

ASSOCIAÇÕES LITOLÓGICAS DO SUBGRUPO ITARARÉ E SUA INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL

PAULO CESAR SOARES*, PAULO MILTON BARBOSA LANDIM*, OSMAR SINELLI**, EBERHARD WERNICK*, FU-TAI WU* e ALBERTO PIO FIORI*

ABSTRACT This paper presents the results of a detailed geological survey of the middle and upper parts of Itararé Subgroup, in Tietê region, northeast part of Paraná Basin.

The upper part of Itararé Subgroup is characterized by four lithologic associations: I conglomeratic sandstone, shale, limestone, coal and fluvial diamictite; II diamictite, rhythmite and glacial sandstone; III sandstone and siltstone of littoral and deltaic origin; IV mudstone, muddy sandstone, rhythmite of deeper and calm water submitted to turbidity current process. These associations are discriminated by proper sedimentary structures, although being interfingering.

The associations I and II represent the advance of the continental fluvial (I) and platform (III) sedimentation, over a golf like marine water body with basin deposits of calm water and turbidity current (IV). The association II represent the glacial deposits that were locally reworked by marine and fluvial waters.

INTRODUÇÃO A presente investigação teve por objetivo examinar as associações litológicas das partes média e superior do Subgrupo Itararé, estabelecer as relações entre as diferentes fácies, mapeá-las e definir seu significado genético.

A estratigrafia do Grupo Tubarão tem sido objeto de diversas pesquisas e constitui um problema de difícil solução. A subdivisão inicial Itararé e Tatuí, para o Estado de São Paulo, como glacial e pós-glacial respectivamente é a divisão mais aceita (Washburne, 1930; Mendes, 1962; Petri, 1964; Rocha-Campos, 1967; Soares, 1972; Landim, 1973). Os trabalhos mais importantes na divisão estratigráfica do Tubarão do Estado de São Paulo foram os de Barbosa e Almeida (1949) e Almeida e Barbosa (1953), nos quais o pacote de sedimentos com contribuição glacial é subdividido em formações: Itu, Capivari, Gramadinho e Tietê, e dado o nome de Formação Itapetininga, para a seqüência pós-glacial.

Essa divisão foi uma corajosa abordagem do problema referente à estratigrafia do Grupo Tubarão e os autores apresentaram uma boa contribuição ao tema. Entretanto algumas falhas importantes contribuíram para que os resultados fossem subestimados e entrassem em desuso. Dessas falhas, lembramos: a idéia de que alguns "tilitos" seriam contínuos e o uso desses corpos como horizontes-chaves, para delimitar formações com a conseqüente subdivisão em cinco formações, muito detalhada para que pudesse ser realizada no campo ou em poços, sem contatos nítidos; a utilização de apenas um perfil de poço (Araquã), para caracterizar as unidades e atribuir-lhes intervalos típicos; a inclusão de sedimentos atribuíveis à Formação Aquidauana, fácies do Itararé, (Soares, 1972; Soares e Landim, 1973) no membro Tupi da Formação Itapetininga, tornando indefinido o limite do ciclo glacial com o pós-glacial.

A diversidade e variabilidade de litologias do Itararé, a ausência, à primeira vista, de limites entre diferentes tipos litológicos ou mesmo de diferentes associações litológicas,

*Departamento de Geociências, F.F.C.L., Rio Claro, UNESP

**Departamento de Geologia, F.F.C.L., Ribeirão Preto, USP

conduzem os estudiosos dessa unidade a situações bastantes difíceis em estratigrafia, ou seja, um pacote com aproximadamente 1 000 m de espessura parece não apresentar um horizonte ou um intervalo de litologias que mantenha continuidade lateral e individualidade. Há alguns anos temos verificado, porém, existir uma tendência de domínio de um ou outro tipo litológico (Andrade e Soares, 1971; Soares e Landim, 1973) e constatamos que o Itararé apresenta três pacotes em que dominam tipos diferentes de litologias. O *pacote inferior*, na parte inferior, apresenta folhelhos rítmicos e ritmitos, subsidiariamente diamictitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos. Na *parte superior*, dominam arenitos texturalmente imaturos ou estratificados, com teor de matriz muito variável, grãos brilhantes e angulares, intercalando corpos de diamictitos. O *pacote médio* é caracterizado pela dominância de siltitos, ritmitos e diamictitos. O *pacote superior* é essencialmente de arenitos grosseiros e conglomerados, ocorrendo também diamictitos, etc. Todavia todas essas litologias ocorrem em todos os pacotes e nisso reside a dificuldade de, diante de um ou dois afloramentos, dizer em que nível do Itararé nos encontramos.

Nessa investigação procuramos detalhadamente discernir associações litológicas cuja ocorrência fosse restrita a determinadas fases de evolução da Bacia (Soares *et al.*, 1974) durante o tempo Itararé, ou seja, a intervalos definidos dessa unidade. Dessa forma, numa área pequena (Fig. 1), isto é, nas quadrículas de Capivari, Porto Feliz e Laranjal Paulista, fizemos inicialmente, com a ajuda de 35 estudantes do Curso de Geologia de Rio Claro, matriculados em 1974, no 6.º período, um inventário dos afloramentos, com descrição sucinta das litologias e estruturas sedimentares e a elaboração de um mapa geológico preliminar. Foram levantados em torno de 1 200 pontos. Como segundo passo, tentamos separar corpos litológicos em fotos na escala 1:25 000 e 1:60 000. Dois problemas surgiram: a existência, localmente, de coberturas colúviais, mascarando as propriedades fotolíticas e a movimentação tectônica. Contudo foram definidas algumas variações laterais, tais como diamictitos para ritmitos, arenitos para diamictitos arenosos, etc. De posse desse tipo de informações, realizamos uma análise e interpretação preliminar de afloramentos selecionados, com coleta de amostras para estudos de laboratórios. Visamos com esse trabalho descobrir associações litológicas comuns e estabelecer os processos responsáveis por sua formação. Como exemplo, verificamos que corpos de arenitos grosseiros conglomeráticos tinham geometria em forma de canal, ocorriam intercalados em bancos de arenitos não tão imaturos e verticalmente passavam para ritmitos e folhelhos. Estabelecidas as principais associações litológicas, o objetivo foi estabelecer uma disposição estratigráfica. O passo seguinte foi a busca de características fotolíticas que permitissem a separação das diferentes associações litológicas, sendo possível então individualizar algumas dessas associações. Realizamos em seguida novo estudo detalhado, interpretativo, de afloramentos selecionados, completando a coleta de amostras de arenitos para estudo petrológico. A fase final do trabalho consistiu na confecção de perfis geológicos das áreas com maior densidade de informações, mapas finais, interpretação dos resultados e conclusões.

Geologia regional A área estudada situa-se no flanco nordeste da Bacia do Paraná e, para o Grupo Tubarão, fica bem-delineada uma sub-bacia Paraná-norte, separada da sul pelo Arco de Ponta Grossa (Landim, 1973). Esse estudo refere-se à parte norte, flanco oriental. A área pode ser melhor definida como situada no eixo de maior subsidência no Permocarbonífero, correspondendo à isopaca de 1 000 m, ou como a área aflorante mais próxima do centro deposicional (Fig. 1). Isso confere à área certas peculiaridades, como a pouca ocorrência de arenitos quando comparada com áreas mais a sul e mais a norte (Fig. 2).

