extensão regional, cujo mapeamento só pode ser feito por meio de uma escala cronoestratigráfica definida em termos operacionais.

Essas considerações demonstram que em prospecção de petróleo é necessário contar com, pelo menos, duas escalas estratigráficas: litoestratigráfica, cujas unidades descrevem a potencialidade de uma área em termos de rocha geradora, reservatório etc.; e cronoestratigráfica, cujas unidades descrevem os alinhamentos regionais, onde estruturas adequadas à acumulação de petróleo possam ser encontradas.

A necessidade dessas duas escalas estratigráficas é ainda reforçada pelo último parâmetro que controla a acumulação de hidrocarbonetos: relação temporal adequada entre a migração de hidrocarbonetos da rocha geradora e a formação da estrutura. Uma acumulação de petróleo só ocorrerá em uma estrutura quando esta for, no máximo, de idade contemporânea à migração. Ao contrário dos demais, este parâmetro não é obtido por medição direta realizada pelas diferentes metodologias aplicadas na prospecção de petróleo. Resulta de um diagnóstico atingido pela interpretação das idades dos eventos tectônicos, formadores de estruturas, e da história deposicional da bacia, responsável pela geração e migração de hidrocarbonetos. Uma interpretação, por sua vez, tem sempre uma conotação subjetiva. Quando se trata de datação de eventos geológicos, essa interpretação será tanto mais correta quanto mais natural e operacional para a região for a escala utilizada para datá-los. E esta é, indubitavelmente, uma escala cronoestratigráfica definida a partir do registro físico e paleontológico dos eventos geológicos mais conspícuos da região ou bacia. Quando esse procedimento não é seguido, erros de interpretação podem ser cometidos, particularmente em bacias sedimentares, onde a relação temporal estrutura/migração seja um fator de alta sensibilidade na ocorrência de hidrocarbonetos.

JUSTIFICATIVAS DE UMA CLASSIFICAÇÃO CRONOESTRATIGRÁFICA REGIONAL A moderna classificação cronoestratigráfica universal nasceu dos trabalhos pioneiros de Charles Lyell, que estabeleceu uma divisão das rochas da Inglaterra e do continente europeu com base no conceito do catastrofismo. Segundo Krumbein e Sloss (1963), os grupos reconhecidos por Lyell passaram comumente a ser reconhecidos como *sistemas*, pois possuíam um significado adicional de tempo. As faunas de cada sistema foram-se tornando bem conhecidas, caracterizando-se cada unidade por um grupo de animais e plantas fósseis bastante diferente dos contidos nas unidades adjacentes. A teoria catastrofista salientou que os sistemas representavam períodos de tempo limitados por catástrofes, materializadas por discordâncias ou outras evidências de mudança, durante os quais grupos de animais e plantas eram eliminados e novas espécies, criadas. A extensão dos estudos estratigráficos para outras áreas da Europa Ocidental e América do Norte Oriental levou ao conhecimento de discordâncias que separavam sistemas similares aos estabelecidos na Inglaterra. Impôs-se, assim, a crença de que a história geológica da Terra era caracterizada por períodos orogenéticos e epirogenéticos intermitentes, síncronos, e de extensão mundial, que serviriam de referência para uma escala cronoestratigráfica universal.

As unidades dessa escala, hierarquizadas em diferentes categorias possuíam, teoricamente, extensão universal. Em termos práticos, entretanto, só as unidades de categoria

mais alta dessa hierarquia prestam-se a uma aplicação universal. A extensão geográfica efetiva das unidades cronoestratigráficas diminui à medida que as unidades descem na hierarquia devido às limitações de resolução da crono-correlação a distância cada vez maiores dos estratotipos. Neste caso, as unidades de uma escala cronoestratigráfica universal de referência nem sempre são válidas, sendo necessário que o reconhecimento de unidades uniformes seja feito por meio de escalas estratigráficas regionais ou locais, especialmente ao nível de cronozonas, andares e séries.

O *Guia Estratigráfico Internacional* da Subcomissão Internacional de Classificação Estratigráfica da Comissão de Estratigrafia da UICG (1980) reconhece que "unidades regionais nessas categorias sempre serão necessárias, mesmo que não correspondam exatamente às unidades universais de referência". Textualmente, o Guia recomenda: "É preferível referir com precisão determinados estratos a unidades regionais ou locais que forçar os limites mediante a crono-correlação ao limitar os estratos às unidades de uma escala universal".

A tabela de classificação estratigráfica internacional compilada por Van Eysinga (1978) é rica em exemplos que ilustram o postulado acima. A Série Cretáceo Superior da América do Norte inclui a parte basal da Série Paleoceno, ou mais precisamente parte basal do Andar Daniano da Europa.

Embora na América do Norte o Carbonífero componha integralmente o Mississippiano e o Pensilvaniano, o contato entre esses dois últimos sistemas acha-se contido no Andar Bashkiriano da Europa. Mesmo no continente europeu não existe concordância entre diferentes classificações regionais. O Wealdeniano da Alemanha, por exemplo, inclui o Barremiano, Hauteriviano, Valanginiano e parcialmente o Berrisiano da Inglaterra. Já a parte inferior do Berrisiano corresponde ao Puberckiano da Alemanha. No Brasil, os andares Rio da Serra, Aratu e Buracica têm boa correlação com o Wealdeniano mas não com os demais equivalentes europeus.

Em âmbito local, a correlação cronoestratigráfica em termos universais é ainda mais crítica. A Bacia do Paraná, durante o Neopaleozóico, foi palco de uma sedimentação terrígena em condições tectônicas e paleoambientais completamente diferentes das vigentes no hemisfério norte. Os eventos diastróficos Variscano e Hercíniano não se fizeram sentir no continente afro-brasileiro com a mesma intensidade que no hemisfério norte ou, pelo menos, não ficaram similarmente registrados nas características físicas e paleontológicas dos sedimentos correspondentes. A flora e a fauna das rochas neopaleozóicas da Bacia do Paraná são endêmicas e de difícil correlação com seus equivalentes setentrionais. É bem conhecida a impossibilidade de separação do Carbonífero e Permiano, e subdivisões deste último, na Bacia do Paraná. Esses fatos tornam, no mínimo, não-operacional o estabelecimento de uma coluna cronoestratigráfica com base nos critérios extraídos de eventos geológicos que não ocorreram na bacia.

Por outro lado, a Bacia do Paraná foi palco de outros eventos geológicos que, sem terem sido síncronos aos do hemisfério norte, imprimiram em seus sedimentos um registro físico e biológico profundamente estudado por numerosos geólogos e paleontólogos.

O registro desses eventos permite a organização sistemática da sucessão dos estratos da bacia em unidades que correspondem a intervalos de tempo geológico e que servem de referência para a crono-correlação regional. Em outras pa-

lavras, permite o estabelecimento de uma classificação cronoestratigráfica regional devidamente referida à classificação universal e revestida da operacionalidade necessária à utilização nos estudos geológicos da Bacia do Paraná.

PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS DO ESTABELECIMENTO DA COLUNA CRONOESTRATIGRÁFICA Justificada a necessidade de uma escala cronoestratigráfica operacional na prospecção de petróleo da Bacia do Paraná e demonstrada a coerência com os preceitos estratigráficos de uma escala regional, definida a partir de critérios físicos e paleontológicos da própria bacia, segue-se a necessidade do estabelecimento de certos princípios que sirvam de diretrizes na definição dessas unidades.

As unidades estratigráficas da Bacia do Paraná foram inicialmente propostas como unidades rocha-tempo. Com a adoção das idéias de Shenck e Müller (1941), foram redefinidas como unidades-rocha em sucessivas revisões estratigráficas. A perfuração de poços de petróleo no interior da bacia ensejou a oportunidade para que Northfleet *et al.* (1969) apresentassem uma proposta de divisão estratigráfica tripartite com três colunas estratigráficas: lito, crono e bioestratigráfica. Esta última baseada nos trabalhos de Daemon e Quadros (1970).

Para a divisão cronoestratigráfica, no entanto, valeram-se das unidades cronogeológicas universais, incorporando em decorrência todos os problemas de correlação dessas unidades.

Resultando não-operacional, a divisão cronoestratigráfica de Northfleet *et al.* (*op. cit.*) foi abandonada na revisão de Schneider *et al.* (1974) que, por sua vez, não apresentou nenhuma proposta alternativa.

Pretende-se agora propor um esboço inicial de uma divisão cronoestratigráfica regional que permita:

- a divisão das rochas paleozóicas da Bacia do Paraná com base em critérios de tempo;
- que as unidades assim divididas se revistam de características operacionais;
- que a proposta de divisão cronoestratigráfica aqui apresentada esteja de acordo com o que preconiza o *Guia Estratigráfico Internacional*.

Os critérios utilizados para a divisão do Paleozóico em três séries (Série Campos Gerais, Série Rio Tietê e Série Serra do Espigão) incluem:

Prioridade de nomes — Quando possível, procurou-se manter designações anteriormente utilizadas para o mesmo conjunto de estratos. É o caso do Devoniano, em que a designação Série Campos Gerais já havia sido aplicada por Maack (1946), Beurlen (1955) e Bigarella *et al.* (1966), entre outros. Para as demais séries, este procedimento não foi possível por mudança no conteúdo de estratos de cada série.

Categoria hierárquica — Por incluir um conjunto bastante espesso de estratos, o esboço cronoestratigráfico proposto deverá ser no futuro dividido em unidades menores com base numa escala bioestratigráfica. Procurou-se, em decorrência, posicionar essas unidades em um nível hierárquico mais alto possível permitido pelo *Guia Estratigráfico Internacional* para uma escala cronoestratigráfica regional.

Operacionalidade dos limites — Os limites das unidades foram definidos em horizontes isócronos que possam ser facilmente reconhecidos por critérios físicos e paleontológicos, e identificáveis por métodos intensamente utilizados na prospecção de petróleo (perfilagem elétrica e sísmica).

Persistência lateral dos limites — As três unidades propostas têm como limites as discordâncias pré-devoniana, pré-carbonífera e pré-mesozóica. O limite Série Rio Tietê-Serra do Espigão é colocado em um horizonte de sedimentação contínua, topo da Formação Irati, que representa a melhor camada-guia da Bacia do Paraná. Todos esses quatro horizontes citados estendem-se praticamente por toda a Bacia do Paraná e mesmo em territórios de países vizinhos.

UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS DA BACIA DO PARANÁ Série Campos Gerais Designam-se como Série Campos Gerais os sedimentos da Bacia do Paraná depositados no intervalo de tempo geológico que se estende entre as épocas Emsiano e Frasniano do período Devoniano.

O termo Série Campos Gerais foi proposto inicialmente por Oliveira (1930) para o Devoniano dos Estados de São Paulo e Paraná. Em 1931, Moraes Rego (1931) utilizou a terminologia "Série Paraná" para a mesma seqüência. Segundo Rocha Campos (*in*: Bigarella *et al.*, 1967), ambos os termos foram alternadamente utilizados por diferentes autores. Maack (1946), Beurlen (1955) e Bigarella *et al.* (1966), entre outros, defenderam a designação Série Campos Gerais enquanto Oppenheim (1936), Petri (1948), Caster (1952), Lange (1954) e Sanford (1960) preferiram Série Paraná.

Com a adoção do termo Paraná como unidade litoestratigráfica na categoria de Grupo, nomenclatura já consagrada em amplo consenso, restabelece-se aqui a designação Série Campos Gerais como unidade cronoestratigráfica.

A Série Campos Gerais assenta-se de forma discordante sobre rochas ígneas e metamórficas de idade pré-cambriana e eopaleozóica através de uma superfície intensamente peneplanizada. De um modo discordante, é recoberta pelos sedimentos da Série Rio Tietê.

A operacionalidade dessa unidade é conferida por suas características físicas e, principalmente, paleontológicas. Fisicamente, é diagnosticada pela presença dos sedimentos das formações Furnas e Ponta Grossa. Sua microfauna inclui braquiópodes, lamelibrânquios, gastrópodes, trilobitas, equinodermas e anelídeos, que são caracterizados por um elevado grau de endemismo. Segundo Richter e Richter (1942), corresponde às faunas renana e boêmia de outras partes do mundo. Sua microfauna inclui escolecondontes, quitinozoas e palinórfos (Lange, 1967; Daemon *et al.*, 1967).

A distribuição da Série Campos Gerais na Bacia do Paraná é ilustrada pela Fig. 1, onde se observa que seus sedimentos se acham preservados em uma faixa, de direção NW-SE, que se estende de Goiás ao Paraná. Sua máxima espessura, detectada no poço 2-CS-1-PR (Chapéu do Sol estratigráfico, n.º 1), é de 752 m. Em superfície, as maiores espessuras são encontradas no Estado do Paraná, onde não atinge os 500 m. É indicado como holoestratotipo o intervalo 3128-4196 m do poço 2-CS-1-PR, excluídos os diabásios intrusivos mesozóicos presentes nos intervalos: 3165-3168 m; 3192-3317 m; 3397-3400 m; 3433-3471 m; 3518-3574 m; 3642-3696 m; 3940-3944 m; e 3957-4080 m.

A Série Campos Gerais corresponde integralmente ao Sistema Devoniano de Northfleet *et al.* (1969).

