

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO SUBGRUPO ITARARÉ
(PALEOZOICO SUPERIOR) E ESTUDO DA VARIAÇÃO RELATIVA
DO NÍVEL DO MAR, ENTRE PILAR DO SUL E SALTO DE
PIRAPORA, BACIA DO PARANÁ, BRASIL**

Dalmo de Araújo

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-08 / 45)**

**SÃO PAULO
2008**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO SUBGRUPO ITARARÉ
(PALEOZOICO SUPERIOR) E ESTUDO DA VARIAÇÃO RELATIVA
DO NÍVEL DO MAR, ENTRE PILAR DO SUL E SALTO DE
PIRAPORA, BACIA DO PARANÁ, BRASIL

Dalmo de Araújo



Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF - 08 / 45)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900025545

SÃO PAULO

2008

TF
AG663
D.a

ORIGIN

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	2
ÍNDICE DE TABELAS	2
RESUMO	3
ABSTRACT.....	4
AGRADECIMENTOS.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
1.1. PROBLEMA DA PESQUISA E CONTEXTO DO ESTUDO	6
1.2. OBJETIVOS	7
1.3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO	8
1.4. ASPECTOS DA GEOLOGIA REGIONAL.....	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS	12
2.1. ESTÁGIOS DE PESQUISA E PLANO DE TRABALHO	12
2.2. ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA: PROCEDIMENTOS.....	14
3. ESTUDOS ANTERIORES	17
3.1. SUBGRUPO ITARARÉ: UM PROBLEMA HISTÓRICO DE PESQUISA	17
3.2. ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS: HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO	26
3.3. GLACIAÇÃO NEOPALEOZOÍCA E REGISTROS GEOLÓGICOS DIAGNÓSTICOS: PROCESSOS E PRODUTOS	35
4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	40
4.1. DADOS DE CAMPO	40
4.1.1. <i>Descrição dos afloramentos</i>	40
4.1.2. <i>Registro de imagens de afloramentos descritos</i>	46
4.2. ANÁLISE DE FÁCIES	52
4.2.1. <i>Tipologia de fácies</i>	52
4.2.2. <i>Associação de fácies</i>	61
4.3. INTERPRETAÇÃO: TRATOS DE SISTEMAS	62
5. CONCLUSÕES.....	66
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.3.1: Localização da área do estudo	8
Figura 1.4.1: Mapa geológico regional da área do estudo.....	9
Figura 1.4.2: Diagrama de elementos que compõem o cenário da geologia regional	10
Figura 2.1.1: Relações geo-lógicas dos estágios de pesquisa.....	13
Figura 2.1.2: Plano de trabalho da pesquisa vinculada ao Trabalho de Formatura	13
Figura 2.2.1: Relações entre fácies, ambientes deposicionais, sistemas deposicionais e tratos de sistemas deposicionais	15
Figura 2.2.2: Procedimento de análise e suas relações	16
Figura 3.1.1: Distribuição do Subgrupo Itararé na Bacia do Paraná	17
Figura 3.1.2: Posicionamento bioestratigráfico do Subgrupo Itararé	21
Figura 3.1.3: Variação do nível do mar no Subgrupo Itararé	25
Figura 3.2.1: Elementos para definição de sequência e sua árvore de influência moderna	26
Figura 3.2.2: Representação da variação do nível do mar de Chamberlin 1898	28
Figura 3.2.3: Curva de variação do nível do mar durante o Fanerozóico (Curva de Vail)	29
Figura 3.2.4: Exemplo de seções sísmicas interpretadas para bacias intracratônicas tipo rampa (Bacia do Paraná) e bacias extracontinentais tipo margem continental (Bacia de Campos).....	30
Figura 3.2.5: Descrição hierárquica para o estudo de sequências	33
Figura 3.3.1: Mapa paleogeográfico estimado para o Gondwana entre 330 e 300 Ma.....	35
Figura 3.3.2: Modelo deposicional idealizado e principais fácies componentes do Subgrupo Itararé: processos e produtos	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1.1: Descrição dos estágios de pesquisa.....	12
Tabela 3.1.1: Estágios da pesquisa pesquisada na Bacia do Paraná: caso do petróleo.....	19
Tabela 3.1.2: Subdivisões do Subgrupo Itararé propostas nos últimos anos	22
Tabela 3.1.3: Divisão litoestratigráfica do Grupo Tubarão	24
Tabela 3.2.1: Ordens de grandeza dos ciclos eustáticos.....	29
Tabela 3.2.2: Terminologias e definições em Estratigrafia de Sequências	33
Tabela 3.2.3: Tipos de tratos de sistemas.....	34

RESUMO

O Subgrupo Itararé, no Estado de São Paulo, corresponde a uma sucessão sedimentar com espessura superior a 1300m, e não apresenta, ainda, uma subdivisão adequada em unidades de menor hierarquia. Este estudo apresenta uma pequena contribuição com informações geológicas sobre o assunto, a partir da análise de dados de superfície obtidos em afloramentos do Subgrupo Itararé na borda leste da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo, entre as cidades de Pilar do Sul e Salto de Pirapora. O objetivo geral do trabalho consistiu na realização de uma análise estratigráfica na área do estudo, caracterizada pela identificação de fácies sedimentares e suas associações, por meio de técnicas convencionais de análise de campo e escritório nesta área de pesquisa. A partir das informações obtidas, teve-se como objetivo específico o estudo da variação relativa do nível do mar, aplicando-se o método da Estratigrafia de Seqüências na sucessão sedimentar glaciogênica definida pela coluna litoestratigráfica construída. Três produtos finais interrelacionados resultaram da pesquisa: (1) a carta topográfica da área do estudo com indicação dos afloramentos estudados; (2) perfil geológico da seção estudada; (3) coluna litoestratigráfica. A partir destes produtos, construiu-se uma coluna composta relacionando tratos de sistemas sedimentares identificados, gerando a representação da variação relativa do nível do mar para área do estudo.

ABSTRACT

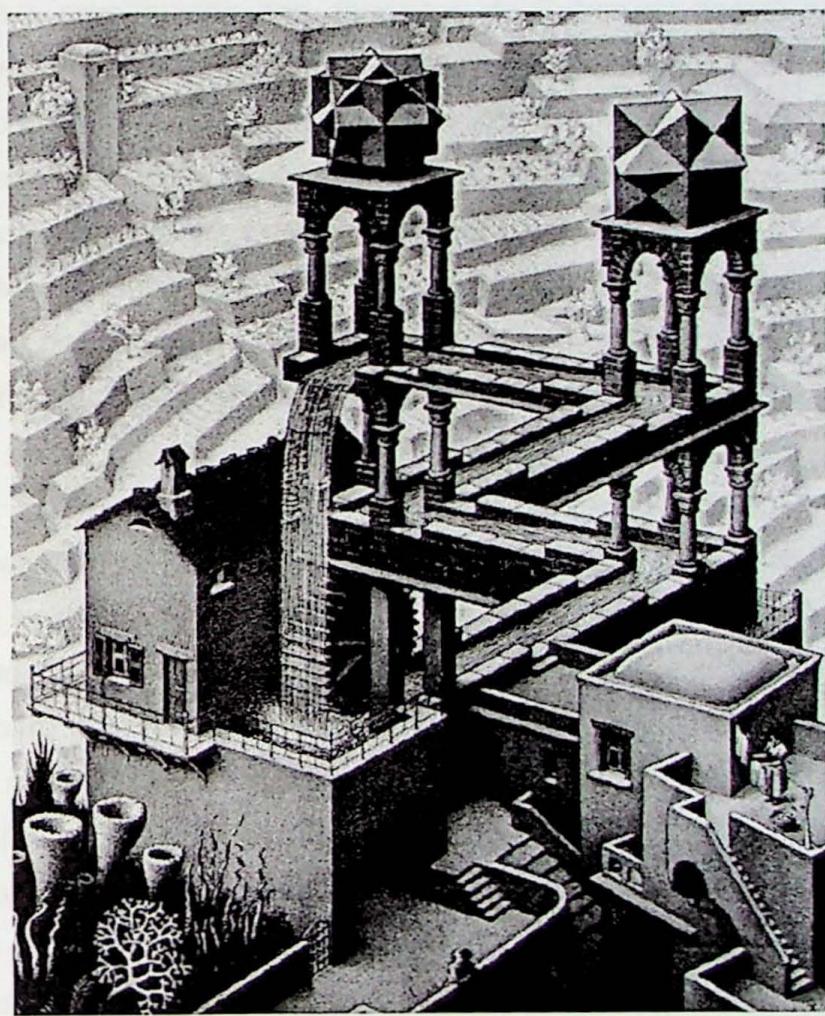
The Itararé Subgroup, in São Paulo's State, corresponds to a sedimentary succession with thickness superior to 1300m, and it does not introduce, yet, a subdivision adequate in units of minor hierarchy. This study presents a small contribution with geological information about the subject, from the surface data analysis obtained in outbursts of the Itararé Subgroup in the east edge of the Paraná Basin, in São Paulo's State, between Pilar do Sul and Salto de Pirapora cities. The general goal of this research consisted in the accomplishment of a stratigraphic analysis in the area of the study, characterized by the identification of sedimentary facies and its associations, by means of conventional techniques of analysis in this research field. From the obtained information, it had as specific goal the study of the relative variation of the level of the sea, applying the method of the Sequence Stratigraphy in the glaciogenic sedimentary succession defined by the stratigraphic column built. Three connected final products resulted from research: (1) topographical map of the area of the study with indication of the studied outbursts; (2) geological section; (3) stratigraphic column. As a result of the analysis, based on these products, a composed stratigraphic column was elaborated, relating of systems tracts identified and consequent representation of the relative variation of the level of the sea for area of the study.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade de São Paulo por seu apoio Institucional perene, sua estrutura e ambiente educacional científico e filosófico para realização de meus estudos de graduação nesta Universidade. Viva a Universidade pública e gratuita para todos.

Agradecimento especial ao Prof. Dr. José Roberto Canuto pela oportunidade para realização desta pesquisa.

Agradecemos à FAPESP através do Projeto 04/14616-4 pelo apoio financeiro aos trabalhos de campo.



Waterfall, E.C. Escher 1961.

"Podemos muito bem representar espacialmente um estado de coisas que vá contra as leis da Física, mas não um que vá contra as leis da Geometria".
L. Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus*, 3.0321

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMA DA PESQUISA E CONTEXTO DO ESTUDO

O Subgrupo Itararé (Rocha-Campos 1967), no Estado de São Paulo, corresponde a uma sucessão sedimentar com espessura superior a 1300m (Santos 1987) e não apresenta, ainda, uma subdivisão adequada em unidades de menor hierarquia. Este estudo apresenta uma pequena contribuição com informações geológicas sobre o assunto, a partir da análise estratigráfica da sucessão glaciogênica aflorante e estudo variação relativa da nível do mar, na área do estudo. Desta forma, a base material da informação geológica utilizada neste trabalho está definida com dados de superfície.

O contexto geológico da pesquisa está representado pela área do estudo. Constitui-se pela linha de afloramentos situada entre as cidades de Pilar do Sul e Salto de Pirapora, na borda leste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo. De acordo com Canuto *et al.* (2001), a deposição e preservação dos depósitos do Subgrupo Itararé apontam para um cenário com características de ambientes vinculados ao avanço e recuo de geleiras, não obstante, associado a variação relativa do nível do mar, o qual, teria como importante expressão de registro geológico a ocorrência de diamictitos, sobretudo, àqueles, cuja preservação encontra-se associada ao embasamento.

Os sedimentos do Subgrupo Itararé, na região do estudo (leste do Estado de São Paulo), encontram-se depositados sobre o embasamento cristalino, cuja superfície erosiva apresenta, localmente, evidências de retrabalhamento devido ao deslocamento do gelo. Nessa parte da Bacia do Paraná, os diamictitos do Subgrupo Itararé ocorrem generalizadamente, podendo constituir a litologia predominante em algumas seções, juntamente com arenitos, folhelhos, siltitos e ritmitos irregulares. Contudo, destaca-se a expressiva variação lateral de fácies do Itararé. Este fato, torna a análise estratigráfica mais complexa no âmbito do reconhecimento dos tipos de fácies e estabelecimento de suas associações, seja para a construção de colunas litoestratigráficas coerentes, seja para o desenvolvimento de representações dos tipos de rochas em superfície, tendo em vista a realização de mapeamentos geológicos de detalhe na faixa de afloramentos do Itararé, que, no Brasil aflora deste a região sudeste até a região sul.

É recorrente na literatura geológica especializada o apontamento para os problemas descritos acima, por exemplo, Rocha-Campos (1967), Saad (1977), Eyles *et al.* (1993), Canuto (1985), Santos (1987), e Canuto *et al.* (2001), que, apresenta-se como um fato inerente ao Itararé, e que vem justificar a importância da realização desta pesquisa e sua contribuição para o estudo de rochas formadas em ambiente glacial, neste caso, no contexto geológico da glaciação neopaleozóica que atingiu a Bacia do Paraná.

1.2. OBJETIVOS

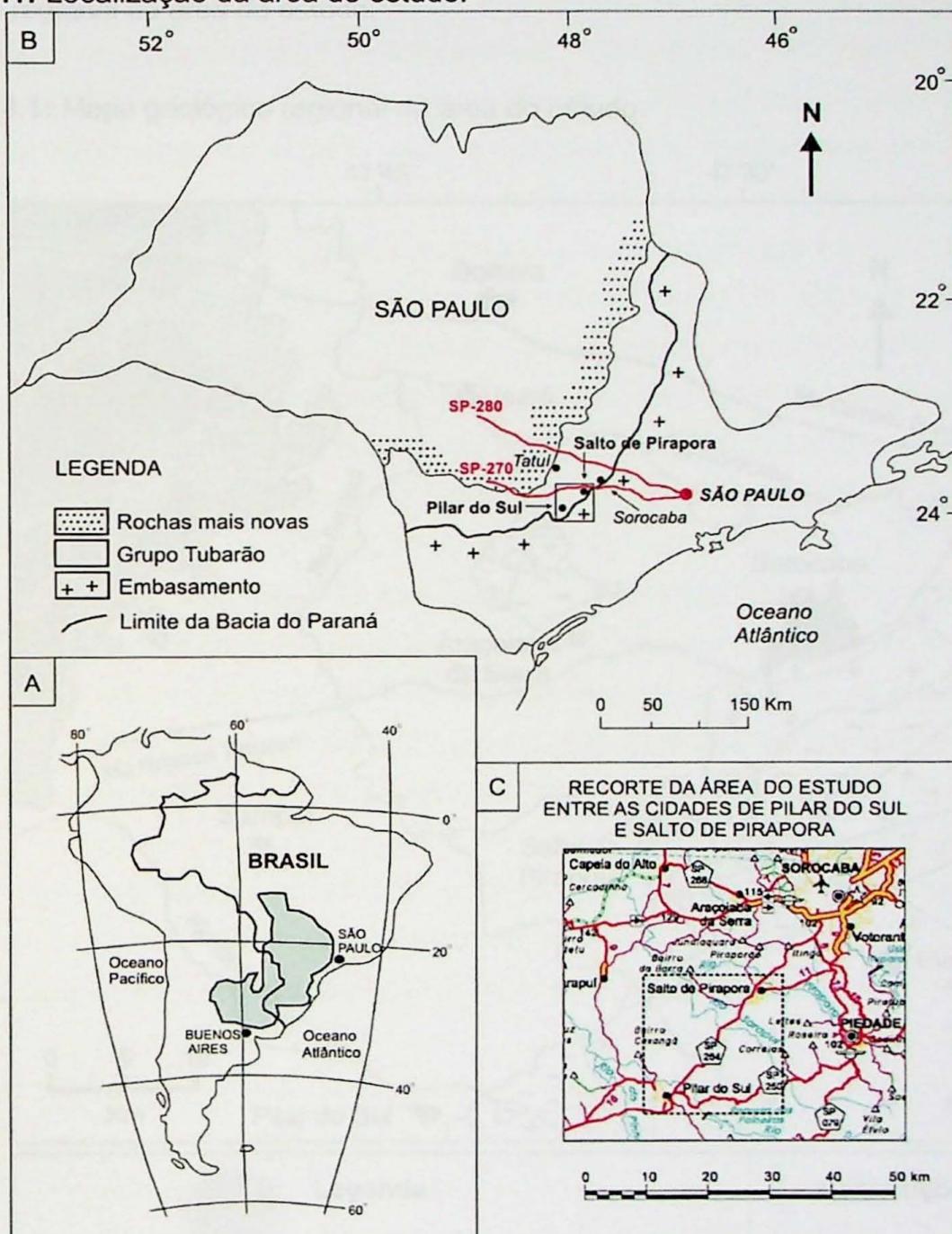
São objetivos deste trabalho:

- 1) Objetivo geral: realização de uma análise estratigráfica básica na área do estudo. Consiste na identificação de fácies sedimentares e suas associações, por meio de técnicas rotineiras de análise de campo e escritório nesta área de pesquisa. Três produtos finais interdependentes e representativos da pesquisa devem ser obtidos com este propósito: carta topográfica com identificação dos afloramentos descritos, perfil geológico e coluna litoestratigráfica da área do estudo.
- 2) Objetivo específico: A partir das informações obtidas no objetivo geral, é realizado um estudo da variação relativa do nível do mar para a sucessão sedimentar aflorante na área do estudo. O produto final esperado nesta etapa representa-se pela construção de colunas de interpretação da sucessão sedimentar correlatas à coluna litoestratigráfica básica, como tipologia de fácies, associação de fácies e tratos de sistemas deposicionais, tendo em vista, pois, a construção preliminar de um arcabouço cronoestratigráfico para área do estudo, aplicando-se o método da Estratigrafia de Sequências.

1.3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

A sucessão sedimentar em análise, situada na faixa de afloramentos do Subgrupo Itararé, localiza-se na borda leste da Bacia do Paraná, e ocorre em área de cerca de 200 km², nas Folhas Topográficas de Salto de Pirapora e Pilar do Sul. A Figura (1.3.1) apresenta a área do estudo.

Figura 1.3.1: Localização da área do estudo.

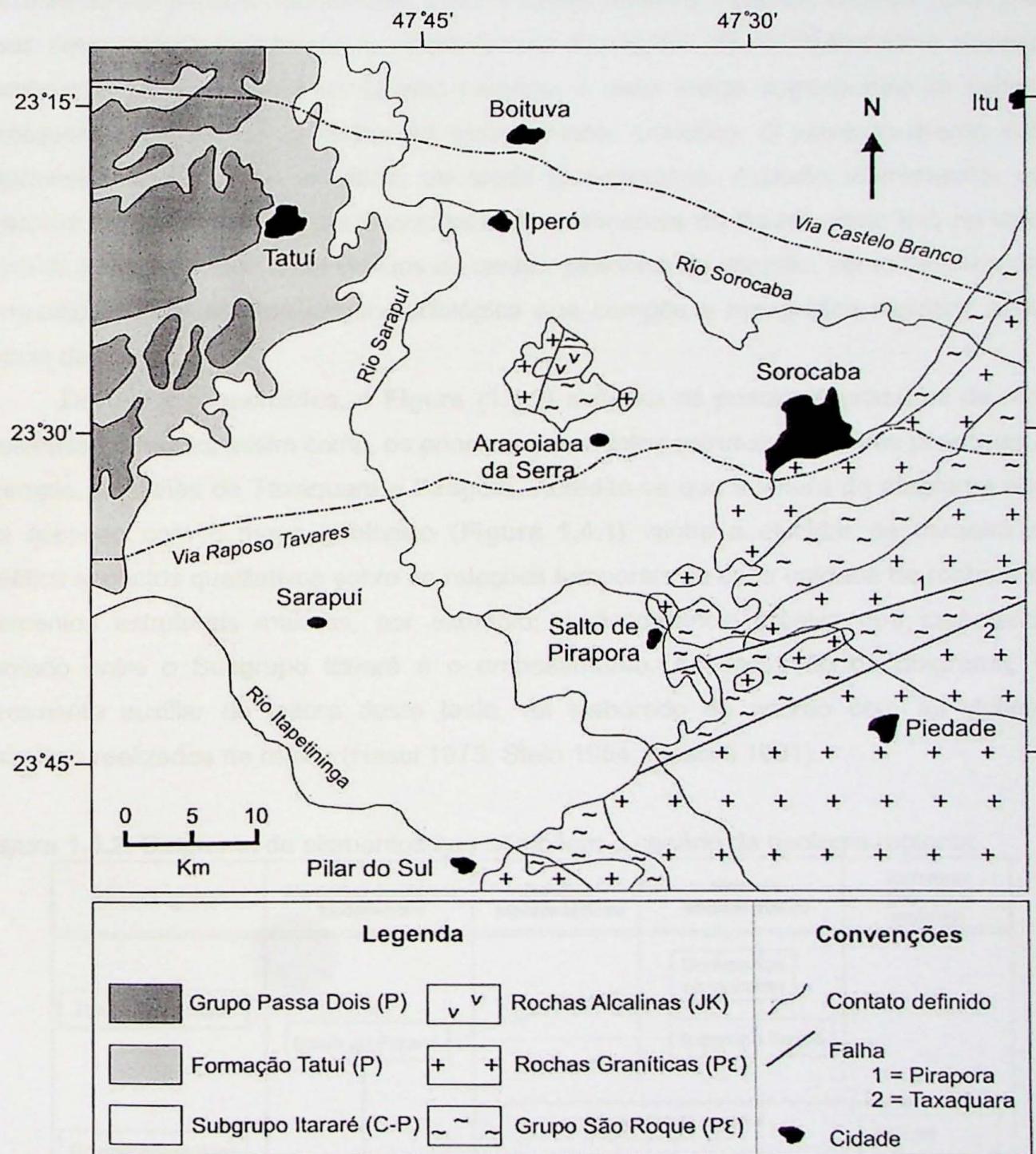


Em (A) é mostrado a Bacia do Paraná na América do Sul; em (B) a distribuição do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) no Estado de São Paulo - adaptado de Rocha-Campos et al. (1977); em (C) a área do estudo em detalhe, delimitada pelo retângulo tracejado, que mostra os acessos rodoviários principais entre as cidades de Pilar do Sul e Salto de Pirapora - extraído do Mapa Rodoviário do Estado de São Paulo (DER-SP 2008).

1.4. ASPECTOS DA GEOLOGIA REGIONAL

A geologia regional descrita a seguir é breve e sucinta. Este trabalho limita-se a fazer apontamentos sobre os principais elementos geológicos que compõem o cenário regional. Para tanto, é utilizado, como referência, uma descrição a partir do mapa geológico regional construído para região, que ilustra, de forma simplificada, as principais unidades de rochas e as principais feições estruturais que ocorrem na região. A **Figura (1.4.1)** mostra o mapa geológico regional da área do estudo.

Figura 1.4.1: Mapa geológico regional da área do estudo.



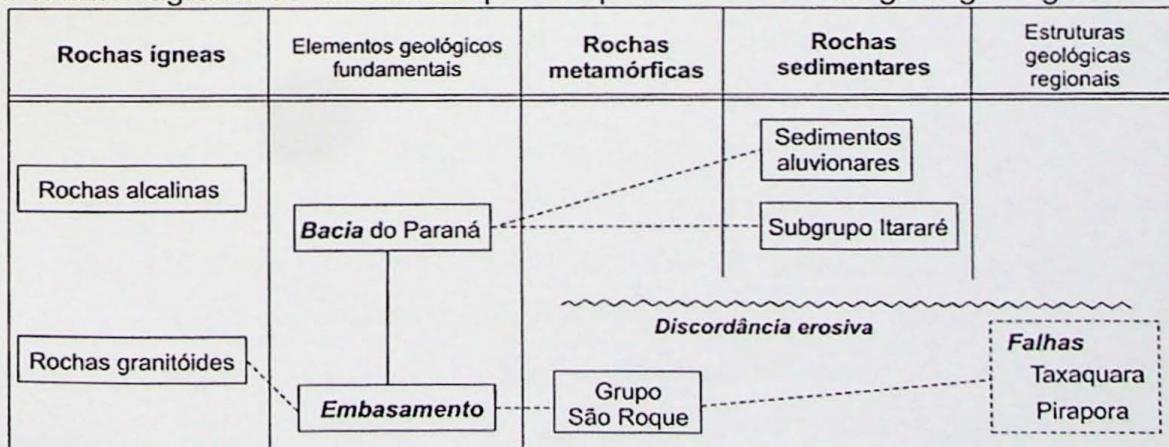
Fonte: IPT (1981).

A geologia regional que constitui a área do estudo representa-se pelo embasamento cristalino, formado pelo Grupo São Roque e rochas associadas, além de rochas granítóides, rochas alcalinas, rochas sedimentares, e, também, por sedimentos aluvionares recentes (Hasui 1973; Stein 1984). A área do estudo localiza-se na borda leste da Bacia do Paraná, e nesta porção da bacia as rochas sedimentares estão representadas pelo Subgrupo Itararé, o qual encontra-se acomodado sobre as rochas do embasamento, com evidente discordância erosiva, em parte retrabalhada pela ação de geleiras (Almeida 1948, 1964).

O Grupo São Roque, de idade Pré-Cambriana, constitui-se de metarenitos, metasiltitos, metaritmitos, metargilitos e metacalcários (Pires *et al.* 1990 *apud* Massoli 1991). Encontra-se limitado a oeste pelo Subgrupo Itararé, de idade Permo-Carbonífera, o qual encontra-se em repouso discordante sobre o embasamento. Segundo Massoli (1991), duas fases principais de tectonismo manifestaram-se na região: (1) no Proterozóico Superior a Cambriano; (2) no Mesozóico. Destes eventos, o mais antigo corresponde às falhas de Taxaquara e Pirapora, localizadas no embasamento cristalino. O segundo evento estaria relacionado às intrusões alcalinas, de idade juro-cretácea. Aspecto interessante, como descreve o mesmo autor, é para ocorrência de sedimentos do Itararé como teto no topo da serra de Araçoiaba, que daria indícios do caráter plutônico da intrusão, como também revela a modificação da arquitetura geomorfológica que compôs a topográfica regional, antes e depois do evento.

De forma esquemática, a **Figura (1.4.2)** sintetiza as principais unidades de rochas presentes na região, assim como, os principais elementos estruturais maiores presentes, por exemplo, as falhas de Taxaquara e Pirapora. Acredita-se que a leitura do diagrama abaixo em conjunto com o mapa geológico (**Figura 1.4.1**) venha a elucidar de maneira mais didática aspectos qualitativos sobre as relações temporais de cada unidade de rocha e seus elementos estruturais maiores, por exemplo, a discordância erosiva que caracteriza o contato entre o Subgrupo Itararé e o embasamento. A construção do diagrama, uma ferramenta auxiliar de leitura deste texto, foi elaborado de acordo com as visões de trabalhos realizados na região (Hasui 1973; Stein 1984; Massoli 1991).

Figura 1.4.2: Diagrama de elementos que compõem o cenário da geologia regional.



As rochas granítóides que compõem a região, relatadas como pós-tectônicas (Hasui 1973) representam-se aqui pelo Maciço de Piedade, que divide espaço com o Grupo São Roque pela falha de Taxaquara. Contudo, segundo aquele autor (*op.cit.*) em seu amplo estudo na região que comprehende as folhas de Pilar do Sul e São Roque, são apontados um conjunto de ocorrências magmáticas, como granitos pós-tectónicos e granítóides sintectónicos. Em termos gerais, o Maciço de Piedade caracteriza-se como granito róseo acinzentado, de granulação média, e de granulação grossa, porfirítico (Pires *et al.* 1990 *apud* Massoli 1991).

As rochas sedimentares da Bacia do Paraná, na região, comprehendem o Subgrupo Itararé, e a Formação Tatuí, sendo que, mais a noroeste, com menor expressão para este trabalho, ocorrem as rochas do Grupo Passa Dois (**ver Figura 1.4.1**). De idade permiana, a Formação Tatuí faz limite estratigráfico com o Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo, o qual, vem, também, a representar o limite entre rochas de origem glacial e pós-glacial (Petri & Souza 1993). De forma geral, a Formação Tatuí é composta por arenitos, lamitos e calcários. O Subgrupo Itararé, de origem glacial, será tratado com maior detalhe em item posterior, segundo os interesses deste trabalho.

Os sedimentos aluvionares que ocorrem na região estão associados aos principais cursos d'água, tais como os rios Itapetininga, Sarapuí e Sorocaba (**ver Figura 1.4.1**). Stein (1984) descreve qualitativamente que os sedimentos próximos a Pilar do Sul seriam constituídos principalmente por areias de granulometria variada, com contribuição de seixos, grânulos e porcentagens diversas de silte e argila. Massoli (1991), em estudo na região entre Sorocaba e Salto de Pirapora, aponta para areias mal selecionadas, que se distribuem próximo aos leitos dos rios, e por argilas que ocupam as planícies de inundação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

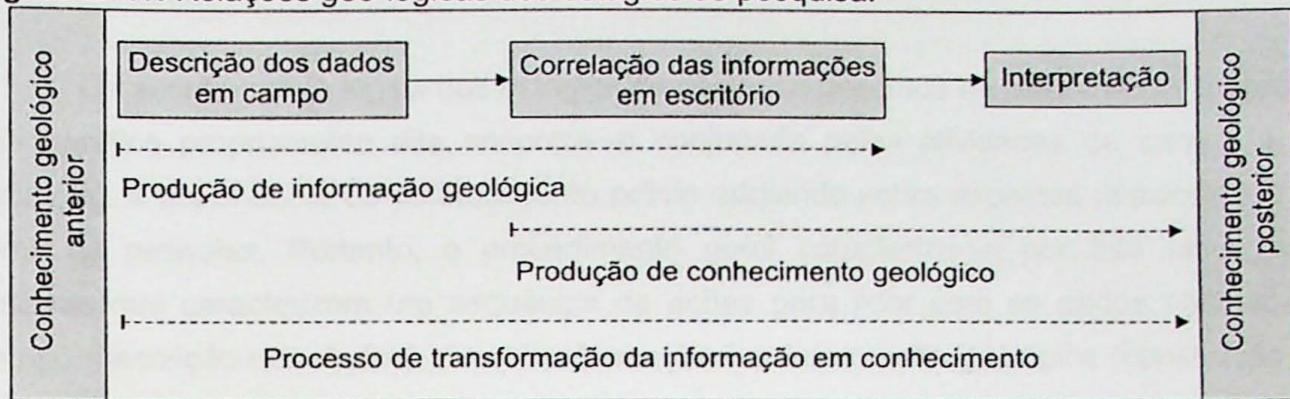
2.1. ESTÁGIOS DE PESQUISA E PLANO DE TRABALHO

Os procedimentos adotados para realização deste trabalho seguiram uma sequência caracterizada por três estágios, interrelacionados, para condução da pesquisa na busca de dados e tratamento da informação geológica: (1) revisão bibliográfica; (2) trabalhos de campo; (3) trabalhos de escritório. Estes três estágios caracterizam a rotina de trabalho e foram seguidos de acordo com a experiência descrita em trabalhos anteriores, por exemplo, Saad (1977), Santos (1979), Canuto (1985) e Canuto et al. (2001). Nestes trabalhos os três estágios encontram-se diferenciados, em maior ou menor grau ao longo da redação dos textos, de acordo com os objetivos de cada estudo. A **Tabela (2.1.1)** mostra a descrição geral de cada estágio. A **Figura (2.1.1)** apresenta ainda um leitura da **Tabela (2.1.1)** para as relações lógicas entre os três estágios de pesquisa e explica sinteticamente sua sequência a partir da relação entre informação e conhecimento na perspectiva da produção geocientífica.

Tabela 2.1.1: Descrição dos estágios de pesquisa.

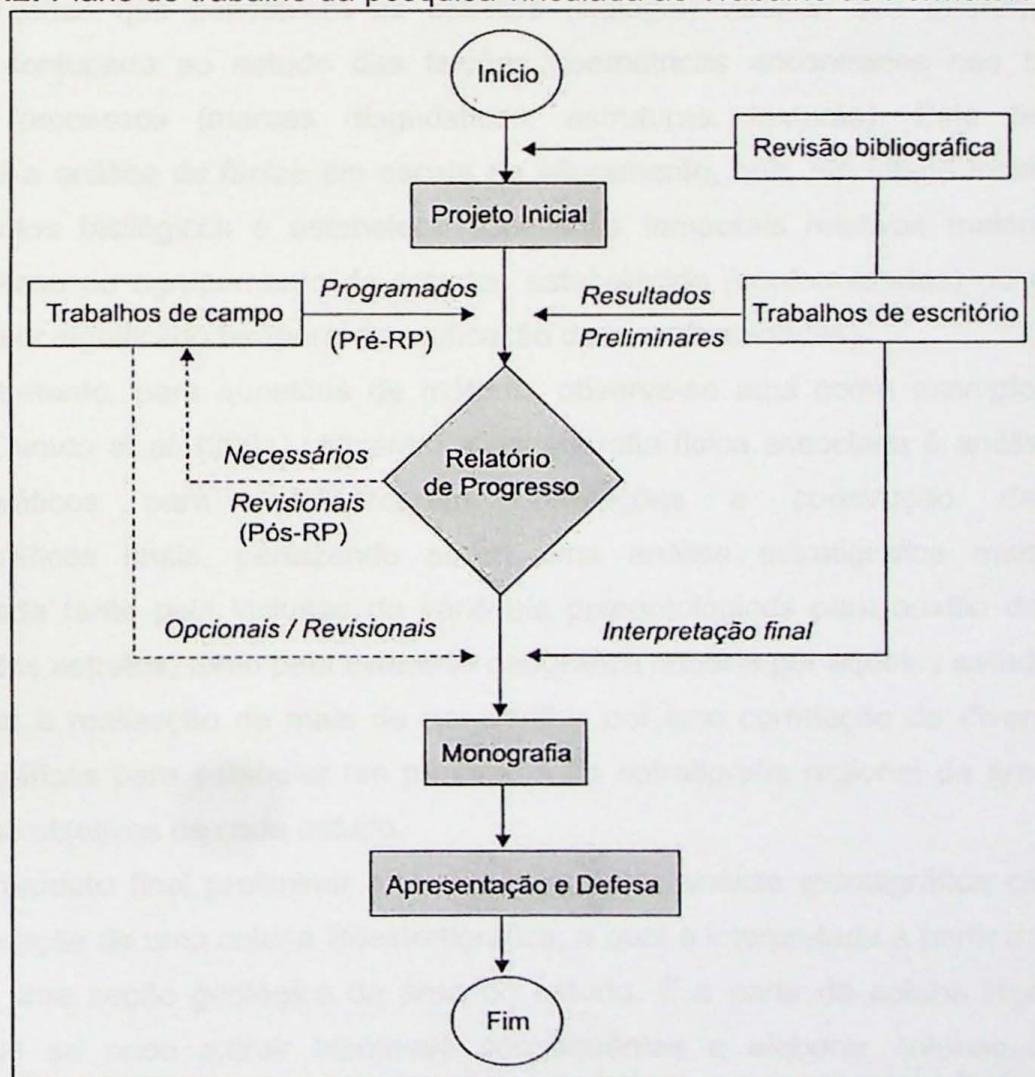
Estágios de pesquisa	Características
Revisão Bibliográfica	<p><u>Palavras-chave:</u> contextualização e planejamento.</p> <p>Tem como propósito a contextualização teórica do aluno realizador do trabalho sobre aspectos específicos que envolvem o tema da pesquisa. Definição da área do estudo e organização das informações preliminares em conjunto com o orientador para realização das atividades de campo e de escritório. Questões de método e definição de procedimentos, assim como pesquisa e construção de esquemas logísticos de ação futura, constituem as atividades mais importantes deste estágio da pesquisa.</p>
Trabalhos de Campo	<p><u>Palavras-chave:</u> Descrição e coleta de dados.</p> <p>Utilização de técnicas rotineiras de análise de fácies, a partir do exame e descrição de rochas expostas em afloramentos ao longo do perfil geológico previamente selecionado para estudo (planejamento).</p>
Trabalhos de Escritório	<p><u>Palavras-chave:</u> Correlação dos dados e interpretação das informações.</p> <p>Correlação dos dados obtidos em campo e interpretação das informações. Caracteriza-se pela construção de seções geológicas preliminares e diversos tipos de colunas relativas à sucessão sedimentar na área do estudo: litoestratigrafia, de facies, associações de facies e tratos de sistemas deposicionais, segundo os objetivos do estudo. O produto final desta etapa da pesquisa, confronta-se com o problema da <i>síntese do conhecimento geológico</i> e seu formato de representação.</p>

Figura 2.1.1: Relações geo-lógicas dos estágios de pesquisa.



Considerado os estágios de pesquisa apresentados anteriormente, o desenvolvimento da análise desde a elaboração do projeto (planejamento), busca dos dados (descrição dos dados) e interpretação final (correlação das informações + discussão), representada por esta monografia, seguiu também um plano de trabalho, o qual foi planejado a partir do cronograma e requisitos necessários de avaliação determinados pela disciplina Trabalho de Formatura do Instituto de Geociências da USP em 2008. A **Figura (2.1.2)** mostra em forma de diagrama o esquema seguido por este trabalho.

Figura 2.1.2: Plano de trabalho da pesquisa vinculada ao Trabalho de Formatura.



2.2. ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA: PROCEDIMENTOS

De acordo com a lógica dos estágios de pesquisa descritos no item anterior a análise estratigráfica propriamente dita encontra-se conjugada pelas atividades de campo e de escritório, e dependente do conhecimento prévio adquirido sobre aspectos relacionados ao tema da pesquisa. Portanto, o procedimento geral caracteriza-se por três fases bem distintas que caracterizam um sequência de ações para lidar com os dados obtidos em campo (descrição dos dados), sua transformação em informação geológica (construção de perfis, de colunas litoestratigráficas preliminares e esquemas) e posterior interpretação final de acordo com o propósito do estudo (discussão).

O método de descrição dos dados e correlação das informações utilizado neste trabalho caracteriza-se essencialmente como uma análise estratigráfica de dados de superfície e focada no campo da *estratigrafia física*, por exemplo, como discutida por Vail (1992) ao relacionar procedimentos de análise de diversos campos dentro da Estratigrafia e seus propósitos.

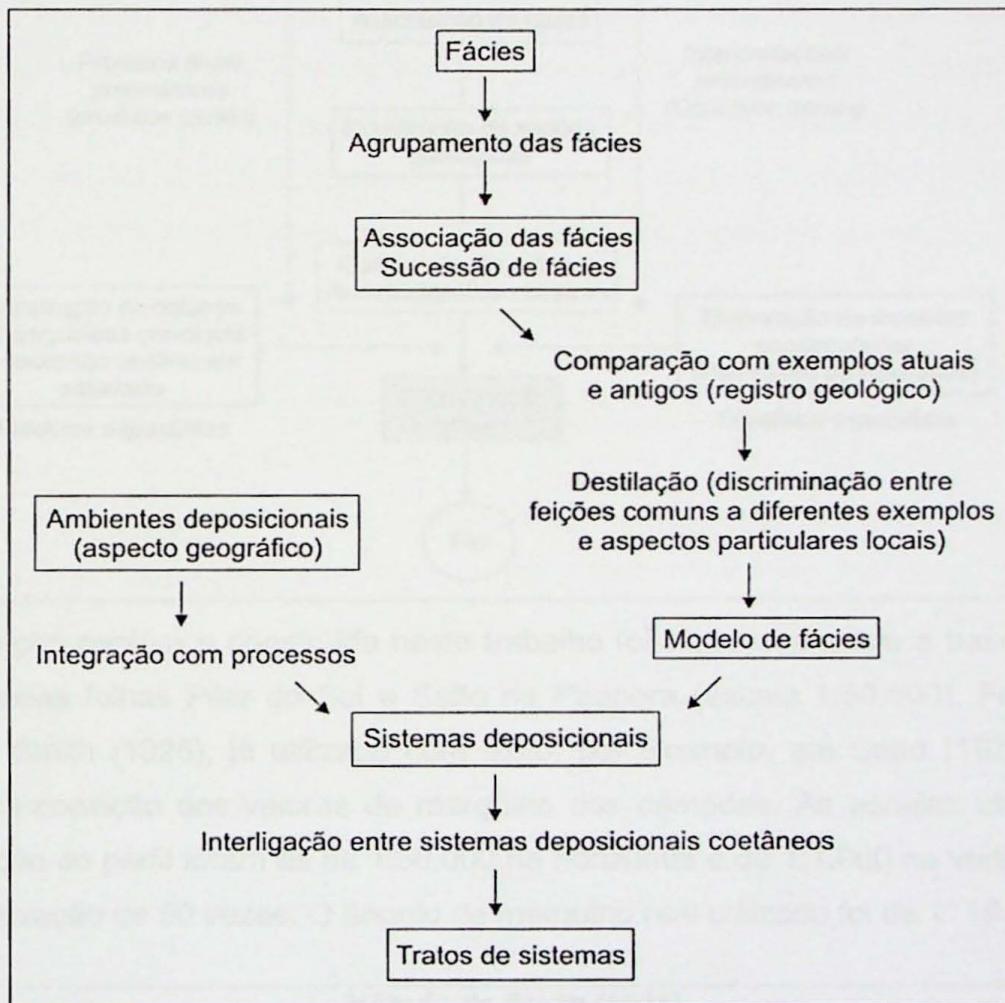
Neste campo de análise, dados bioestratigráficos encontram-se em segundo plano, ou mesmo não são considerados, pois é dada ênfase, primeiramente, na identificação dos tipos de rochas que constituem os estratos (litologia) visando sua diferenciação, não obstante, conjugada ao estudo das feições geométricas encontradas nas rochas para identificar processos (marcas diagnósticas, estruturas, texturas). Este procedimento caracteriza a análise de fácies em escala de afloramento, que, em última instância realiza agrupamentos faciológicos e estabelece sucessões temporais relativas maiores, seja de caráter interno ao agrupamento de estratos estabelecido (conformidades) ou externo, por isso de maior significado temporal (identificação de inconformidades).

Entretanto, para questões de método, observa-se aqui como exemplo, que Saad (1977) e Canuto *et al.* (2001) utilizaram a estratigrafia física associada à análise de dados bioestratigráficos para estabelecerem correlações e construção das colunas litoestratigráficas finais, perfazendo assim uma análise estratigráfica mais completa, caracterizada tanto pela inclusão de variáveis paleontológicas para auxílio da correlação temporal dos estratos, tanto pela extensão geográfica coberta por aqueles estudos, os quais envolveram a realização de mais de um perfil e por isso correlação de diversas colunas litoestratigráficas para estabelecer um panorama da estratigrafia regional da área estudada, segundo os objetivos de cada estudo.

O produto final preliminar mais importante da análise estratigráfica caracteriza-se pela elaboração de uma coluna litoestratigráfica, a qual é interpretada a partir da construção prévia de uma seção geológica da área do estudo. É a partir da coluna litoestratigráfica básica que se pode extrair hipóteses consequentes e elaborar colunas correlatas à sucessão sedimentar em análise, por exemplo, para interpretar tratos de sistemas

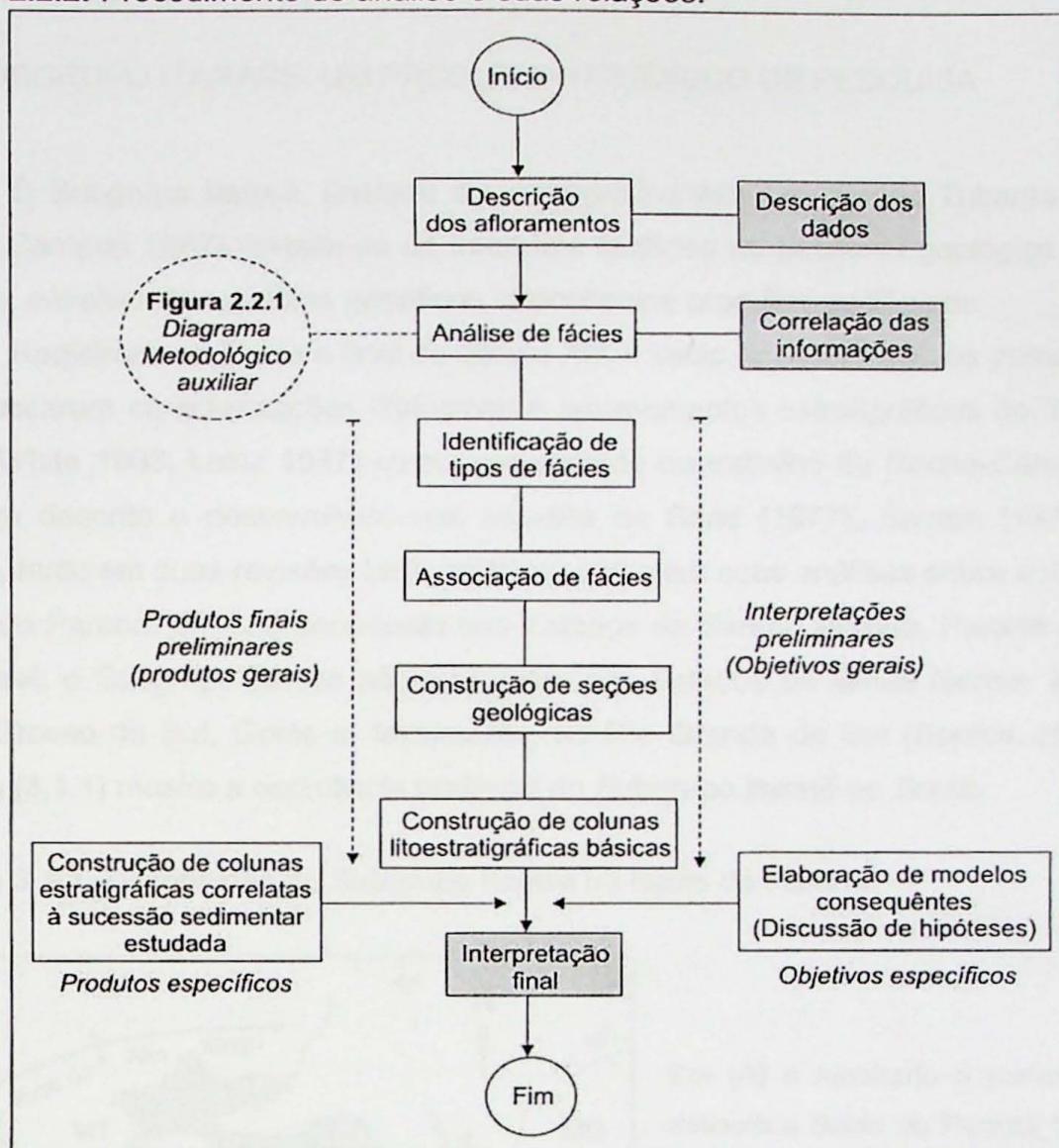
(Estratigrafia de Sequências) e discutir a variação relativa do nível do mar em determinada região. O esquema mostrado na **Figura (2.2.1)** sintetiza esta sequência de procedimentos numa visão mais elaborada. O esquema em questão representa uma sequência de procedimentos de caráter ideal para o estudo de rochas sedimentares. Esquemas correlatos são encontrados na maioria dos manuais e livros textos utilizados para o ensino de Geologia e em publicações geocientíficas especializadas sobre o tema. Sendo assim, devem ser considerados em cada pesquisa o contexto geológico do estudo, seus objetivos específicos e particularidades surgidas ao longo da análise.

Figura 2.2.1: Relações entre fáries, ambientes deposicionais, sistemas deposicionais e tratos de sistemas deposicionais (adaptado de Riccomini *et al.* 2000, p.202).



Neste sentido, a **Figura (2.2.2)** apresenta de forma esquemática o fluxograma dos procedimentos básicos seguidos pela análise estratigráfica deste trabalho, onde são discriminadas aproximadamente uma relação com as três categorias básicas de trabalho apontadas pelos estágios de pesquisa: (1) descrição dos dados; (2) correlação das informações; (3) interpretação. Destaca-se a relação entre os esquemas da Figura (2.2.1) e Figura (2.2.2), onde o primeiro apresenta-se como um diagrama auxiliar ideal para condução da análise com o objetivo de orientar sobre as etapas consequentes de interpretação das informações.

Figura 2.2.2: Procedimento de análise e suas relações.



A seção geológica construída neste trabalho foi elaborada sobre a base topográfica composta pelas folhas Pilar do Sul e Salto de Pirapora (escala 1:50.000). Foi aplicado o método de Smith (1925), já utilizado com êxito, por exemplo, em Saad (1977) e Canuto (1985), para correção dos valores de mergulho das camadas. As escalas utilizadas para representação do perfil foram as de 1:50.000 na horizontal e de 1:1.000 na vertical, portanto uma sobrelevação de 50 vezes. O ângulo de mergulho real utilizado foi de 1° (Saad 1977).

Método de Smith (1925)		
Cálculos	Fórmulas	Variáveis
Correção do ângulo de mergulho	$\text{Cotg } \alpha = \text{Cotg } c / \text{Sen } \alpha$	$a = \text{ângulo de mergulho aparente}$. $c = \text{ângulo de mergulho real}$. $\alpha = \text{ângulo formado entre a direção geológica e a direção do perfil}$.
Cálculo do ângulo de mergulho aparente sobrelevado	$\text{Tg } b = n \cdot \text{Tg } a$	$b = \text{mergulho aparente sobrelevado}$. $n = \text{sobrelevação}$. $a = \text{mergulho aparente}$.

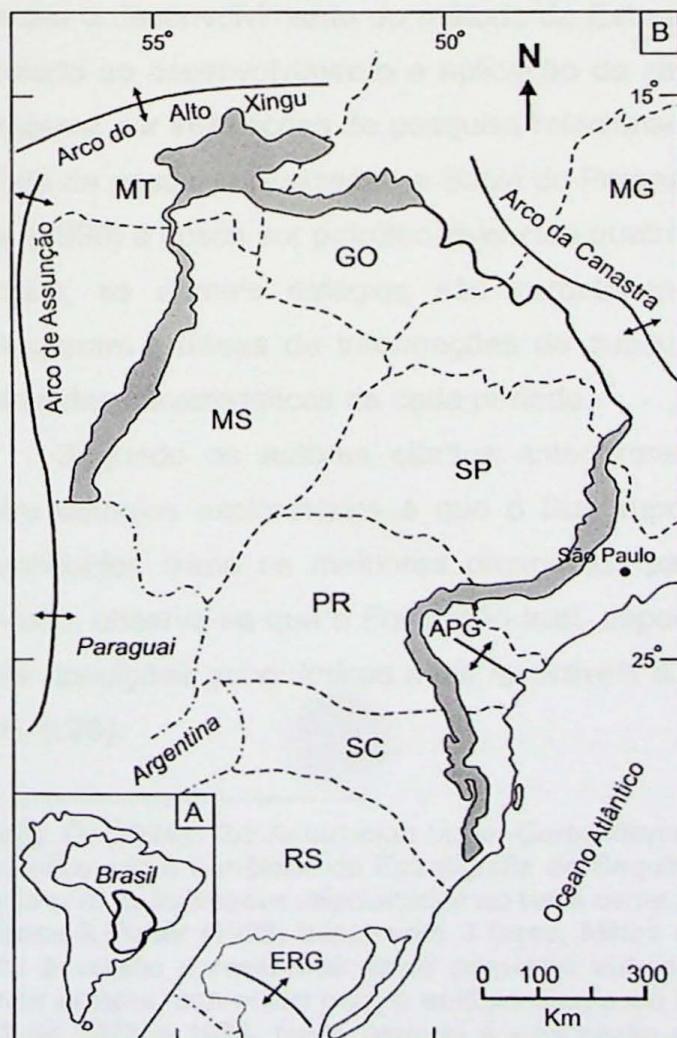
3. ESTUDOS ANTERIORES

3.1. SUBGRUPO ITARARÉ: UM PROBLEMA HISTÓRICO DE PESQUISA

O Subgrupo Itararé, unidade litoestratigráfica basal do Grupo Tubarão (Petri 1964; Rocha-Campos 1967) reveste-se de interesse histórico na pesquisa geológica da Bacia do Paraná, envolvendo aspectos genéticos, processos e produtos geológicos.

Registraram-se desde o final do século XIX e início do século XX, os primeiros estudos que buscaram caracterizações litológicas e agrupamentos estratigráficos do Itararé (Derby 1878; White 1908; Leinz 1937) como apresentado no trabalho de Rocha-Campos (1967) e também descrito e desenvolvido nos estudos de Saad (1977), Santos (1979) e Canuto (1985), tanto em suas revisões bibliográficas, como em suas análises sobre esta unidade da Bacia do Paraná, em sua ocorrência nos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. No Brasil, o Subgrupo Itararé aflora também nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e, localmente, no Rio Grande do Sul (Santos *et al.* 1996). A **Figura (3.1.1)** mostra a ocorrência territorial do Subgrupo Itararé no Brasil.

Figura 3.1.1: Distribuição do Subgrupo Itararé na Bacia do Paraná.



Em (A) é mostrado o perímetro que delinea a Bacia do Paraná no Brasil;
Em (B) é mostrado a distribuição do Subgrupo Itararé na Bacia do Paraná, e os principais elementos tectônicos (ERG = