

DEPÓSITOS DE CARVÃO PERMIANOS PÓS-GLACIAIS DA BACIA DO PARANÁ NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

PERMIAN POST GLACIAL COAL BEARING DEPOSITS, PARANÁ BASIN, STATE OF SÃO PAULO, BRASIL

José Alexandre J. PERINOTTO^{1,2}
Vicente José FULFARO^{1,2}

Resumo: Através de levantamentos de campo realizados em distintos projetos e da descrição de 83 testemunhos de sondagens efetuadas para a pesquisa de carvão, verificou-se a ocorrência de uma unidade estratigráfica entre o topo do Grupo Itararé e a base da Formação Tatuí/Palermo, cujo empilhamento das associações de fácies é nitidamente progradante e característico de sistema flúvio-deltaico. Pela somatória de suas características esta unidade é considerada como sendo a Formação Rio Bonito, anteriormente denominada de Formação Tietê no Estado de São Paulo. Esta unidade ocorre de forma descontínua, encaixada em paleo-vales cujos flancos, também em posição topográfica mais elevada atualmente, após a sua denudação, são constituídos por sedimentos (glaciogênicos) do Grupo Itararé. Esta paleotopografia exumada causa o fato de se encontrar tilitos aparentemente sobre a unidade portadora de carvão, o que levou a que esta unidade fosse interpretada como interglacial e pertencente ao Grupo Itararé. No entanto, interpreta-se aqui, neste arcabouço, que os tilitos encontram-se mais elevados apenas topograficamente, jazendo e estando estratigraficamente abaixo, servindo de substrato (paleo-relevo) deposicional para a Formação Rio Bonito.

Correlacionam-se, portanto, os sedimentos portadores de carvão na região de Tietê (SP) com a Formação Rio Bonito, com gênese relacionada aos deltas pós-glaciais desta unidade. Os sedimentos marinhos transgressivos da Formação Tatuí/Palermo sobrepõem-se concordantemente a esta unidade e em relação de discordância com as rochas do Grupo Itararé nos flancos e cristas dos paleo-vales.

Palavras-chave: Carvão; Permiano; Grupo Itararé; Formação Rio Bonito; Formação Tatuí/Palermo; Cerquilho/Tietê; Estado de São Paulo.

Abstract: From surface and subsurface data (GR logs and drill cores) acquired from projects for coal research it was possible to describe a post glacial stratigraphic unit positioned between the top of the glacial Itararé Group and the base of the post-glacial Tatuí/Palermo Formation (P-C of Paraná Basin) in this region of the State of São Paulo. This unit is characterized by a river dominated delta depositional system in a progradational facies associations. Based in all this unit characteristics it could be correlated to the Rio Bonito Formation in the State of São Paulo. Its occurrence is not continuous in area and these interruptions are a result of its evolutionary sedimentary history. It is believed here that the Rio Bonito sedimentation initially took place in paleo-valleys scarved in the previous stratigraphic unit and resulting in uplands constituted by rocks of the Itararé Group. The Palermo/Tatui formation (marine transgressive silt and mudstones) covers both units interfingering with the Rio Bonito deposits and in unconformity with the glacial Itararé sediments towards the paleo-valley flanks and crests.

Keywords: Coal; Permian; Itararé Group; Rio Bonito Formation; Tatuí/Palermo Formation; Cerquilho/Tietê; State of São Paulo.

1 - Universidade Guarulhos/UnG - Guarulhos - SP. (E.mail: japerinotto@ung.br).

2 - Depto. de Geologia Aplicada/IGCE-UNESP - Rio Claro - SP. (E.mail: perinoto@rc.unesp.br).

INTRODUÇÃO

O Permo-Carbonífero da Bacia Sedimentar do Paraná é marcado pela transição entre os depósitos fortemente influenciados pela glaciação gondwânica do Grupo Itararé e os sedimentos do ciclo pós-glacial, que se sobrepõe a esta unidade, reunidos no Grupo Guatá, subdividido em duas formações, Rio Bonito e Palermo. A Formação Rio Bonito é constituída por depósitos de origem predominantemente deltaica e é portadora de camadas de carvão exploradas economicamente nos estados do sul do Brasil. Os sedimentos da Formação Palermo representam um estágio marinho transgressivo a âmbito de bacia que recobre totalmente ao antigos depósitos deltaicos e transgride estratigraficamente em direção às bordas da bacia sobre unidades de idade mais antiga.

Ambas formações pós-glaciais são reconhecidas e mapeadas na maior parte da bacia. Para o Estado de São Paulo, este reconhecimento tem sido parcial. Os depósitos destas duas unidades em São Paulo, borda NNE da bacia, tradicionalmente são agrupados na denominada Formação Tatuí. No entanto, nesta mesma região existem depósitos flúvio-deltaicos e litorâneos, portadores de carvão, imediatamente sotopostos aos sedimentos da Formação Tatuí, agrupados na denominada Formação Tietê, que foi posicionada no topo do Grupo Itararé não por outra razão, a não ser, pela crença de que, em São Paulo, o ciclo glacial terminaria na base da Formação Tatuí.

O Grupo Guatá, constituído pelas formações Rio Bonito e Palermo, representando o início do ciclo de deposição pós-glacial, de idade permiana, nunca foi regionalmente reconhecido no Estado de São Paulo, borda NNE da Bacia do Paraná. Fulfaro *et al.* (1984), em um estudo regional sobre a Formação Tatuí no Estado de São Paulo, e Perinotto (1987), analisando a seqüência portadora de carvão na região de Tietê/Cerquillo (SP) (Figura 1), estabeleceram correlações entre as unidades paulistas com as formações do Grupo Guatá, indicando que as formações Tietê (*sensu* Fulfaro *et al.* 1984) e Tatuí podem corresponder, respectivamente, às formações Rio Bonito e Palermo. A Formação Tietê, incluída desde o trabalho de Barbosa & Almeida (1949) no Grupo Itararé, é constituída por sedimentos de origem flúvio-deltaica. Na interface Tietê/sedimentos marinhos transgressivos da Formação Tatuí/Palermo, localizam-se as ocorrências de carvão de Cerquillo e Cesário Lange (SP). Perinotto (1992) propôs a denominação Formação Rio Bonito aos sedimentos designados como Formação Tietê por considerar estes perfeitamente correlacionáveis àquela unidade. Da mesma forma, aos sedimentos pelíticos da Formação Tatuí sugeriu considerá-los como Formação Palermo.

Como já mencionado, o entendimento ainda existente na literatura geológica sobre o Estado de São Paulo coloca o limite glacial-pós-glacial estratigraficamente mais alto e próximo da Formação Irati (*datum* estratigráfico por excelência da Bacia do Paraná), comparativamente aos estados do sul do país.

Com base neste fato, todo um contexto de ocorrência das jazidas de carvão no Estado de São Paulo (incluindo as anteriormente citadas) foi montado dentro de uma seqüência considerada como de origem interglacial, diferenciando-as das ocorrências de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que se encontram em situação pós-glacial, mais precisamente, em níveis flúvio-deltaicos da Formação Rio Bonito e na zona de transição para os sedimen-

tos marinhos transgressivos da Formação Palermo.

Este entendimento foi sendo progressivamente contestado pelos dados levantados nas áreas investigadas. Abaixo dos sedimentos da Formação Tatuí, correlacionados aos sedimentos da Formação Palermo, ocorre uma seqüência de sedimentos de origem flúvio-deltaica em que sedimentos de origem fluvial encontram-se freqüentemente associados a fácies litorâneas, com presença de foraminíferos arenosos em alguns níveis (Fulfaro *et al.* 1984). Esta seqüência, por sua vez, apresenta um contato basal com diamictitos que mostram uma influência mais nítida de contribuição glacial e, portanto, relacionados em termos litoestratigráficos ao Grupo Itararé.

Com o desenvolvimento desta pesquisa, esta tese, já defendida anteriormente por Fulfaro *et al.* (1984, 1991), Stevaux *et al.* (1985), Perinotto (1987, 1992) e, recentemente, Santos (1996), pôde ser uma vez mais checada e comprovada. Ou seja, existe uma unidade pós-glacial (Formação Rio Bonito), portadora dos carvões nesta região (Figura 1), litoestratigraficamente acima do Grupo Itararé, encaixada em paleo-vales e sobreposta pelos sedimentos pelíticos transgressivos da Formação Tatuí/Palermo (Figura 2).

FORMAÇÃO RIO BONITO

Nesta região paulista, os sedimentos desta formação apresentam considerável variedade na faixa aflorante, exibindo fácies fluviais e litorâneas. O estabelecimento de uma coluna estratigráfica geral para a Formação Rio Bonito é dificultado pelo fato da sua faixa de afloramento não ser contínua, uma vez que o evento deposicional desta formação teve como arcabouço paleo-vales cujos espigões divisores eram constituídos por sedimentos do Grupo Itararé (Fulfaro *et al.* 1984). Esta situação de uma unidade mais jovem estar ocupando depressões e limitadas em suas margens por unidades mais antigas não foi suspeitada anteriormente e é a origem de parte da complexidade estratigráfica que envolve o Grupo Itararé em São Paulo, apesar de ser uma situação comum e reconhecida para a Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul.

Ao longo da Rodovia Marechal Rondon (SP-300), entre Tietê e Laranjal Paulista, foi realizado um levantamento onde esta situação parece configurar-se (Figura 3). Aqui, tilitos (*tilito Jumirim*) ocupam um dos paleo-altos da região, com os paleo-vales ocupados pelos clásticos da Formação Rio Bonito. Os pelitos da Formação Tatuí/Palermo recobrem transgressivamente estes clásticos, com quais mantêm um contato concordante gradativo. Em relação aos sedimentos glaciogênicos Itararé, ocorrem em relação de discordância.

A parte basal da Formação Rio Bonito caracteriza-se por arenitos com estratificações cruzadas intercaladas por lâminas de argilitos freqüentemente deformadas. O paleo-relevo que serviu de substrato à deposição do conjunto flúvio-deltaico da Formação Rio Bonito era constituído pela unidade glacial mais jovem do Grupo Itararé. Desta maneira, a superfície do terreno continha inúmeros seixos derivados desta unidade que foram incorporados nas argilas formadas quando das ingressões marinhas pós-glaciais. As novas fácies assim formadas se assemelham, em exame superficial, aos diamictitos do Grupo Itararé. No entanto, um exame mais detalhado destas camadas basais mostra uma particularidade importante que as diferencia dos

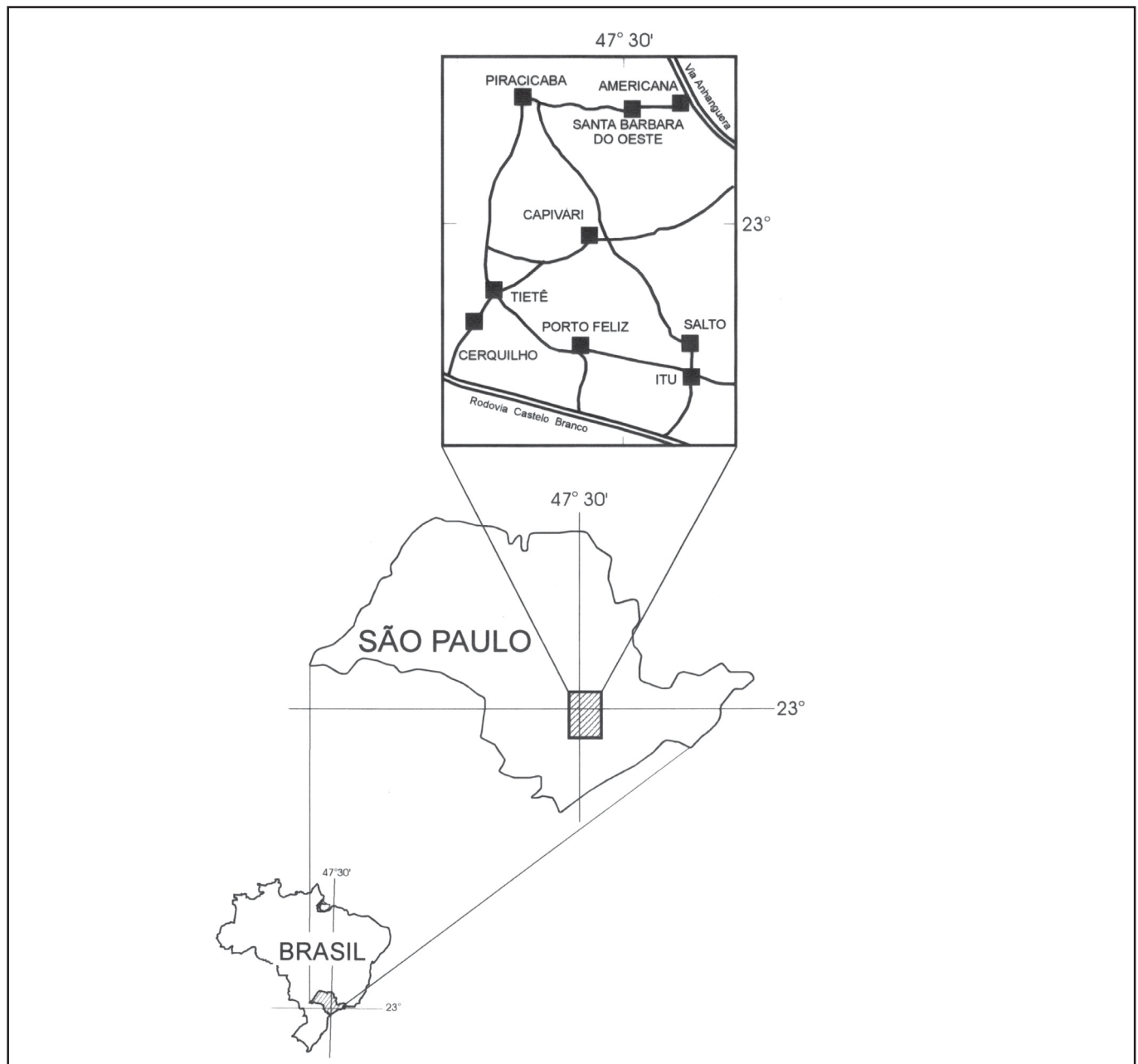


FIGURA 1: Localização da região de Tietê no Estado de São Paulo.

FIGURE 1: The Tietê region in the São Paulo State.

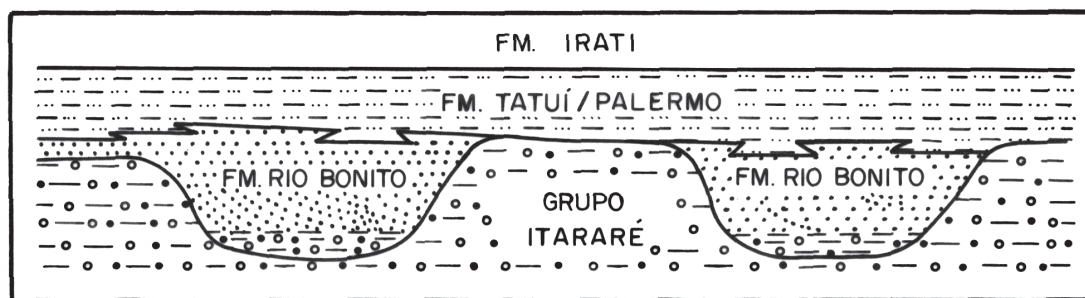


FIGURA 2: Esquema hipotético mostrando as relações entre o Grupo Itararé e as formações Rio Bonito e Tatui/Palermo (Grupo Guatá) na faixa de afloramentos do centro-leste do Estado de São Paulo. Segundo Fulfaro *et al.* (1991).

FIGURE 2: Hypothetical outcrop stratigraphic relationships between Itararé Group and Rio Bonito – Palermo/Tatui formations (Guatá Group) in the east-center region of the São Paulo State. According to Fulfaro *et al.* (1991).

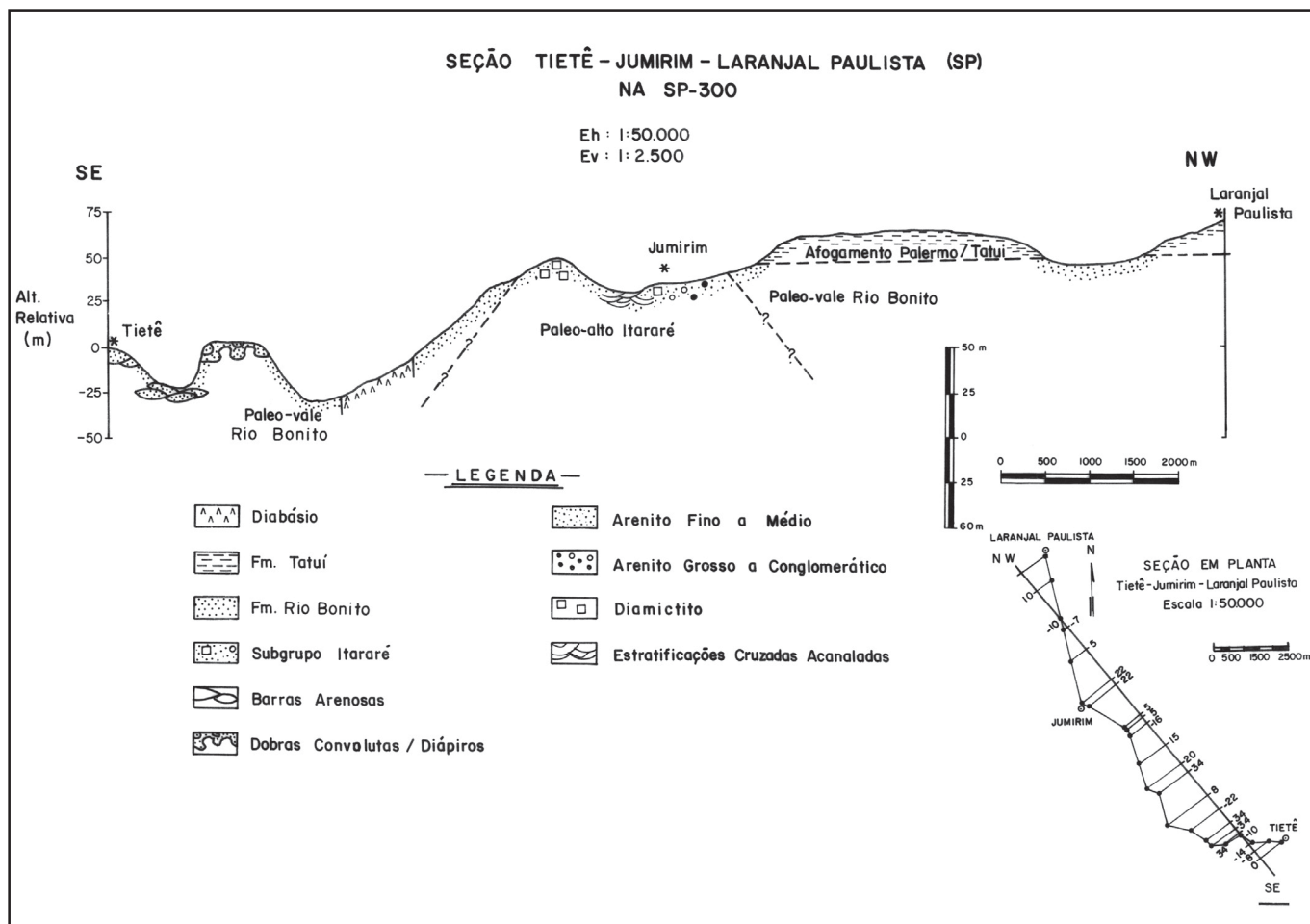


FIGURA 3: Seção esquemática na Rodovia Mal. Rondon (SP-300), entre Tietê e Laranjal Paulista, mostrando os sedimentos do Grupo Itararé (tilito Jumirim) ocupando um paleo-alto e os depósitos da Formação Rio Bonito os paleo-vales.

FIGURE 3: Schematic section along the Marechal Rondon road (SP-300), between the cities of Tietê and Laranjal Paulista. The paleo-high is occupied by the sediments of the Itararé Group (Jumirim tilite) and the Rio Bonito Formation deposits are laid on the paleo-valleys.

diamictitos mais antigos. Esta feição particular é constituída por níveis de concreções carbonáticas dispostas em camadas horizontais plano-paralelamente, o que representa um forte indício de serem singenéticas. Nestes argilitos é também comum a presença de lentes de arenitos contorcidos representando pontos terminais de frente deltaica distal.

O contato entre a Formação Rio Bonito e o Grupo Itararé é colocado na zona de transição entre os diamictitos e as primeiras camadas de arenito. Embora geneticamente associados ao sistema flúvio-deltaico Rio Bonito, a dificuldade na diferenciação entre estes diamictitos e os do Grupo Itararé aconselha que se coloque nesta zona o contato entre estas duas unidades litoestratigráficas. O membro glacial da unidade mais jovem do Grupo Itararé é muito rico em seixos e matações na área de afloramento desta unidade no centro-leste de São Paulo. Este fato, talvez, seja devido a uma maior distância da bacia do foco de irradiação glacial, o que tornaria esta área um dos máximos do avanço glacial e, portanto, sítio deposicional dos detritos periglaciais, com predomínio da ressedimentação. Esta riqueza em seixos é herdada e incorporada pelo ciclo subsequente (Rio Bonito).

A seqüência comum da sucessão de sedimentos da Formação Rio Bonito pode ser exemplificada nas seções colunares levantadas a leste de Cerquilho (Areia Vermelha-Capela Santo Antonio - Figura 4) e a noroeste de Tietê (Córrego Fazendinha - Figura 5). Na base encontram-se barras amalgamadas de arenitos com estratificações cruzadas e camadas (e lentes) de argilito pouco espessas, freqüentemente deformadas. A sucessão de sedimentos de origem fluvial (principalmente na Figura 4) compreende aproximadamente 2/3 das colunas expostas, variando de deposição subaquosa na base a subaérea na parte média da seção. O restante das colunas apresenta um incremento de situações litorâneas a marinhas de deposição, com freqüentes exposições e recobrimento de barras arenosas, que precedem à ingressão marinha maior representada pelos sedimentos da Formação Tatuí/Palermo.

Esta seqüência basal pode se apresentar muito rica em seixos e muito perturbada por lutocinese, como está exposto ao longo da rodovia SP-304, no trecho entre Piracicaba-Santa Barbara D' Oeste (Figura 1). As camadas deformadas de arenito creme estão em contato com diápiros provenientes do prodelta, de cor avermelhada, com grande quantidade de seixos.

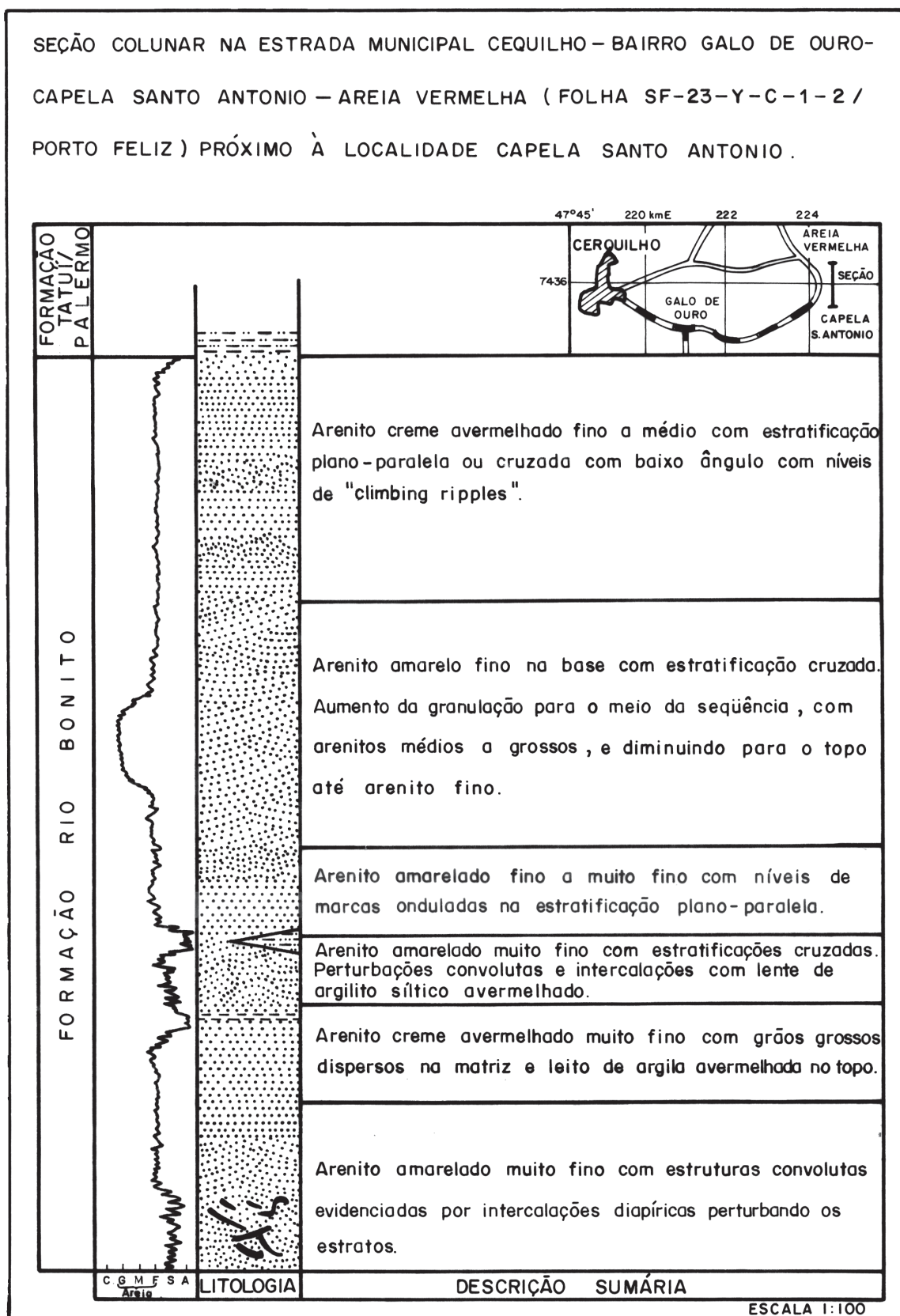


FIGURA 4: Seção colunar na estrada municipal Cerquilha - Bairro Galo de Ouro - Capela Santo Antonio - Areia Vermelha (Folha Porto Feliz), próximo à localidade Capela Sto. Antonio. Segundo Fulfaro et al. (1991).

FIGURE 4: Columnar section in a secondary road in the Cerquilha region, district of Galo de Ouro-Santo Antonio chapel-Areia Vermelha (Porto Feliz sheet), near the Santo Antonio chapel. According to Fulfaro et al. (1991).

COLUNA Córrego da Fazendinha

S 23° 03' 15"

W 47° 41' 48"

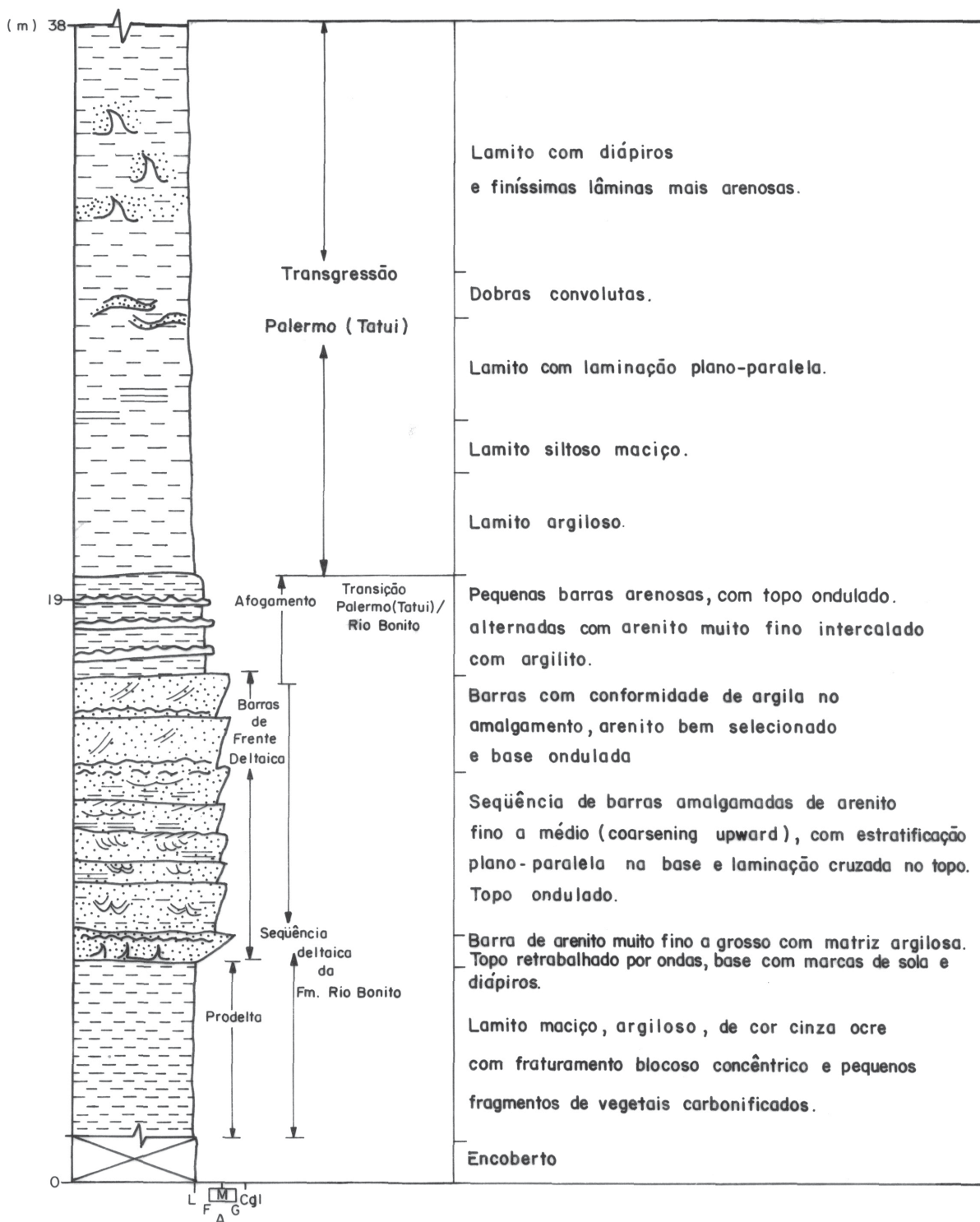


FIGURA 5: Seção colunar na estrada municipal a NW de Tietê (Córrego Fazendinha).
FIGURE 5: Columnar section in a secondary road at NW of Tietê (Fazendinha creek).

A interpretação de feições glaciais em sedimentos da Formação Rio Bonito é uma das causas de todo o problema estratigráfico gerado para o Grupo Itararé em São Paulo e aos complicados esquemas que se seguiram em termos de correlação em âmbito de bacia.

A presença de matacões erráticos nos espigões dos paleo-vales que abrigam os sedimentos da Formação Rio Bonito, fato comum na região, associada a abundante presença de seixos junto à base da Formação Rio Bonito conduziram à interpretação de uma influência glacial na sua deposição. O que se verifica é que esta última feição é devida a uma herança do substrato deposicional e não deve ser interpretada como uma característica de gênese deposicional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Formação Rio Bonito, representando o início da deposição pós-glacial no Estado de São Paulo (idêntico ao evento marcado pela mesma unidade nos estados do sul), ocorre de forma descontínua, encaixada em paleo-vales cujos flancos são constituídos por sedimentos do Grupo Itararé. Mesmo com este tipo de ocorrência, é passível de mapeamento na região investigada. Perinotto (1992) já havia proposto substituir a anterior denominação Tietê (atribuída por Fulfaro *et al.* 1984, 1991 para estes

sedimentos) por Rio Bonito indiferenciado, envolvendo não somente os sedimentos Tietê desta região, mas em todo o Estado de São Paulo onde afloram arenitos com as características aqui apresentadas, estratigraficamente abaixo dos pelitos da Formação Tatui/Palermo.

O fato de se encontrar sedimentos glaciogênicos ou a estes diretamente relacionados acima dos sedimentos aqui considerados Rio Bonito colocava este conjunto, portador de carvão na região de estudo, como interglacial e pertencente ao Grupo Itararé. O que se verificou é que os sedimentos Itararé encontram-se, neste caso, topográfica e não estratigraficamente mais elevados que os da Formação Rio Bonito (devido à herança do paleo-relevo), encontrando-se, portanto, estratigraficamente abaixo destes, conforme pode ser observado na figura 2.

Em vista dos resultados alcançados, um esquema da evolução paleogeográfica da região de Tietê/Cerquilha (Figura 6), proposto por Perinotto (1987) e válido para toda a área investigada, foi aqui adotado.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas Dr. Edvard Elias de Souza Filho e Dr. José Cândido Stevaux (Depto. de Geografia da Fundação Universi-

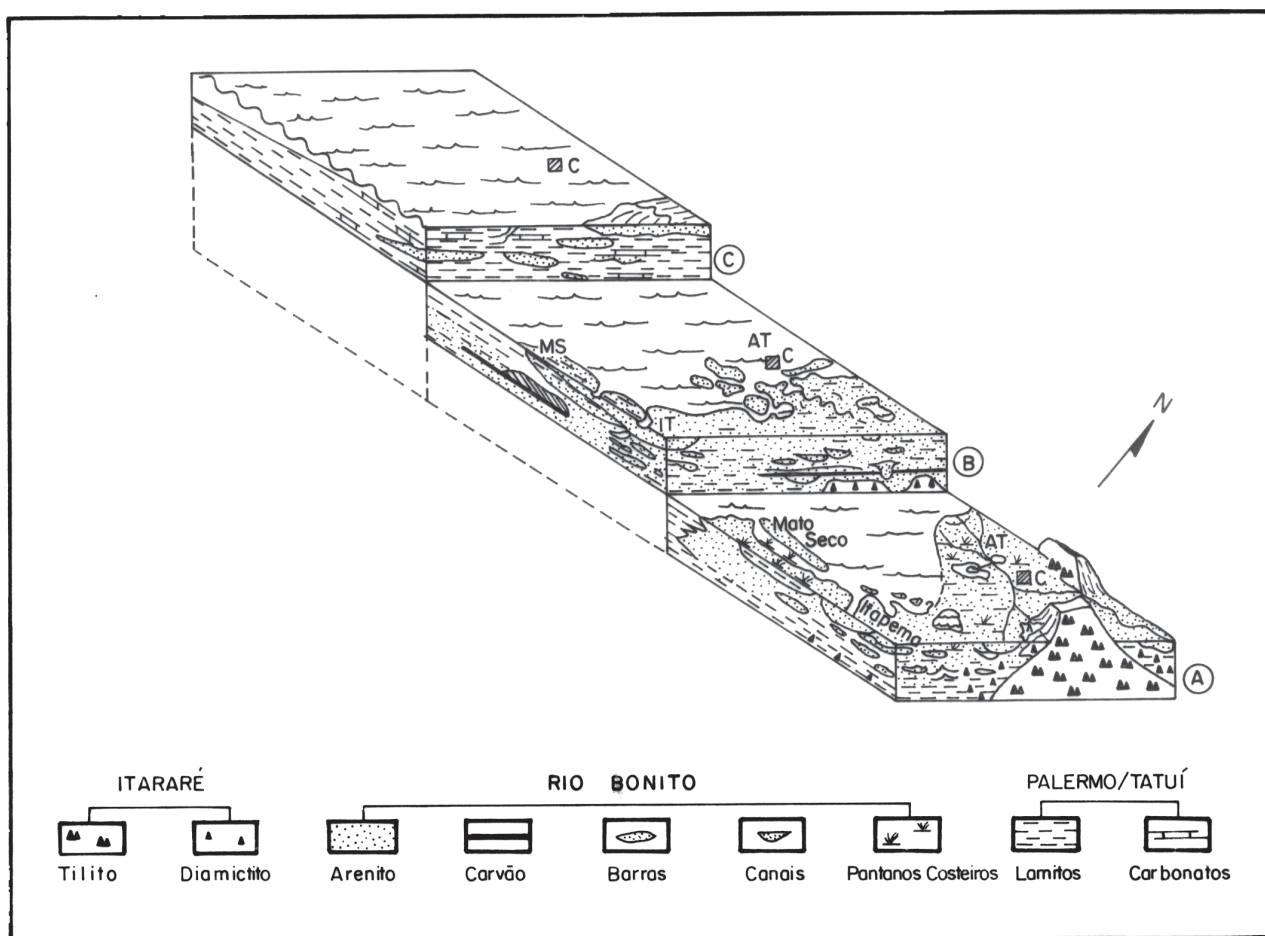


FIGURA 6: Esquema proposto para a evolução paleogeográfica da área.
FIGURE 6: Paleogeographic evolution of the studied area.

dade Estadual de Maringá) pelas discussões e pelos trabalhos realizados em conjunto durante o Convênio UNESP/CESP – Projeto Carvão de Cerquilha e ao Geol. Sérgio Brandão Silva, ex-estagiário do Departamento de Geologia Sedimentar/IGCE-UNESP, pelo acompanhamento durante o levantamento estratigráfico parcial realizado na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, O. & ALMEIDA, F.F.M. DE. 1949. A Série Tubarão na Bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, DNPM, *Boletim Divisão de Geologia e Mineralogia (Notas Preliminares e Estudos)* **48**: 1-16.
- FULFARO, V.J.; STEVAUX, J.C.; SOUZA F^o, E.E.; BARCELOS, J.H. 1984. A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v. 2, p. 711-724.
- FULFARO, V.J.; PERINOTTO, J.A.J.; BARCELOS, J.H. 1991. Formação Tietê: o pós-glacial no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. *Atas...* São Paulo, SBG/Núcleo de São Paulo. p. 397-404.
- PERINOTTO, J.A.J. 1987. *Análise Estratigráfica da Seqüência Portadora de Carvão em Cerquilha (SP)*. São Paulo, 75 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- PERINOTTO, J.A.J. 1992. *Análise Estratigráfica da Formação Palermo (P) na Bacia do Paraná, Brasil*. Rio Claro, 126 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista).
- SANTOS, M.N. DOS. 1996. *Geologia do Município de Cerquilha*. Rio Claro, 63 p. (Exame de Qualificação, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista).
- STEVAUX, J.C.; SOUZA F^o, E.E.; PERINOTTO, J.A.J.; WU, F.T. 1985. Descrição de testemunhos e análise paleogeográfica da ocorrência de carvão de Bairro Aliança, Cerquilha (SP). In : SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5, São Paulo, 1985. *Atas...* São Paulo, SBG/Núcleo de São Paulo, v. 1, p. 221-234.