Série Rio Tietê Além das discordâncias devoniana e pré-mesozóica, o topo da Formação Irati é o único horizonte da Bacia do Paraná com significância estrutural. Isso resulta da persistência e da contemporaneidade desse marco lito-

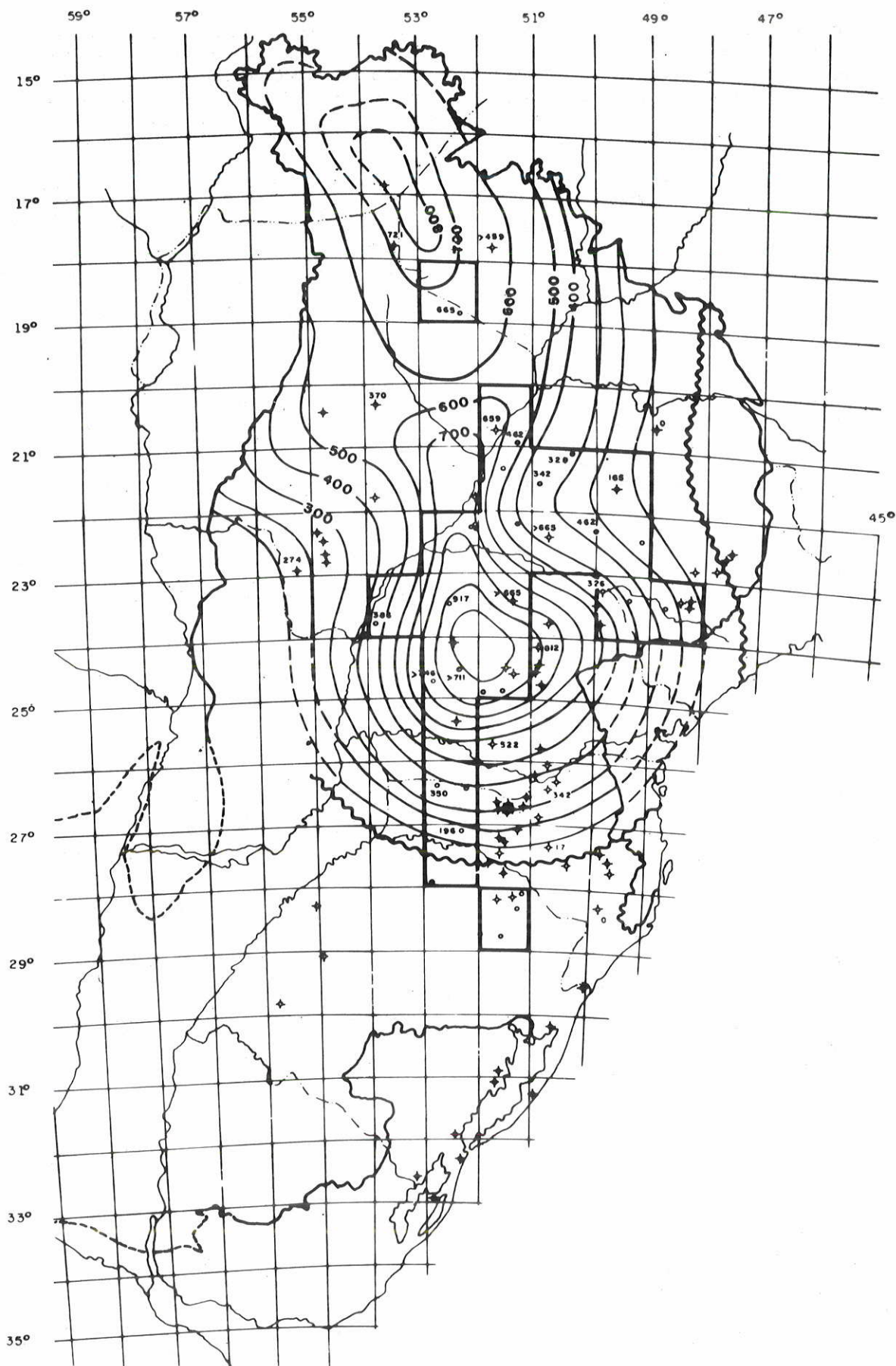


Figura 1— Mapa de Isópacas da Série Campos, Gerais

lógico através de toda a bacia. Do Rio Grande do Sul a Goiás e Mato Grosso, os inúmeros geólogos e pesquisadores envolvidos com problemas estratigráficos têm detectado o topo da Formação Irati com o melhor *datum* para a seqüência neopaleozóica desta bacia (Almeida, 1981).

Ao contrário dos demais contatos litoestratigráficos, inclusive sua própria base, o topo da Formação Irati é um contato concordante abrupto que, em termos práticos, lhe confere um caráter isócrono. Baumann (1981) atribui esta característica ao fato de a Formação Irati representar o clímax da transgressão marinha permiana e seu topo marcar o início da seqüência regressiva representada pelos demais sedimentos do Grupo Passa Dois.

Tratar-se-ia, portanto, de um evento paleogeográfico, universal na bacia, perfeitamente identificado por características físicas e paleontológicas e que representaria o evento geológico mais importante, do ponto de vista cronológico, no permocarbonífero da Bacia do Paraná.

Neste sentido, propõe-se aqui a designação de Série Rio Tietê para os sedimentos depositados no intervalo de tempo que se estende desde a implantação da bacia neopaleozóica do Paraná, ou seja, desde a discordância devoniana, até o instante geológico representado pelo topo da Formação Irati. Em termos de unidades geocronológicas internacionais, corresponde ao intervalo de tempo que se estende do Andar Stephaniano do Período Carbonífero ao Kazaniano do Permiano.

A adoção dessa unidade estratigráfica é da mais alta importância nos estudos tecto-sedimentares da Bacia do Paraná e na avaliação de seu potencial petrolífero. No primeiro caso, a Série Rio Tietê materializa a implantação da bacia neopaleozóica no continente gondiânico peneplanizado, então dominado por uma paisagem glacial em contínua transformação marinha (Landim, 1972). Na avaliação petrolífera da bacia, sua importância decorre do controle estrutural e estratigráfico imposto à migração e acumulação de hidrocarbonetos gerados no pacote sotoposto, ou seja, nos folhelhos da Formação Ponta Grossa.

Os limites da Série Rio Tietê são extremamente operacionais. O contato superior com a Série Serra do Espigão, concordante, é facilmente identificável pela presença dos folhelhos pirobetuminosos e calcários dolomíticos que identificam a Formação Irati. Paleontologicamente, a presença dos répteis *Mesosaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum* é característica. Além desses, carapaças de crustáceos, restos vegetais, restos de peixes, algas e, principalmente, palinómorfos complementam o cenário fossilífero dessa unidade. Seu contato inferior é discordante sobre os sedimentos da Série Campos Gerais e sobre rochas ígneas e metamórficas de idade pré-cambriana e eopaleozóica.

A Série Rio Tietê tem ampla distribuição em toda a Bacia do Paraná. Em termos mais adequados, dir-se-ia que a atual configuração da bacia é conferida pela distribuição dos sedimentos dessa unidade estratigráfica, como se depreende da análise de seu mapa de isópacas (Fig. 2).

Ao contrário do Devoniano, o eixo de máxima espessura orienta-se, aqui, na direção NE-SW, onde a máxima espessura, 1 625 m, foi registrada no poço 2-CB-1-SP, extremo noroeste do Estado de São Paulo. Em superfície, a maior espessura observada, 1 300 m aproximadamente, foi constatada no vale do Rio Tietê, onde a boa qualidade das exposições justificaram a escolha desse termo geográfico para a designação da unidade cronoestratigráfica em proposição. Indica-se como holoestratotipo para a Série Rio Tietê o intervalo 3 220-4 973 m do poço 2-CB-1-SP, excluídos os

diabásios presentes. Como para-estratotipo indica-se a seção exposta na Rodovia do Açúcar (SP-308).

A Série Rio Tietê correlaciona-se com as séries Carbonífero Superior, Permiano Inferior, Permiano Médio e, parcialmente, Permiano Superior de Northfleet *et al.* (1969).

Série Serra do Espigão A Série Serra do Espigão é aqui proposta para designar os sedimentos depositados no intervalo de tempo que se estende desde o instante geológico representado pelo topo da Formação Irati até o final do Paleozóico.

Corresponde parcialmente à Série Permiano Superior de Northfleet *et al.* (1969). O termo Serra do Espigão foi usado anteriormente e de modo informal por Gama Jr. (1979) para designar o trato de sistemas deposicionais do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati). Essa utilização puramente genética não compromete agora sua formalização como unidade estratigráfica. O termo Serra do Espigão deriva do acidente geográfico do mesmo nome no Estado de Santa Catarina, onde esta seqüência se apresenta bem exposta.

A Série Serra do Espigão assenta-se de forma concordante sobre a Série Rio Tietê, sendo recoberta, por discordância, por sedimentos e derrames basálticos de idade mesozóica.

As características físicas e paleontológicas desse pacote sedimentar conferem à unidade proposta a necessária operacionalidade de uso, permitindo fácil identificação de seus limites. Pelecípodes, conchostráceos, restos de plantas e palinómorfos constituem a assembléia fossilífera deste andar. Os pelecípodes são os mais abundantes, destacando-se predominantemente os gêneros autóctones: *Pinzonella*, *Jackesia*, *Leinzia*.

O registro paleobotânico é representado por *Lycopodiopsis*, *Lycospodiphlois* e impressões de *Glossopteris* e *Gangamopteris*.

A Fig. 3 ilustra a distribuição da Série Serra do Espigão na Bacia do Paraná, onde se observa a persistência do padrão de subsidências herdado da Série Rio Tietê. A maior espessura observada é de 1 323 m no poço 2-RP-1-PR. Em superfície, as espessuras variam em torno de 400 m nos Estados do Paraná e Santa Catarina. Como estratotipo da Série Serra do Espigão indica-se a seção presente no poço 2-RP-1-PR entre as profundidades de 1 018 e 2 475 m.

Correlação universal A correlação das unidades cronoestratigráficas regionais aqui propostas com a escala cronoestratigráfica universal é mostrada na Fig. 4.

Baseou-se, essencialmente, nos trabalhos bioestratigráficos realizados por diversos autores e publicados em farta bibliografia, além de dados recém-adquiridos na perfuração de novos poços profundos no centro da bacia.

É interessante destacar que, assim como a Série Rio Tietê da Bacia do Paraná, o Andar Somoholoan da Nova Zelândia inclui igualmente sedimentos de idade carbonífera e permiana da escala cronoestratigráfica universal.

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS A litoestratigrafia aqui adotada é a proposta por Schneider *et al.* (1974) com uma única simplificação introduzida por Fulfaro *et al.* (1980), qual seja a não-adoção da subdivisão do Grupo Itararé nas formações Rio do Sul, Mafrá e Campo Tenente. Estas unidades não se mostraram operacionais além de suas áreas-tipo, mantendo-se, em decorrência, o Itararé na categoria de formação. A par disso, não se alterou nenhuma

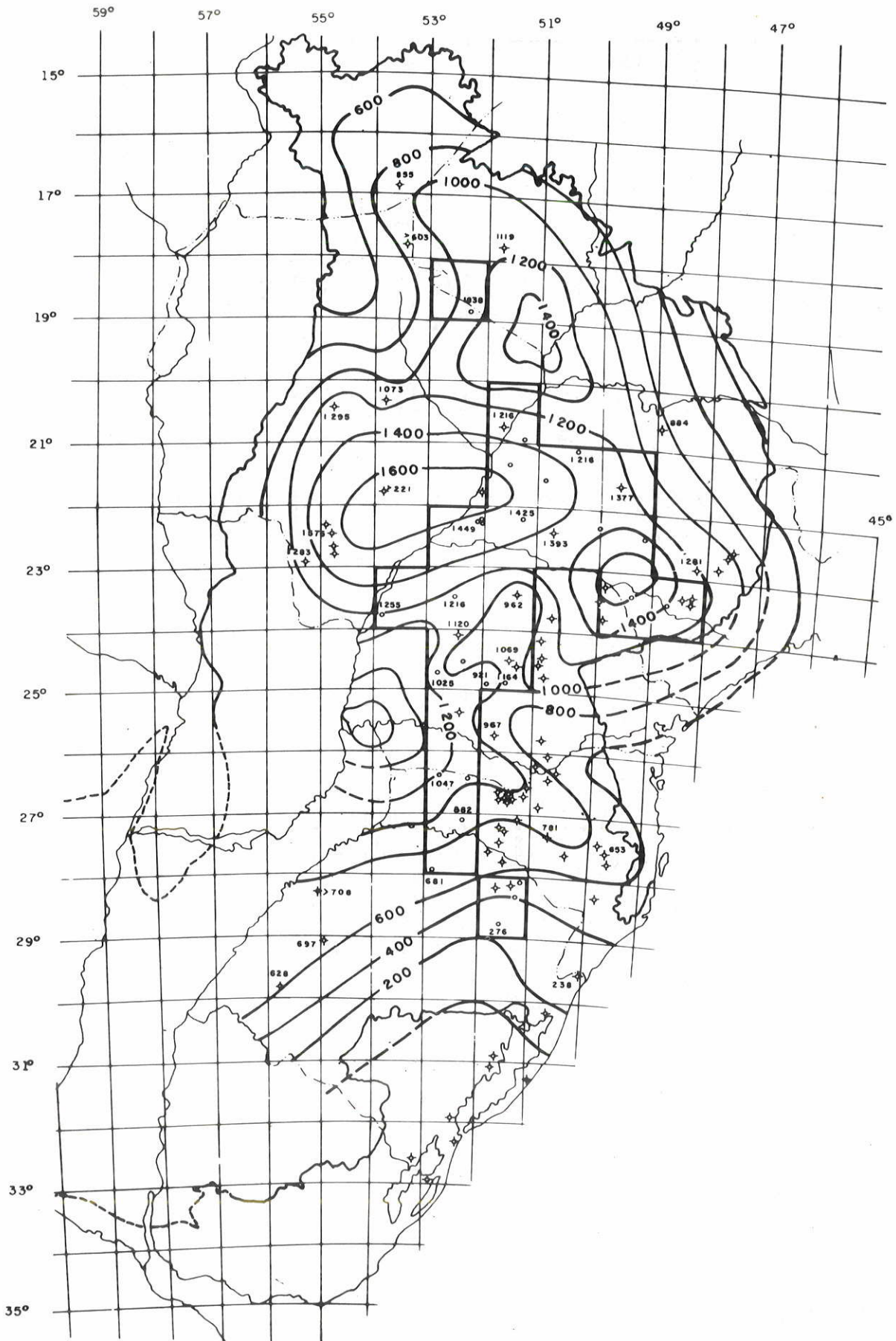


Figura 2 – Mapa de Isópachas da Série Rio Tietê

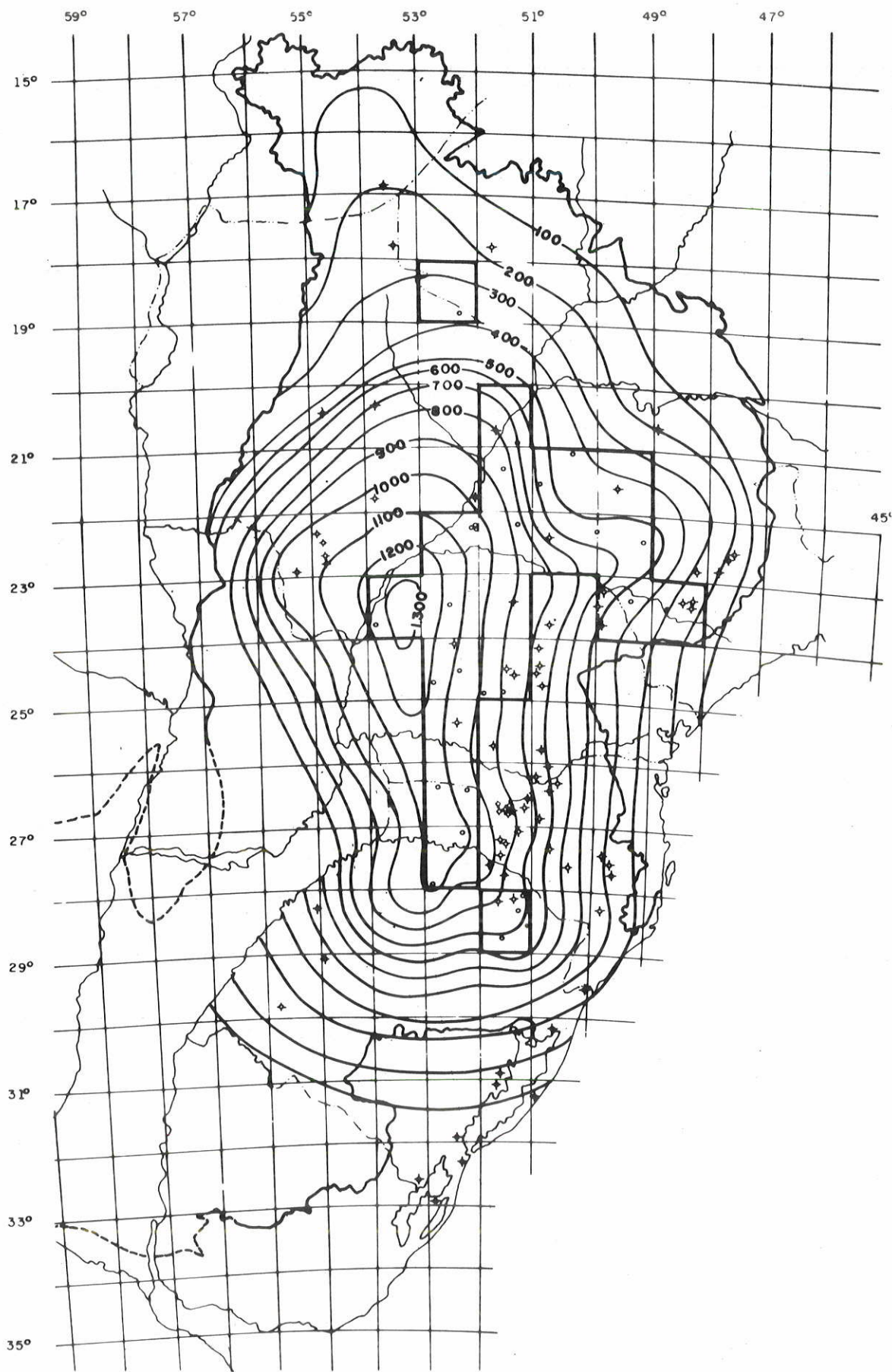


Figura 3 – Mapa de Isópachas da Série Serra do Espigão

CLASSIFICAÇÃO ESTRATIGRÁFICA									
PRINCIPAIS EVENTOS OROGÊNICOS		TEMPO GEOOLÓGICO	EON	ERATEMA	SISTEMA	SÉRIE	CLASSIFICAÇÃO UNIVERSAL	CLASSIFICAÇÕES	
		PERÍODO	ERA	PERÍODO	ERA	ÉPOCA	EUROPA	AMÉRICA DO NORTE	LOCAIS
H	V	PERMIANO	P	PERMIANO	P	SUPERIOR	TARTARIANO (CHIDERUANO)	DJULFIANO	NOVA ZELÂNDIA
E	A		A		A	TARDIO	THURINGIANO	OCHOANO	BACIA DO PARANÁ
R	R		R		R	INFERIOR	KAZANIANO	AMARASSIANO	SERRA DO ESPÍGÃO
C	C		C		C		KUNGURIANO	BASLEANO	
I	I		I		I		ARTINSKIANO	TAË WEIANO	
O	O		O		O		SAXONIANO	LEONARDIANO	RIO TIETÊ
Z	Z		Z		Z		AUTUNIANO	BITAUNIANO	
O	O		O		O		SAKMARIANO	WOLFCAMPIANO	SOMOHOLAANO
I	I		I		I		ORENBURGIANO		
C	C		C		C		GZELIANO		
O	O		O		O		MOSCOVIANO		
Z	Z		Z		Z		URALIANO		
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				
O	O		O		O				
I	I		I		I				
C	C		C		C				

definição ou critério de delimitação das unidades litoestratigráficas.

A coluna estratigráfica da Fig. 5 foi elaborada em forma de diagrama tempo-espço. Esta forma de representação sintetiza a distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas, conforme constatadas nos poços perfurados até a presente data na Bacia do Paraná. Algumas relações estratigráficas, particularmente entre as unidades mesozóicas e paleozóicas, presentes na faixa de afloramentos, não se acham incluídas na coluna estratigráfica dado seu caráter local e pequena representatividade no conjunto da bacia.

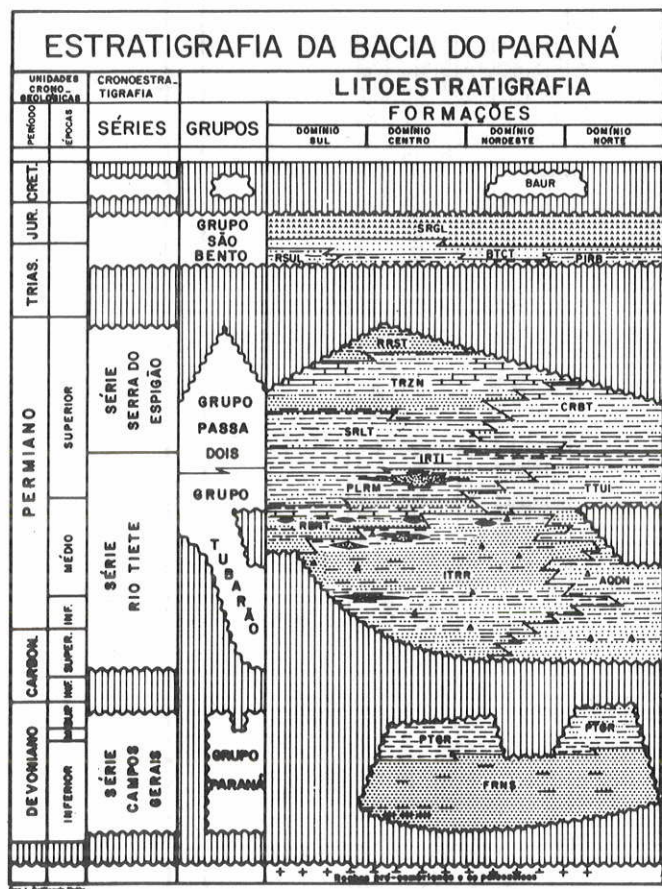


Figura 5 — Estratigrafia da Bacia do Paraná

A coluna estratigráfica elaborada nessa forma apresenta inúmeras vantagens sobre a forma clássica de representação. Permite rapidamente visualizar a real distribuição e as relações estratigráficas das unidades-rocha, elementos fundamentais para a compreensão da evolução tectônica e sedimentar de uma bacia. Na prospecção de petróleo, essa forma de representação se reveste de uma maior objetividade, pois sintetiza as relações entre possíveis geradoras e reservatórios e as relações temporais com os principais eventos tectônicos. No Brasil, essa prática estratigráfica já foi adotada para todas as bacias marginais, onde a prospecção de petróleo mais intensa forneceu os dados geológicos necessários para sua elaboração. As exceções são as bacias paleozóicas.

Uma vantagem adicional é evitar erros conceituais derivados das premissas embutidas na forma clássica de representação. Esta induz à errônea concepção dos tempos da *layer cake geology* de que as unidades litoestratigráficas possuem necessariamente forma tabular, distribuição universal na bacia e uniforme empilhamento vertical.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL Grupo Paraná O Grupo Paraná insere-se integralmente na Série Campos Gerais com suas duas formações, Furnas e Ponta Grossa, mostrando uma distribuição vertical variável ao longo da bacia. Essa distribuição é controlada predominantemente por fatores erosivos pós-deposicionais.

No domínio sul, seus sedimentos estão ausentes por erosão provocada pelo soerguimento mais intenso dessa área durante o final do Devoniano e Carbonífero. Na direção norte, este soerguimento é progressivamente menos intenso e mesmo subsidente, permitindo a preservação de ambas as formações no domínio centro. Embora a correlação entre os sedimentos Furnas seja inconclusiva, a riqueza de fósseis e bons marcos de correlação da Formação Ponta Grossa demonstram que a seqüência devoniana é retrogradacional em contato concordante e diácrono entre suas formações. A Formação Ponta Grossa é progressivamente mais nova em direção ao domínio norte, onde se acha preservada a maior espessura de sedimentos de idade frasniana.

No domínio nordeste, a preservação de sedimentos foi menor pela maior intensidade erosiva pós-deposição que removeu parcialmente a Formação Ponta Grossa, mesmo na parte central da bacia.

Grupo Tubarão Este grupo apresenta complexo quadro estratigráfico. Inserindo-se integralmente na Série Rio Tietê, a distribuição das formações do Grupo Tubarão, ao contrário do precedente, é predominantemente controlada por fatores deposicionais.

Sua deposição inicia-se durante o Stefaniano no domínio norte e nordeste, estendendo-se progressivamente até o domínio sul, onde os primeiros depósitos já são de idade Permiano Médio. Nesta área, a Formação Rio Bonito assenta-se sobre o embasamento do Arco Sul-Riograndense progredando sobre a Formação Itararé nos domínios centro e nordeste (Fig. 6).

O contato entre ambas é concordante e diácrono, sendo mais antigo no sul e mais novo em São Paulo. A Formação Aquidauana representa uma mudança lateral de fácies da Formação Itararé no domínio norte.

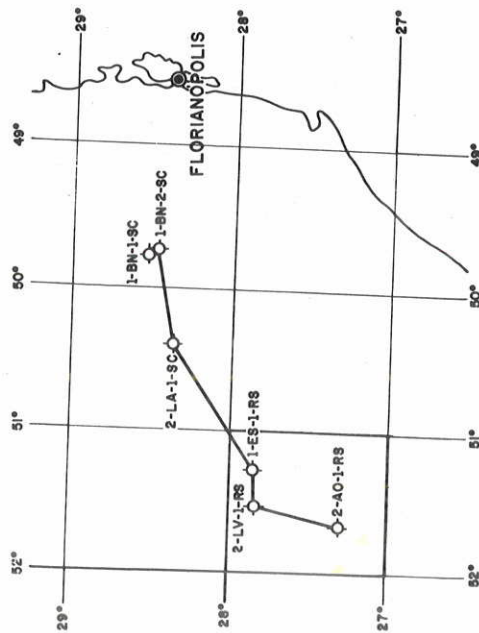
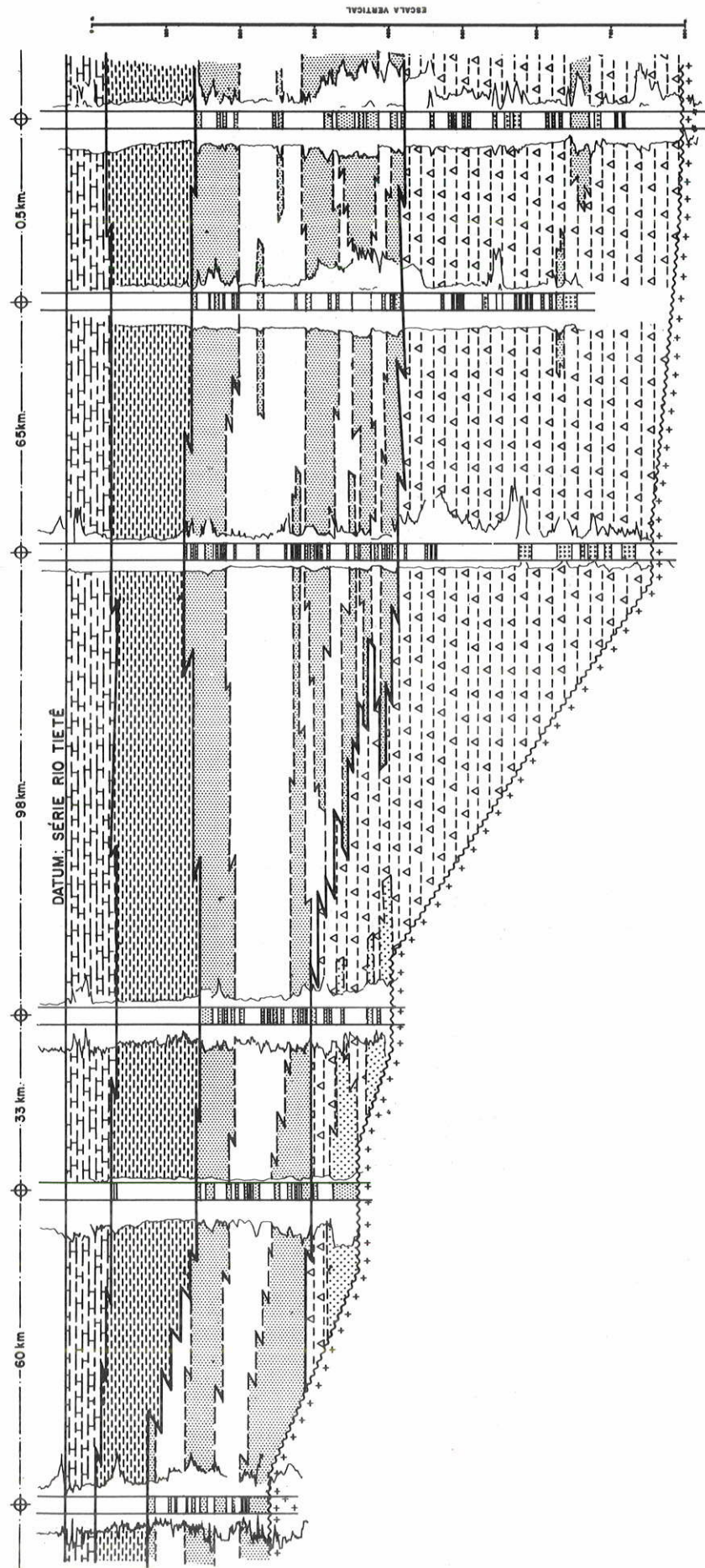
As formações Palermo e Tatuí completam o quadro estratigráfico deste grupo. A primeira assenta-se em contato concordante sobre a Formação Rio Bonito nos domínios sul e centro, passando ambas lateralmente para a Formação Tatuí. A Fig. 7 ilustra essas relações estratigráficas pela correlação de poços de São Paulo e Paraná.

No domínio norte, a Formação Tatuí apresenta contato discordante com a Formação Aquidauana.

É interessante salientar que, no domínio nordeste, a Formação Itararé apresenta, sotoposta a diamictitos, uma seqüência arenosa que se correlaciona com os arenitos da Formação Rio Bonito no domínio centro. Essa situação estratigráfica acha-se presente nos poços TB-1-SP, LA-1-SP e AR-1-SP, bem como na Rodovia Raposo Tavares próximo à cidade de Itapetininga.

Grupo Passa Dois O Grupo Passa Dois, constituído pelas formações Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto, assenta-se de forma concordante sobre o Grupo Tubarão em toda extensão da Bacia do Paraná.

Em relação ao tempo, estende-se da Série Rio Tietê à Série Serra do Espigão. A distribuição espacial de suas formações é resultante de fatores deposicionais e erosivos. Estes últimos decorrentes antes do assoreamento da bacia depo-



MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA SEÇÃO

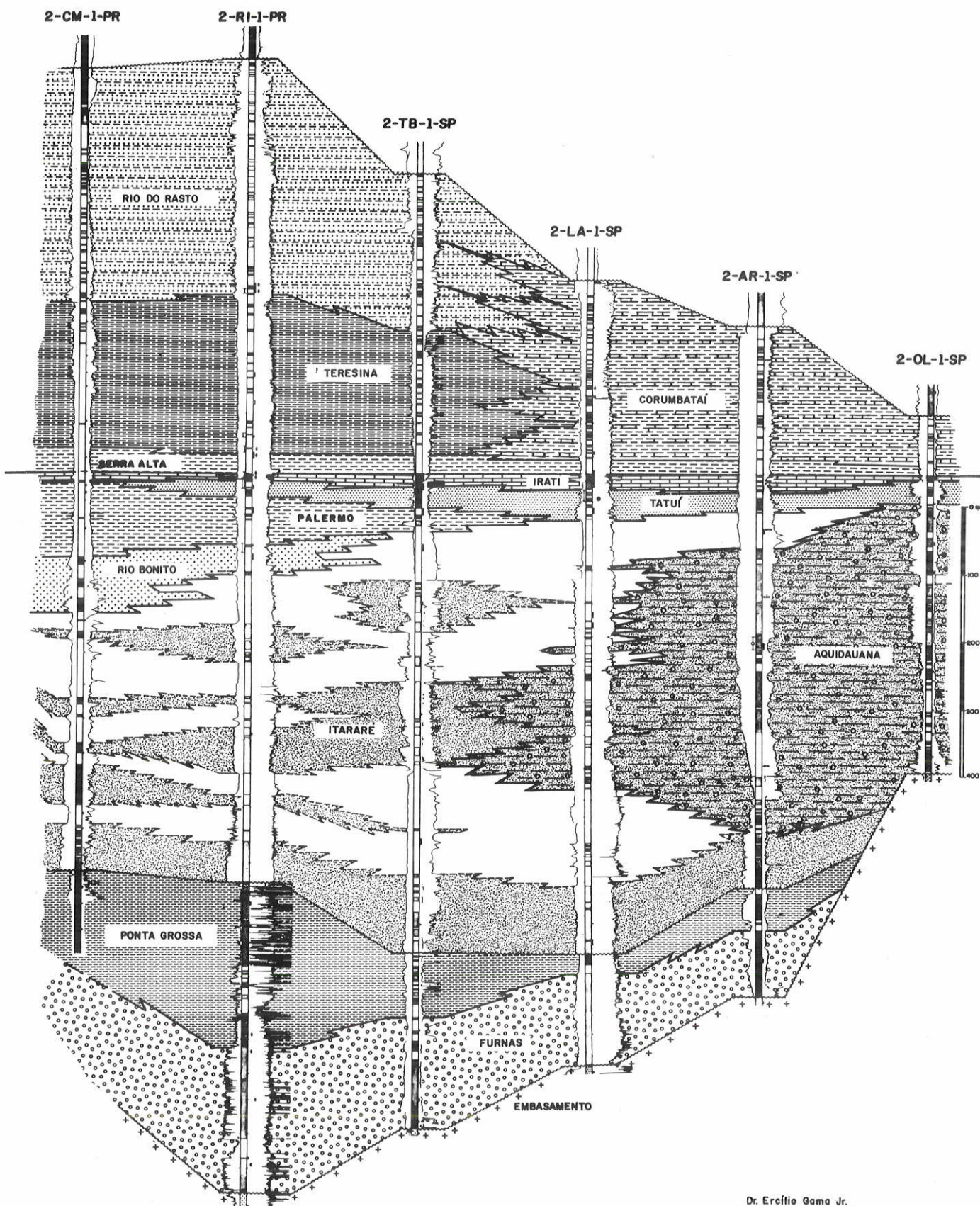
Figura 6 - Seção estratigráfica sobre o Arco Sul-Riograndense. Datum: Série Rio Tietê

- GID -

GRUPO DE INTEGRAÇÃO DE DADOS

Dr. Ercilio Gama Jr.
Geólogo Resp. Técnico

-CONVENÇÕES -					
	IRATI	PALERMO	RIO BONITO	ITARARÉ	EMBASAMENTO
- FORMAÇÕES -					



Dr. Erelbio Gama Jr.
Geólogo Resp. Técnico

Figura 7 – Seção estratigráfica Paraná/São Paulo. Datum: Topo da Série Rio Tietê

sional permiana superior (Gama Jr., 1979) que de um soerguimento de natureza tectônica da Bacia do Paraná.

A Formação Irati possui ampla distribuição horizontal na bacia como decorrência da grande estabilidade tectônica de então e a baixíssima taxa de sedimentação. As formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto possuem seu maior desenvolvimento no domínio centro, passando lateralmente para a Formação Corumbatai em São Paulo.

Esta relação estratigráfica é mais conspícua com a Formação Teresina uma vez que a Formação Serra Alta persiste

mais intensamente no domínio nordeste e a Formação Rio do Rasto acha-se parcialmente erodida em São Paulo.

Todo o Grupo Passa Dois é recoberto por discordância pelas formações Pirambóia e Botucatu.

Agradecimentos Agradecendo a todos quantos contribuíram com sugestões e críticas para a elaboração deste trabalho, registramos nosso reconhecimento às contribuições dos geólogos Vicente José Fulfaro e Paulo César Soares, e da paleontóloga Vilma A. Campanha.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de — 1980 — Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil. São Paulo, Paulipetro, 187 p., il. (Relatório IPT n.º 14091).
- BAUMANN, P. — 1981 — Petroleum Evaluation of Paraná Basin. São Paulo, Paulipetro, 3 v. (Relatório RT 033/81).
- BIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R. e MARQUES F.º, P.L. — 1966 — Estruturas e Texturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. Boletim da Universidade Federal do Paraná, Curitiba (18), julho.
- BEURLEN, K. — 1955 — As formações gondwânicas do sul do Estado do Paraná. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, (153):1-52.
- CASTER, K.R. — 1952 — Stratigraphic and paleontologic data relevant to the problem of Afro-American ligation during the Paleozoic and Mesozoic. *Bul. Amer. Museum Nat. History*, New York, (3):105-152.
- DAEMON, R.F. e QUADROS, L.P. — 1970 — Bio-estratigrafia do neo-paleozóico da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXIV, Brasília, 1970, *Anais*, Brasília, SBG, pp. 359-412, il.
- DAEMON, R.F., QUADROS, L.P. e SILVA, L.C. da — 1967 — Devonian palynology and biostratigraphy of the Parana Basin. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, (21/22):99-132.
- FULFARO, V.J., GAMA JR., E.G. e SOARES, P.C. — 1980 — Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. São Paulo, Paulipetro, 155 p., il. (Relatório BP 008/80).
- GAMA JR., E.G. — 1979 — A Sedimentação do Grupo Passa Dois (inclusive Formação Irati) um modelo geomórfico. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 9 (1):1-16.
- HEDEBERG, H.D. — 1980 — Guia Estratigráfico Internacional. Editorial Reverté S.A., 205 p.
- KRUMBEIN, W.C. e SLOSS, L.L. — 1963 — Stratigraphy and Sedimentation. San Francisco, H. Freeman & Co., 660 pp.
- LANDIM, P.M.B. — 1972 — Upper paleozoic glaciation in the north-eastern Parana Basin, Brazil (Tubarão Group). In: International Geological Congress, 24, Montreal, 1972. *Proceedings*, Montreal, Theme D, part 3, pp. 406-414.
- LANGE, F.W. — 1954 — Estratigrafia e idade geológica da Série Tubarão. Arquivo do Museu Paranaense, Curitiba (Geologia, 2).
- LANGE, F.W. — 1967 — Biostratigraphy subdivision and correlation of the Devonian in the Parana Basin. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, (21/22):63-98.
- MAACK, R. — 1946 — Geologia e Geografia da região de Vila Velha (Estado do Paraná) e considerações sobre a glaciação carbonífera no Brasil. *Arquivos do Museu Paranaense*, Curitiba, (5), 305 p.
- MORAES RÊGO, L.F. — 1930 — O petróleo no Estado de São Paulo. In: Serviço Geológico Mineralógico do Brasil. Relatório Anual do Diretor. Rio de Janeiro, pp. 7-18.
- MUHLMANN, H., SCHNEIDER, R.L., TOMMASI, F., MEDEIROS, R.A., DAEMON, R.F. e NOGUEIRA, A.A. — 1974 — Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXVIII, Porto Alegre, *Anais*, Porto Alegre, SBG, 1974, 1:41-65.
- NORTHFLEET, A.A., MEDEIROS, R.A. e MUHLMANN, H. — 1969 — Reavaliação dos Dados Geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás*, Rio de Janeiro, 12(3):291-346, jul./set.
- OPPENHEIN, V. e MALAMPHY, M.C. — 1936 — Sobre a Tectônica da área de São Pedro — Charqueada Brasil. Avulso, Serviço de Fomento da Produção Mineral, DNPM, Rio de Janeiro (7).
- PETRI, S. — 1948 — Contribuição para o estudo do Devoniano Paranaense. São Paulo, Faculdade de Filosofia e Ciências e Letras, Tese de Doutorado.
- RICHTER, R. e RICHTER, E. — 1942 — Die Trilobiten der Weimsschichten am hohen Venn, mit Bemerkungen ueber die malvinocaffrische Provinz. *Secknbergiana* 25(1/3):156-179.
- ROCHA CAMPOS, A.C. — 1967 — The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Parana Basin. International Symposium on Gondwana Stratigraphy Paleontology, 1, Mar del Plata, 1967. *Proceedings*, "Problems in Brazilian Gondwana Geology", Inst. Geociências da Universidade Federal do Paraná, pp. 27-95.
- SANFORD, R.M. e LANGE, F.W. — 1960 — Basin study approach to oil evolution of Parana miogeosyncline, South Brazil. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, Tulsa, 44(8):1316-1370.
- SCHNEIDER, R.L. et al. — 1974 — Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. Congresso Brasileiro de Geologia, XXVIII, Porto Alegre, SBG, 1974, *Anais*, Porto Alegre, SBG, 1974, 1:41-65.
- SHENCK, H.G. e MULLER, S.W. — 1941 — Stratigraphic terminology. *Geological Society America Bulletin* 52:1419-1426.
- VAN EYSINGA, F.W.B. — 1978 — Geological Time Table. Amsterdam, The Northlands, Publishing Co.
- WHITE, I.C. — 1980 — Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Rio de Janeiro.

Recebido em 27 de agosto de 1982