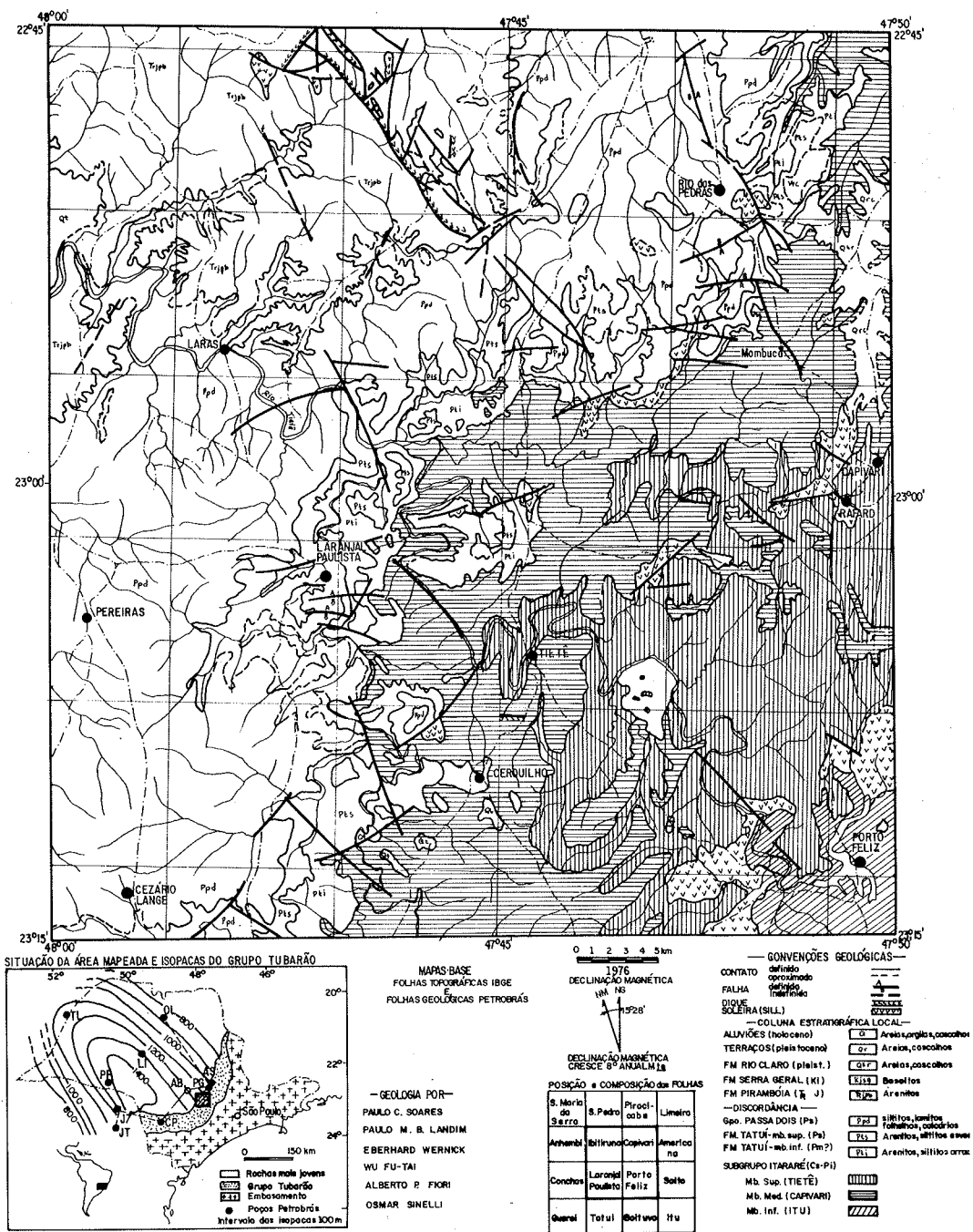


Figura 1 — Mapa geológico da região de Tietê, onde é mostrada a subdivisão do Subgrupo Itararé nos membros Tietê (superior), Capivari (médio) e Itu (inferior)

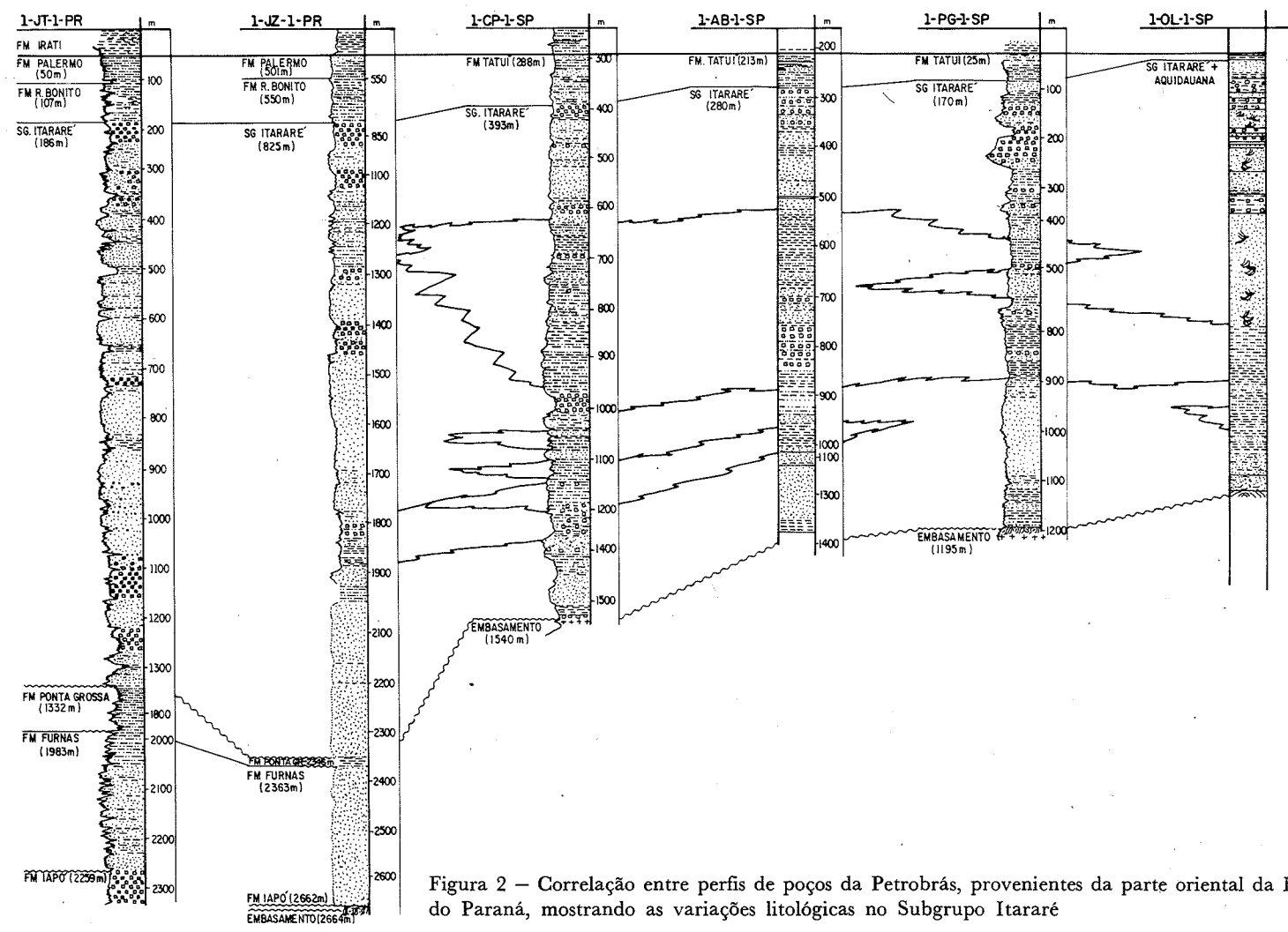


Figura 2 – Correlação entre perfis de poços da Petrobrás, provenientes da parte oriental da Bacia do Paraná, mostrando as variações litológicas no Subgrupo Itararé

Os aspectos estratigráficos regionais da bacia foram revistos recentemente por Soares e Landim (1973), à luz dos mapeamentos sistemáticos realizados no Estado de São Paulo (Andrade e Soares, 1971; Soares *et al.*, 1973). Estruturalmente, a região foi caracterizada por Soares (1974) como constituída de homoclinais com mergulhos freqüentemente alterados por falhas, pequenas dobras e intrusões.

Divisão estratigráfica do "Grupo" Tubarão A divisão do Tubarão nas "formações" Itararé, Rio Bonito e Palermo, nos estados sulinos, tem sido mantida pelos autores que trabalharam na região (Andrade e Soares, 1970; Figueiredo *et al.*, 1972; Tommasi, 1973). Recentemente, porém, Mühlmann *et al.* (1974) elaboraram uma revisão da estratigrafia da Bacia do Paraná e subdividiram essas unidades, em Santa Catarina, em três formações: Campo do Tenente, englobando o intervalo arenoso inferior; Mafra, para o intervalo médio (arenoso marinho) e Rio do Sul, para o intervalo superior.

No Estado do Paraná, especialmente na parte norte, junto ao Arco de Ponta Grossa, a divisão do Itararé nessas formações é bastante difícil. Essa dificuldade é devida ao maior conteúdo em areia em toda a unidade, que a torna homoganeamente arenosa, e à ausência parcial do intervalo médio por erosão ou não deposição (Daemon e Quadros, 1970). A sugestão de uma sub-bacia do Paraná-norte, durante o Permocarbonífero, é apresentada em Sanford e Lange (1960) e claramente exposta em Fúlfaro (1971). No Estado do Rio Grande do Sul, as ocorrências esparsas de mistitos e de arenitos marinhos do Itararé permitem subdividi-lo não em formações, mas em fácies, conhecidas como Suspiro e Budó respectivamente (Figueiredo *et al.*, 1972). No Estado de São Paulo, a divisão do Tubarão, segundo Barbosa e Almeida (1949), nas formações Itu, Capivari, Gramadinho, Tietê e Itapetininga, posteriormente acrescida da Formação Elias Fausto, por Barbosa e Gomes (1958), pode ser resumida da forma a seguir.

Formação Itu Arenitos grosseiros a finos, conglomeráticos; varvitos, folhelhos e siltitos, diamictitos próximo à base.

Formação Elias Fausto "Tilitos", arenitos.

Formação Capivari Arenitos e siltitos, intercalações de folhelhos; conglomerados locais e seixos pingados.

Formação Gramadinho "Dois conjuntos de tilitos, separados por arenitos, folhelhos e varvitos"; seixos pingados.

Formação Tietê Arenitos grosseiros a finos, siltitos e folhelhos; localmente conglomerados; lentes de calcário e camadas de carvão; diamictito próximo ao topo.

Formação Itapetininga *Membro Tatuí*: arenitos finos e siltitos micáceos; sílex e cor verde. *Membro Tupi*: arenitos e siltitos argilosos, com freqüente estratificação cruzada; seixos e blocos; cor vermelho-chocolate.

O valor dessa divisão está no fato de haver caracterizado distintos pacotes e lhes haver atribuído nomes; mas a inexistência de continuidade lateral de alguns pacotes e a ausência de limites definidos entre um e outro, para merecer a designação de formações, constitui seu aspecto negativo. A inexistência de camadas-guias que permitam estabelecer a equivalência dos corpos litológicos aflorantes em pontos distantes põe em dúvida a classificação desses autores.

As colunas litológicas do Itararé, nas regiões sul, centro-leste e norte do Estado de São Paulo, são apresentadas na seção da Fig. 2, que permitem verificar a variação lateral das litologias. Como já foi dito, a sucessão de formações no sentido de Almeida e Barbosa é uma classificação artificial e dificilmente, senão impossível, se conseguiria encontrar os limites dessas unidades. Por outro lado, é perceptível a maior frequência de corpos arenosos na metade inferior e nos últimos 100-200 m. Podemos, assim, subdividir o Itararé em três pacotes baseados nas porcentagens de arenitos, como já citado anteriormente (Andrade e Soares, 1971, e Soares e Landim, 1973). O pacote inferior corresponde aproximadamente à Formação Itu; o médio, às Formações Elias Fausto, Capivari e Gramadinho e o superior, à Formação Tietê. A designação de "formação" a esses pacotes deve aguardar trabalhos de mapeamento, em área maior, que esclareçam melhor os contatos entre uma e outra unidade.

Outro aspecto interessante é a rápida mudança de fácies lateralmente. O acréscimo de areias nessa unidade, à medida que nos afastamos do eixo da sub-bacia Paraná-norte, é até certo ponto surpreendente quando a comparamos às unidades superiores.

Associações litológicas A área investigada é muito pequena e não permite estabelecer normas estratigráficas válidas para todo o flanco nordeste da Bacia. Essa investigação detalhada permite, entretanto, esclarecer aqueles aspectos ligados à faciologia das unidades estratigráficas com grande diversidade litológica, estabelecendo modelos que poderão ser testados em outras áreas. Destacam-se a caracterização dos limites das unidades das associações litológicas e seu inter-relacionamento e significado paleogeográfico.

Litologias, tais como as descritas, são encontradas em toda a seção do Itararé e isso constitui a maior dificuldade na subdivisão dessa unidade. Não há um tipo litológico exclusivo de um outro intervalo. O estudo dos afloramentos na área permitiu, porém, estabelecer certos conjuntos de litologias que ocorrem associadas e apresentam significado genético. A disposição estratigráfica dessas litologias está representada nos perfis levantados (Figs. 3, 4 e 5). As associações litológicas descritas a seguir referem-se aos intervalos médio e superior da área estudada (Tab. I).

ASSOCIAÇÃO I Essa associação está ilustrada na Fig. 6. É constituída de arenitos desde conglomeráticos, grosseiros, passando, para cima, a finos, muito finos, siltitos arenolamíticos localmente com laminação rítmica contendo restos vegetais e raramente calcário cinza. Essa associação ocorre em ciclos com espessura variável entre 2 a 15 m. Os arenitos apresentam estratificação cruzada de médio a grande porte, passando a pequeno porte e plano-paralela. Os sedimentos finos da parte superior apresentam laminação plano-paralela, mais raramente marcas de onda e microlaminação cruzada. A sucessão completa nem sempre está presente. Os conglomerados da base do ciclo são constituídos de seixos de grande diversidade de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Os arenitos são feldspáticos, apresentando pouca matriz argilosa quando estratificados. Em alguns locais, ocorrem finos leitos de carvão, mais raramente em camadas de até 0,50 m. O intervalo de laminação plano-paralela pode apresentar diamictitos em proporções variáveis de areia, lama e cascalho.

ASSOCIAÇÃO II Essa associação é caracterizada pela presença de arenitos e diamictitos. Os diamictitos são dominantes e apresentam gradações de lamito conglomerático para lamito arenoso conglomerático e arenito lamítico levemente conglomerático. De modo geral, apresentam-se maciços, podendo ocorrer localmente incipiente acamamento e exibirem planos de escorregamento. Os arenitos são feldspáticos, às vezes líticos, e ocorrem

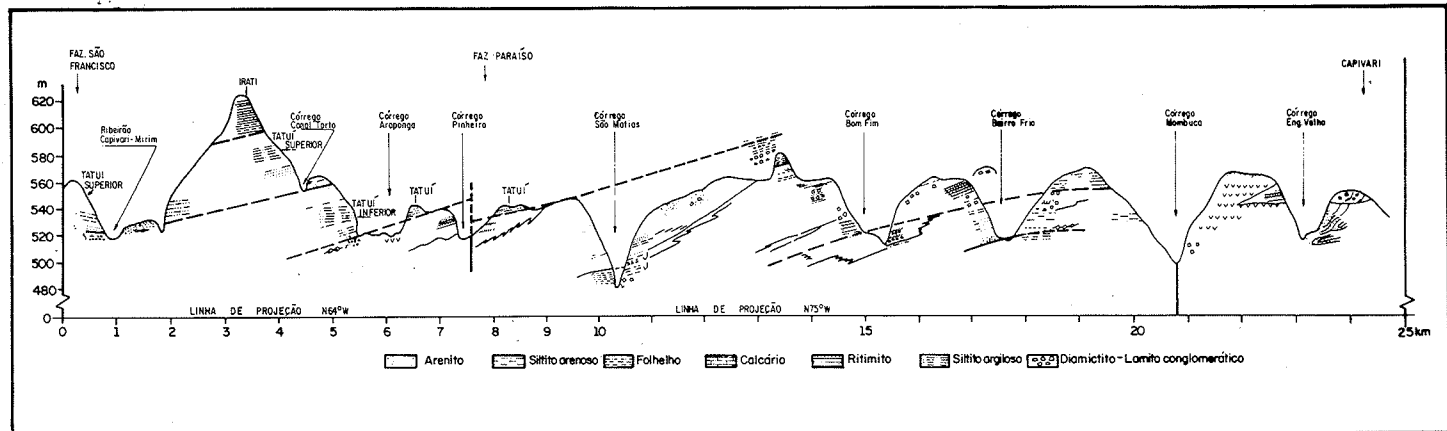


Figura 3 – Perfil geológico entre Capivari e a rodovia SP-127

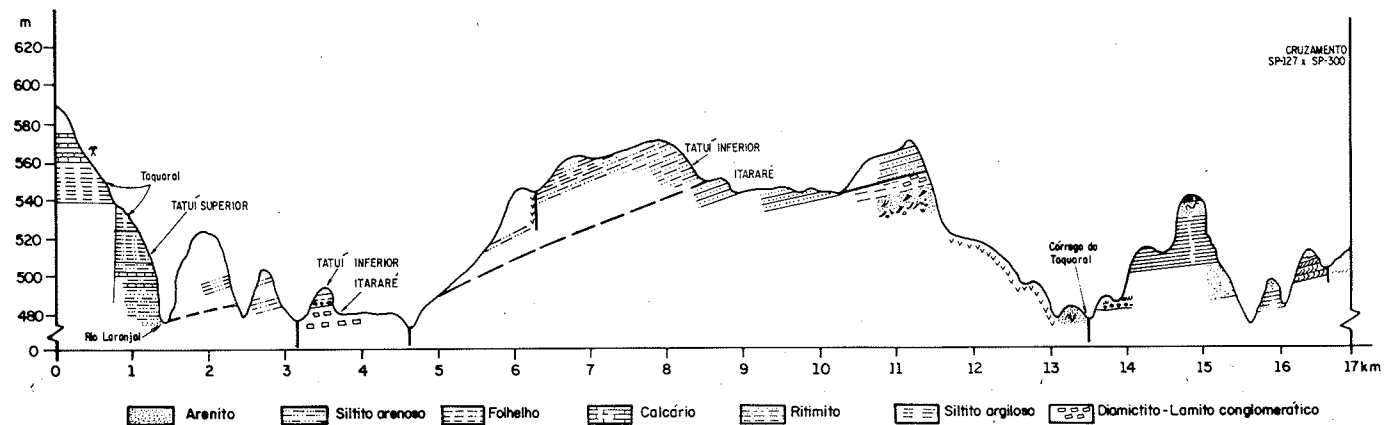


Figura 4 – Perfil geológico ao longo da rodovia SP-300, entre Tietê e Laranjal Paulista

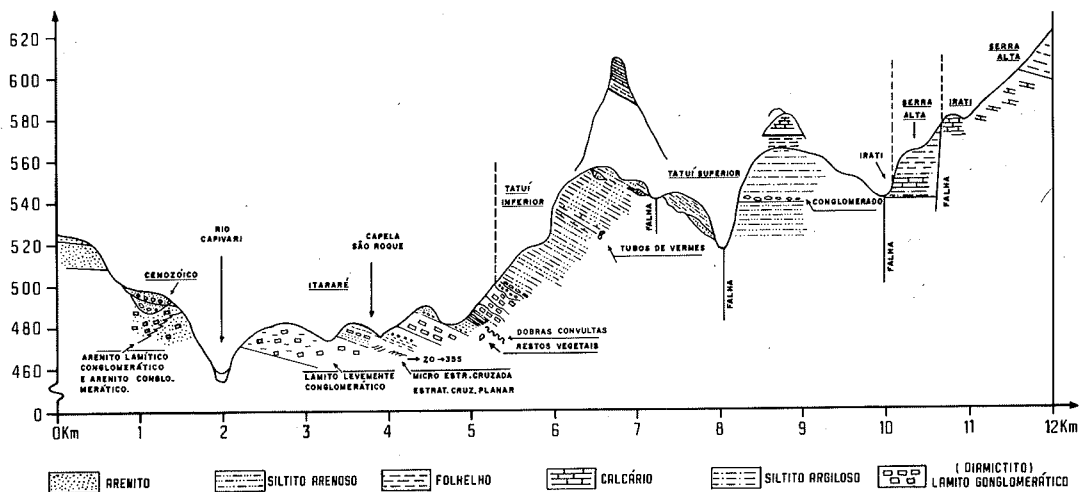


Figura 5 – Perfil geológico ao longo da rodovia Tietê-Piracicaba

Tabela I – Características sedimentares das associações litológicas do Subgrupo Itararé (parte superior)

	Notações	Associação I	Associação II	Associação III (Interna)	Associação III (Externa)	Associação IV
Granulométricos	Seixos e grânulos	A	A	R	R	C
	Areia média à muito grossa	A	C	R		R
	Areia muito fina à média	C	R	C	C	C
	Silte	C	R	C	C	C
	Argila	C	C	R	R	C
Estratigráficas e litológicas (parte superior)	Estratificação cruzada, canais	A	R	R		
	Microfaminação cruzada	C	R	A	A	C
	Marcas de ondas de correntes	C	R	A	A	C
	Marcas de ondas oscilatórias	R	C	R	C	C
	Groover Cast	R	R	R	C	C
	Flaser			C		
	Raspas de argila	C	C			
	Flute marks	R	R	R	C	C
	Camada gradacional	R			C	C
	Pillow (assimétricas)			R	A	R
	Dátipos (assimétricos)			R	A	R
	Camadas contorcidas	R	C	R	C	A
	Laminação convoluta		C		C	A
	Marcas de sobrecarga simétricas	C	C	R	R	C
	Dobras de escorregimento	R	C	R	R	C
	Planos de escorregimento		C		R	C
	Pseudo Nódulos			C		
	Flame	R		C	C	C
	Pistas fósseis		C		R	C
	Fósseis marinhos			R		
	Gretas de contração			R		
	Fragmentos de lamitos	C	C			A
	Concreções limoníticas	C	C			R
Concreções calcáreas				R	C	
Seixos pingados		C			R	
Laminação rítmica		C			A	
Constituintes minerais e litológicas (parte inferior)	Feldspato	C	R	R	R	A
	Fragmentos de rochas vulcânicas		R			
	Fragmentos de rochas metamórficas	C	C			R
	Fragmentos de rochas plutônicas	R	R			C
	Fragmentos de rochas sedimentares	A	A			C
	Mica	R		C	R	
	Cimento calcário	R				R
	Cimento silicoso	R		C	R	
Cimento limonítico	R					

A = abundante

C = comum

R = raro

sob a forma de lentes pequenas, camadas ou pacotes espessos de até 15 m. Texturalmente os arenitos apresentam grande variabilidade, porém é comum ocorrerem camadas e lentes de arenitos com seleção boa e com pouca matriz. Os grãos são subangulares e angulares, brilhantes. Nas pequenas lentes, é comum a laminação estar contorcida. Nos corpos maiores, domina a estratificação plano-paralela ou estrutura maciça; são frequentes as estruturas deformacionais, camadas dobradas, microfalhas, marcas de sobrecarga e estruturas diapíricas. O contato dos arenitos com os diamictitos são gradacionais e, em parte, bruscos através de planos de escorregamento.

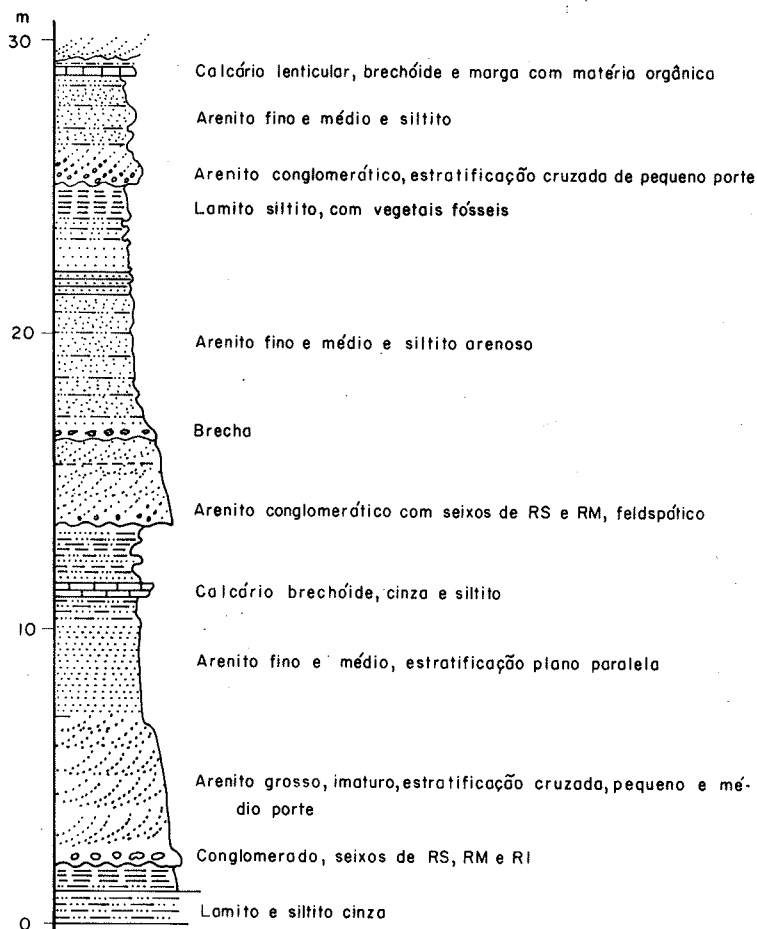


Figura 6 - Seção típica da associação I (ciclos fluviais)

Os diamictitos podem apresentar abundantes seixos e matacões, dominando os de quartzito e metarcósio, com diâmetros variáveis, atingindo valores superiores a 1 m. Às vezes gradam para arenitos grosseiros conglomeráticos, pela lavagem da matriz lamítica, permanecendo, na fração de clastos, predominantemente os seixos de quartzito e quartzito.

Podem ocorrer associados espessos corpos de lamito maciço a incipientemente laminados, pacotes de ritmitos com pelitos finos e mais raramente laminação contorcida, contendo de seixos a matacões esparsos (pingados). Parece ser mais comum a coexistência dos arenitos com os lamitos e ritmitos em contatos abruptos, mas ocorrem também dia-

mictitos com matriz predominantemente arenosa gradando para lamito-arenosa, com raros grânulos, e para ritmitos.

A associação pode estar representada por intercamamento de bancos de espessura inferior a 1 m de lamito arenoso conglomerático maciço, portando seixos e matacões, e de arenito conglomerático, maciço ou com estratificação plano-paralela, contendo, tanto em um como no outro, lentes de arenito de cor marrom-escuro. Seixos facetados e estriados estão presentes, porém não são comuns. De modo geral, apresentam bom arredondamento.

Podemos incluir, nessa associação, as ocorrências de arenitos lamíticos, levementes conglomeráticos, com acamamento paralelo, com abundantes deformações pós-deposicionais, tais como dobras recumbentes, falhas, planos de escorregamento, associados a diamictitos arenosos com planos de escorregamento, e lamitos com laminação quase totalmente destruída por movimentos pós-deposicionais, com planos de deslize.

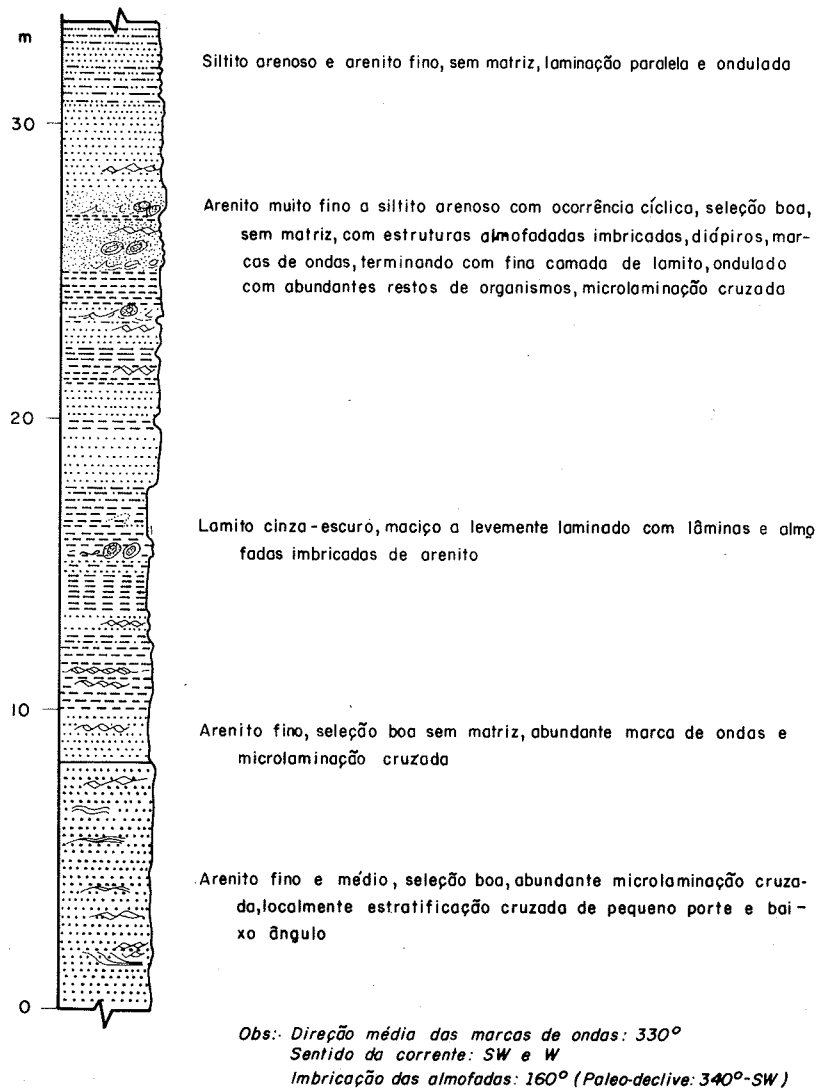


Figura 7 - Seção típica da associação II

ASSOCIAÇÃO III Essa associação compõe-se predominantemente de siltito e arenitos de granulação fina e muito fina, raramente pacotes com granulação média. Tanto o siltito como os arenitos apresentam boa seleção; são quartzosos e às vezes, micáceos. Ocorrem em pacotes espessos. Os siltitos são maciços ou com incipiente laminação intercalando finas camadas mais arenosas. Quando alternados com arenitos, ocorre abundância de estruturas sedimentares, especialmente marcas de onda e microlaminação cruzada. As cores dominantes são geralmente claras: siltito cinza-claro e arenito branco. Em alguns locais, na associação siltito-arenito, o siltito apresenta-se finamente interlaminação com folhelho.

Algumas ocorrências mostram uma ciclicidade formada por arenito muito fino, bem-selecionado, gradando para siltito arenoso, siltito e argilito, sobre o qual recorre. Na base do arenito, ocorre uma disposição regular de marcas de sobrecarga e diapiros gradando lateralmente para almofadas de areia, às vezes, exibindo imbricação e indicando o movimento sobre a camada subjacente (Fig. 7). Os arenitos e siltitos mostram abundantes marcas de onda simétricas e assimétricas e *flute marks*, exibindo, na superfície ondulada, rastros de organismos.

Em outras ocorrências, os siltitos com marcas de ondas são recobertos por fina lâmina argilosa com fendas de ressecamento. Nos sulcos das ondulações, foram encontradas novas marcas onduladas secundárias transversais. A característica principal dessa associação é a boa seleção dos arenitos e a abundância de estruturas de corrente.

ASSOCIAÇÃO IV Essa associação é representada por intercamamentos de arenitos com ritmitos e/ou lamitos e lamitos levemente conglomeráticos (Fig. 8). Os arenitos são maciços ou com aleitamento gradacional. Variam, da base para o topo, desde grosseiro, raramente conglomeráticos, a siltitos arenosos. São comuns marcas de onda e marcas de sola produzidas por escavações longitudinais (*groove cast*) e por sobrecarga (*pillow, flame*), e também grãos de fragmentos de rocha. A espessura desses arenitos pode alcançar 5 m, podendo ser centimétrica ou milimétrica. No intervalo com laminação rítmica, é comum a presença de marcas de onda, microlaminação cruzada, laminação contorcida e planos de deslize com camadas amarrotadas. Esse intervalo apresenta espessuras variáveis, podendo atingir mais que um metro. A espessura do par pode atingir 5 cm. Em alguns casos, não é distinto o intervalo rítmico da própria associação arenito-ritmito. Às vezes pacotes superiores a 1 m podem estar dobrados por deformações pós-deposicionais, apresentando dobras sinclino-anticlinais, imbricadas e recumbentes. É freqüente a presença de grãos e grânulos nos leitos de argila; seixos pingados são raros.

Em alguns afloramentos, uma interessante disposição estrutural dessa associação pode ocorrer. Há uma alternância de pacotes de arenitos, com espessura entre 1 e 2 m, com arenitos e ritmitos dispostos ciclicamente. Os bancos podem ser de arenitos maciços, de granulação grosseira a fina, mal-selecionados, diamícticos, líticos, ricos em grãos de argila e fragmentos de argila, com microestratificação cruzada passando a convoluta, em rápidas variações laterais; subsidiariamente intercalam-se camadas finas de arenitos finos pouco lamíticos, com seleção moderada a boa.

É freqüente, nessa associação, a ocorrência de pacotes espessos de lamitos levemente conglomeráticos, maciços ou com zoneamentos de fluxo, planos de escorregamento fortemente inclinados, com estrias e degraus de deslize, grandes almofadas e bolas de arenito com seleção boa, raras concreções calcárias, apresentando redução ou, mais raramente, aumento no tamanho dos seixos para cima (esses seixos raramente atingem tamanho superior a 15 cm).

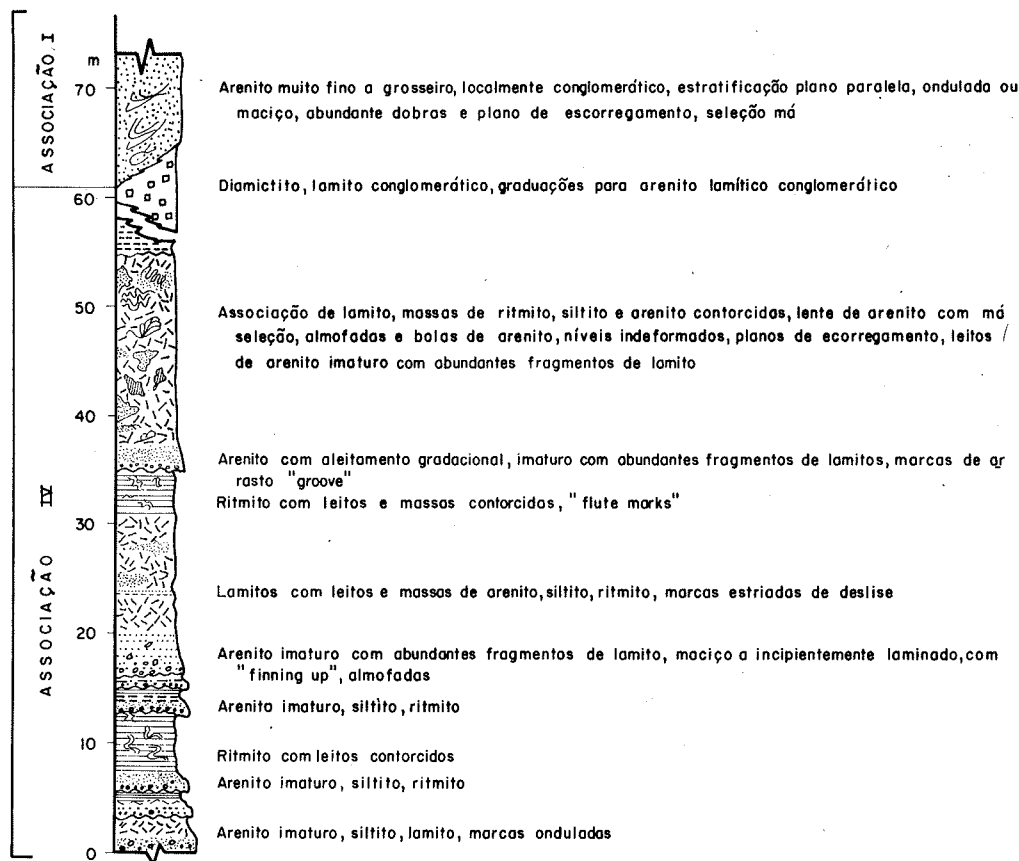


Figura 8 - Seção típica da associação IV

Fácies e ambientes sedimentares do Subgrupo Itararé As associações litológicas descritas têm uma distribuição regular, no pacote estudado do Subgrupo Itararé, que corresponde aproximadamente à metade superior de sua espessura. A associação III ocorre no intervalo médio. A associação I restringe-se à parte superior. A associação II domina no intervalo superior e interdigitada, acima e localmente abaixo da associação I. A associação IV domina na parte basal do intervalo estudado. As relações entre uma associação e outra são bastante complexas, refletindo a coexistência de ambientes e processos diversificados, conforme pode ser observado no esboço paleogeográfico da Fig. 9.

A associação litológica I é interpretada como representativa de fácies fluviais. Os depósitos de arenitos e conglomerados realizaram-se no leito de rios com alta competência, na base dos canais, em condições de regime de fluxo superior. O suprimento em clásticos, de todos os tamanhos, era rápido e a fonte próxima, o que impedia a maturação dos sedimentos. Os arenitos com estratificação cruzada também pertencem à fácies de canal de rios meandrantas, depositados em barras de canal ou de pontal. As imaturidades textural e mineralógica destes arenitos refletem o curto transporte e rápida deposição. Os arenitos, com estratificação plano-paralela, os siltitos e os lamitos depositaram-se, durante inundações, na planície aluvial. Enxurradas episódicas depositavam sedimentos com grande variedade de classes texturais, sem seleção do material suprido pela fonte, intercalando,

nessa fácies de transbordamento, sedimentos diamícticos. Em meandros abandonados e baixios da planície aluvial, formavam-se lagos e havia sedimentação de clásticos finos, com acamamento rítmico refletindo a ciclicidade do suprimento; localmente, nesses baixios, o desenvolvimento de vegetação permitiu a fossilização de folhas, troncos e até mesmo a formação de camadas de carvão. Algumas dessas acumulações foram posteriormente removidas pela migração de canais, redepositando fragmentos de material carbonoso em arenitos dessa fácies. Localmente o afinamento para cima da granulação do ciclo fluvial chega a culminar com a presença de calcário siltico, parcialmente oolítico com matéria carbonosa. Acreditamos que esses calcários foram depositados pelo avanço de condições litorâneas sobre a planície aluvial.

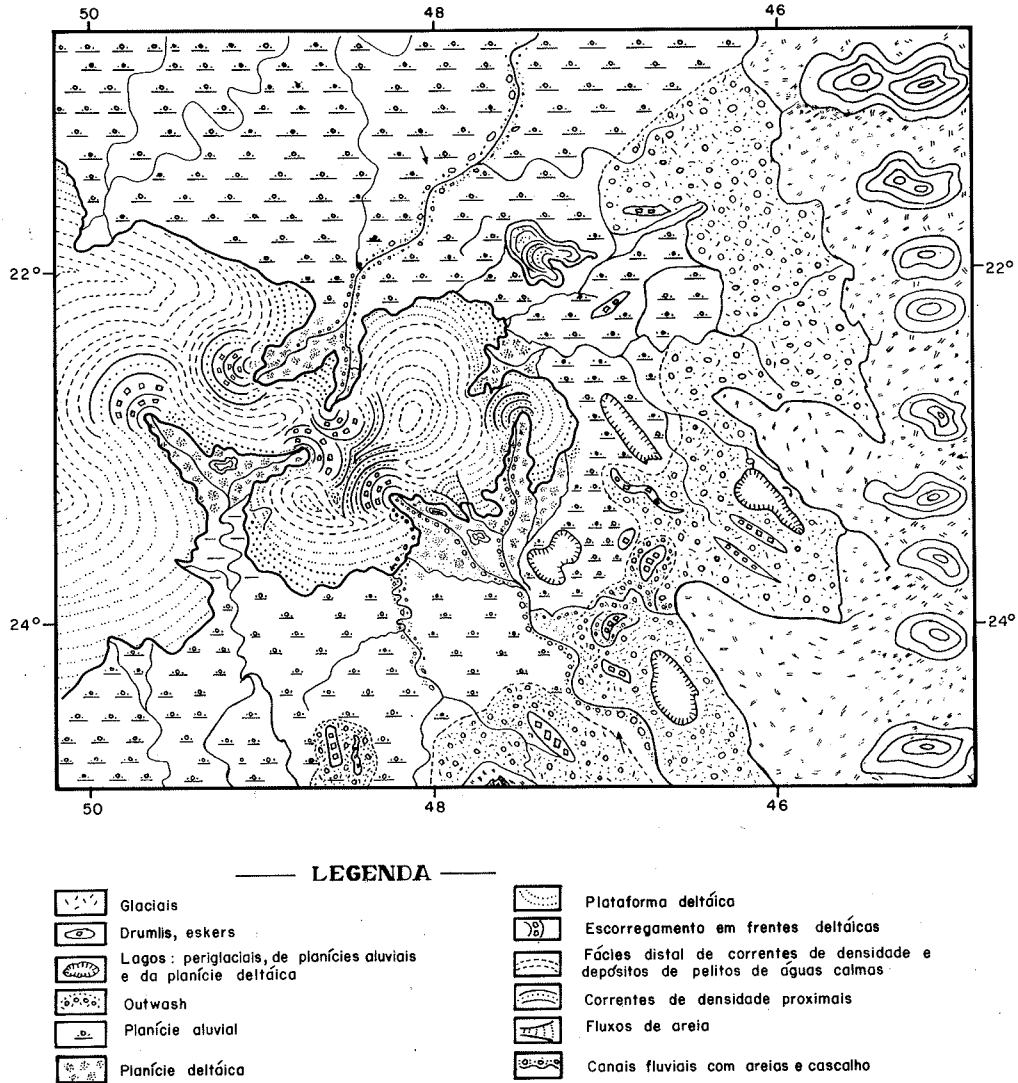


Figura 9 — Esboço paleogeográfico para a deposição regressiva da parte superior do Subgrupo Itararé

A associação litológica II é interpretada como o resultado do retrabalhamento local de *tills*, em planície aluvial periglacial (planície de *outwash*); seriam depósitos mais próximos da frente de lobos glaciais. Os diamictitos conservaram no local, características de *till*, feições tipo eskers e *drumlins*, passando gradativamente para arenitos diamicticos, por processos de lavagem inicial. Os ritmitos associados são interpretados como depósitos em lagos periglaciais, refletindo a ciclicidade no suprimento derivado do degelo. Blocos de gelo flutuantes deixaram episodicamente, nesses lagos, seixos e até matacões de mais de 1 m de diâmetro. As deformações em arenitos conglomeráticos fluviais, nesse intervalo, são interpretadas como produzidas por movimentos de lobos glaciais.

Os arenitos muito finos e os siltitos da associação III parecem representativos de sedimentação ocorrida em três ambientes que não puderam ser separados: planície de maré, praias e plataforma. A boa seleção dos arenitos e siltitos indica que o agente atuava por longo tempo sobre o sedimento, com intensidade constante em certos intervalos, produzindo a recorrência cíclica de arenitos finos, siltitos e argilas. No ambiente de planície de marés, mais restrito, produzia-se um intercamamento centimétrico de areias finas, muito finas, com abundantes marcas de onda e microlaminação cruzada, e de lamitos de cor cinza, às vezes exibindo gretas de contração e rastos de organismos. Nessa fácies não ocorrem estruturas em almofadas ou bolas de areia. São comuns estruturas do tipo *flame* e pseudo-nódulos. Essa fácies apresenta gradação para arenitos finos a médios com seleção boa, acamamento plano-paralelo, grãos subarredondados a arredondados, com marcas de onda e microlaminação cruzada, depositados em ambiente de praia.

Tanto uma como outra fácies apresentam gradação para os sedimentos interpretados como de plataforma deltáica. Duas fácies distintas são consideradas: a primeira, espessos pacotes de siltitos arenosos e arenitos muito finos, com pouca matriz argilosa, apresentando laminação incipiente ou maciços; a segunda, ciclos de arenito muito fino gradando para cima a siltitos e lamitos, com espessura em torno de 0,5 a 1 m, e apresentando abundantes estruturas em almofadas sindeposicionais, pequenos diápiros, mais raramente marcas de onda, microlaminação cruzada e rastos de organismos. Essa segunda fácies representa condições deposicionais sobre uma superfície com declive suficiente para produzir o deslize de camada de areia sobre a lama, deformando a areia e produzindo injeção de argila. As almofadas, nesse intervalo, têm tamanho em torno de 0,5 m, com a forma ovalada ou de cilindros achatados, apresentando laminação acompanhando aproximadamente a superfície, contorcidas ou maciças. Algumas apresentam acavalamento e o plano de imbricação mergulha no sentido contrário ao declive deposicional.

Os siltitos arenosos maciços representam condições de sedimentação mais próximas do delta, onde inexistia deposição de argila. A ausência das camadas de argila, responsáveis pelo efeito lubrificante, é um fator desfavorável para o deslize e a formação das estruturas em almofadas. Hubert (1972) relaciona a existência de almofadas com o declive deposicional, verificando que, nas áreas da plataforma mais próximas do delta, essas estruturas não ocorrem porque os valores de declive são muito baixos; enquanto nas áreas mais afastadas (plataforma externa) essas estruturas são abundantes.

A associação IV representa condições de maior profundidade na bacia. O domínio dos lamitos e a ausência de estruturas de corte refletem a maior distância da área fonte e a proteção de uma lâmina d'água. A presença freqüente de estruturas produzidas por escorregamento, como planos de deslize, dobras isoclinais, dobras recumbentes, que são raras porém grandes, e almofadas, indica a sedimentação subaquática em uma superfície de deposição com forte declive. Litologias produzidas por fluxo de areia, por fluxo de lama e por fluxo de material misto, em diferentes estados de fluidez, apresentam estruturas diversas. Nessa fácies são comuns duas situações: algumas estruturas são produzidas,

contemporaneamente com a deposição ou redeposição, pelo movimento de massa, e outras são posteriores, porém contemporâneas ao processo de sedimentação. Esse é o caso das dobras, que atingem pacotes de até 1 m já depositados e que sofrem escorregamento, sem haver regeneração de sedimentos. Situação diferente é o caso dos escorregamentos com produção de fluxo maciço de grãos ou de lama, portanto seixos e correntes de densidade, redepositando com acamamento gradacional ou de forma maciça; nas áreas de redeposição próximas ao escorregamento, a mistura de argila, areia e seixos produzia os lamitos conglomeráticos ou lamitos arenosos conglomeráticos. Esse fenômeno devia ocorrer onde, além do alto declive deposicional, existia proximidade de fonte supridora de alta energia, ou seja, próxima à desembocadura dos rios. Nas bacias em situação mais distante da fonte supridora, havia deposição de lamitos, episodicamente intercalando depósitos de corrente de densidade, correspondente a turbiditos distais.

Com base na análise precedente das associações litológicas e seu significado ambiental, podemos inferir a complexidade de ambientes que caracterizou a sedimentação dessa unidade na região estudada. Em uma primeira aproximação, com base nas seções estratigráficas e nos perfis, podemos concluir que, na área estudada, há, do meio da unidade para o topo, uma tendência de ocorrência de litologias representativa de ambientes mais próximos da área-fonte. Essa sucessão de ambientes parece se dar da seguinte forma:

1.º) pequenas bacias de deposição de lamitos, ritmitos e arenitos gradacionais com abundantes movimentos gravitacionais;

2.º) plataforma de sedimentação de siltitos, arenitos lamitos com freqüentes, porém pequenos, movimentos gravitacionais;

3.º) plataformas de arenitos finos, com ausência ou ocasionais movimentos gravitacionais;

4.º) planícies litorâneas arenosas ou arenolamíticas, com eventuais intercalações de corpos lenticulares ou bancos de areias de canal;

5.º) planícies aluviais, com areias e cascalhos de canais meandantes e clásticos, de finos a grosseiros, de transbordamento e de lagos;

6.º) planícies de lavagem de depósitos glaciais, incluindo corpos de mistitos depositados por geleiras e ritmitos lacustres.

As três primeiras fácies representam deposição sob um corpo de água; as duas últimas representam condições de deposição acima do corpo d'água e a quarta representa a transição. Assim, na vertical, é encontrada uma sucessão de ambientes que deve ter existido na horizontal e representa o avanço da sedimentação continental. Essas condições paleogeográficas estão esboçadas na Fig. 9.

As características do corpo d'água, sob o qual sedimentaram-se as três primeiras fácies, não podem ser definidas de forma satisfatória, em termos de mar interior ou lago. A presença de fósseis marinhos da "fauna de Capivari" (Mendes, 1952; Rocha Campos, 1969) na terceira fácies é um indicador da presença de condições marinhas. Sua ocorrência, localizada próxima a Capivari e no poço da Petrobrás de Guareí (1 GUst-3-SP), poderia ser invocada contra a persistência das condições marinhas e a favor de uma pequena transgressão. Entretanto as associações litológicas onde ocorrem os fósseis apresentam espessuras de 100 a 200 m, na área estudada, indicando que as condições dinâmicas do corpo d'água permaneceram as mesmas por longo tempo. Por outro lado, há também a ocorrência do Euripterídio *Mastimina*, em níveis mais altos da unidade (Mezzalira, 1951), indicando a existência de condições marinhas. O fato de não se ter encontrado fósseis com maior freqüência é, a nosso ver, reflexo das condições de temperatura adversas ao desenvolvimento dos organismos, ou ainda, por redução da salinidade devido ao maior afluxo

de águas do continente. Do ponto de vista fisiográfico, o corpo d'água era um grande golfo em comunicação com o mar aberto, na parte sul da Bacia do Paraná (Frakes e Crowell, 1972), e os limites desse corpo, na parte paulista dessa bacia, à época da progradação, apresentava forma irregularmente lobada. Essa forma é inferida pela presença de intensa variação na direção dos eixos maiores das estruturas almofadas, dos planos de escorregamento e das dobras produzidas por movimentos gravitacionais e das marcas de onda.

As características dinâmicas dos processos deposicionais nas duas primeiras fácies refletem a existência de declives elevados, permitindo freqüentes deslizamentos gravitacionais. A sucessão faciológica vertical, as variações nas direções deposicionais e a existência de declives elevados são indicações suficientes para interpretar a progradação de sedimentação continental sob a forma de lobos deltáicos, derivando lateralmente e culminando com o assoreamento do golfo. Esse modelo deposicional está representado na Fig. 10.

Os sedimentos lamíticos de pró-delta, na área estudada, não são tão abundantes, porque as bacias interdeltáicas não chegaram a um grande aprofundamento nem a grande expansão; a causa dessa situação foi a intensidade de suprimento derivado de depósitos glaciais trazidos à bacia.

Na área podemos considerar o Itararé em duas subunidades: a primeira depositada sob um corpo d'água (marinho?) e a segunda, correspondente ao avanço dos arenitos flúvio-deltáicos.

O papel da glaciação, na primeira, foi fundamentalmente o de trabalhar o material na área-fonte; esse material trazido das terras altas era retrabalhado na planície de *outwash*, transportado pelos rios e suprido rapidamente pela deposição nas margens da bacia; pela existência, rara, de seixos pingados nessa unidade, podemos supor que, localmente, lobos glaciais atingiam o golfo deixando blocos flutuantes. A alta taxa de suprimento e a interposição de material fino e grosseiro criavam situações de instabilidade no declive deposicional, produzindo, próximo à costa, movimentos de massa subaquáticos, fluxos de areia, lama e cascalho, representados por diamictitos.

Ao contrário, na parte superior da seção, a contribuição da glaciação foi mais direta; corpos de diamictitos, depositados em ambientes subaéreos, representam verdadeiros tilitos ou retrabalhamento e redeposição local por correntes de alta velocidade, na planície de *outwash*.

CONCLUSÕES A área estudada, parte interior da bacia de deposição do Subgrupo Itararé, apresenta, em sua parte média, um espesso pacote de clásticos predominantemente finos que grada lateralmente para sul e para norte e, na vertical, para clásticos predominantemente grosseiros.

A grande diversidade litológica do Itararé e a ausência de camadas-guias dificultam extremamente sua divisão em formações mapeáveis, mantendo-se, portanto, a divisão do Grupo Tubarão em Formação Tatuí e Subgrupo Itararé.

A parte superior do Subgrupo Itararé apresenta quatro associações litológicas distintas, que constituem unidades genéticas com contatos interdigitados.

Associação I. Arenitos e pelitos, imaturos, fluviais de canais e transbordamento, lacustres e paludais, portanto raras camadas de carvão e calcário.

Associação II. Diamictitos, maciços ou incipientemente acamados, arenitos e ritmitos de origem glacial e retrabalhados em planícies aluviais periglaciais ou ainda em ambiente litorâneo.

Associação III. Arenitos e siltitos com boa seleção, estruturas de corrente e de movimentos gravitacionais, depositados em plataformas deltáicas.

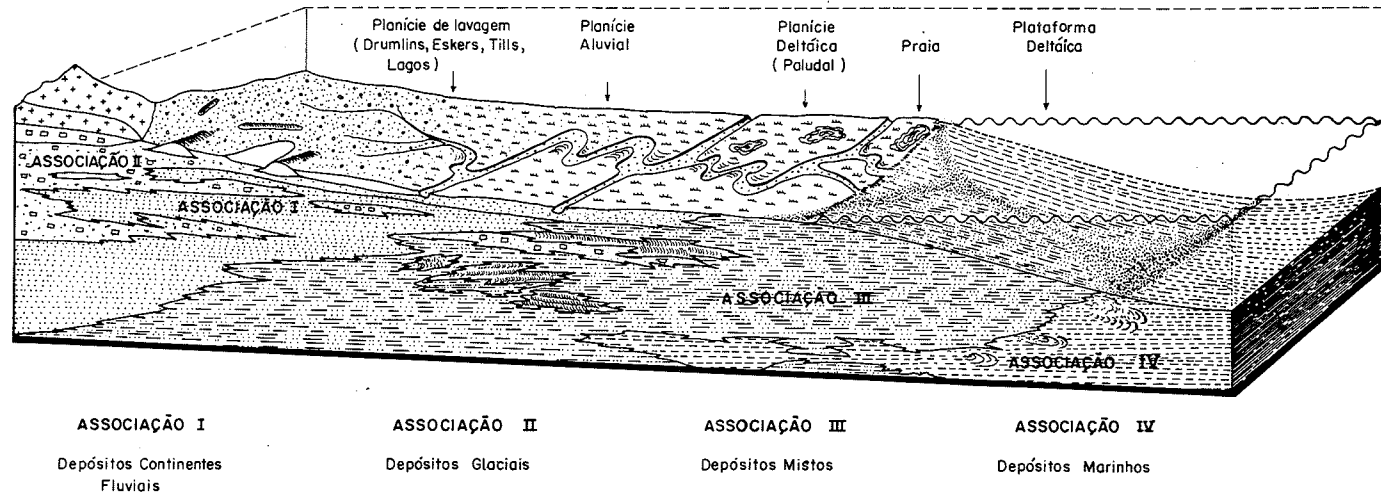


Figura 10 – Modelo deposicional para progradação de sedimentos continentais sob a forma de lobos deltáicos

Associação IV. Arenitos amícticos imaturos, lamitos, ritmitos, com abundantes feições estruturais de deslize, depositados em águas calmas, porém sob a ação de escorregamentos e correntes de turbidez.

A evolução ambiental foi caracterizada pela progradação da sedimentação clástica grosseira dos rios, sob a forma de lobos deltáicos em um golfo, sobre a plataforma deltáica e sobre as partes mais profundas da bacia, em uma fase de regressão, acompanhada por avanços e recuos dos lobos glaciais e soerguimento das áreas marginais, até o assoreamento do golfo.

A acumulação de depósitos de carvão em planícies aluviais deltáicas, na parte superior do Itararé, não foi feita em condições favoráveis, em virtude das condições de alta energia e suprimimento que caracterizaram esses ambientes, impedindo o desenvolvimento da camadas espessas.

Agradecimentos Somos gratos à Comissão Nacional de Energia Nuclear, pois, devido a um convênio para mapeamento entre essa entidade e o Departamento de Geociências da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, este trabalho foi possível.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F. F. M. e BARBOSA, O. — 1953 — Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. D.N.P.M., D.G.M., Bol. 143
- ANDRADE, S. e SOARES, P. C. — 1970 — Geologia de semidetalhe do Centro-Leste do Paraná. Petrobrás-Desul, Rel. 400 (inédito)
- ANDRADE, S. M. e SOARES, P. C. — 1971 — Geologia do Centro-Leste do Estado de São Paulo. Petrobrás-Desul, Rel. 407
- BARBOSA, O. e ALMEIDA, F. F. M. — 1949 — A Série Tubarão na Bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo. D.N.P.M., D.G.M., Not. Prel. Est., 48
- BARBOSA, O. e GOMES, F. A. — 1958 — Pesquisa de Petróleo na Bacia do Rio Corumbataí, Estado de São Paulo. D.N.P.M., D.G.M., Bol. 171
- DAEMON, R. F. e QUADROS, L. P. — 1970 — Biostratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. Anais do XXIV Congr. Bras. Geol., Soc. Bras. Geol.: 359-412
- FIGUEIREDO FILHO, P. M., BORTOLUZZI, C. A. e GAMERMANN, N. — 1972 — Problemas relacionados com os contatos das formações Neopaleozóicas no Rio Grande do Sul, Brasil. An. Acad. Bras. Ciênc. **44** (supl.): 127-138
- FULFARO, V. J. — 1971 — A evolução tectônica e paleogeográfica da Bacia Sedimentar do Paraná pela "trend surface analysis": Bol. Esc. Eng. S. Carlos, Geologia 14
- FRAKES, L. A. e CROWELL, J. C. — 1972 — Late Paleozoic glacial geography between the Paraná Basin and the Andean Geosyncline: An. Acad. Bras. Ciênc. **44** (supl.): 139-145
- HUBERT, J. F. — 1972 — "Shallow water" Prodelta Flysch-like Sequence in Upper Cretaceous Deltaic Rocks, Wyoming, and The problem of Origin of Graded Sandstones. 24 th Intern. Geol. Cong., Sec. 6: 107-114
- LANDIM, P. M. B. — 1973 — Contribuição ao estudo dos mistitos do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. Bol. Esc. Eng. S. Carlos — USP, **175**, Geol. **17**: 1-98
- MENDES, J. C. — 1952 — A Formação Corumbataí na região do Rio Corumbataí. Universidade de São Paulo, Fac. Fil. Ciênc. Letr., Bol. 145; Geol. **8**
- MENDES, J. C. — 1962 — Problemas paleogeográficos e estratigráficos do Grupo Tubarão (Carbonífero Superior). Bol. Soc. Bras. Geol., **11**(2): 71-74
- MEZZALIRA, S. — 1951 — Ocorrências do euripterídio *Hastimima* no Estado de São Paulo. D.N.P.M., D.G.M., Not. Prel. Est., 52
- MÜHLMANN, H.; SCHNEIDER, R. L.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A. e DAEMON, R. F. — 1974 — Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. An. XXVIII Congr. Bras. Geol. (no prelo)

- PETRI, S. — 1964 — Grupo Tubarão: in "Geologia do Estado de São Paulo", Bol. Inst. Geogr. Geol., **41**: 56-63
- ROCHA-CAMPOS, A. C. — 1967 — The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin: in "Problems in Brazilian Gondwana Geology", 27-102
- ROCHA-CAMPOS, A. C. — 1969 — Moluscos e Braquiópodes eogonduânicos do Brasil e Argentina. Tese de Livre-Docência apresentada à F.F.C.L., USP (inédito)
- SANFORD, M. R. e LANGE, F. W. — 1960 — Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosyncline of South Brazil. Am. Ass. Petr. Geol. Bull. **44**(8): 1 316-1 370
- SOARES, P. C. — 1972 — O Limite Glacial/Pós-Glacial do Tubarão, no Estado de São Paulo. An. Acad. Bras. Ciênc., **44** (supl.): 333-342
- SOARES, P. C. — 1974 — Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. An. XXVIII Congr. Bras. Geol. (no prelo)
- SOARES, P. C. e LANDIM, P. M. B. — 1973 — Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do do Paraná no seu flanco Nordeste. An. XXVII Congr. Bras. Geol. **1**: 243-256
- SOARES, P. C.; SINELLI, O.; PENALVA, F.; WERNICK, E.; SOUZA, A. e CASTRO, P. R. M. — 1973 — Geologia do Nordeste do Estado de São Paulo. An. XXVII Congr. Bras. Geol., **1**: 209-228
- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. e FULFARO, V. J. — 1974 — Avaliação preliminar da evolução geotectônica das bacias intracratônicas brasileiras. An. XXVIII Congr. Bras. Geol. (no prelo)
- TOMMASI, E. — 1973 — Geologia do Flanco Sudeste da Bacia do Paraná-Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. An. XXVII Congr. Bras., Geol., **3**: 179-188
- WASHBURNE, C. W. — 1930 — Petroleum Geology of State of São Paulo. Com. Geog. Geol. São Paulo, Bol. 22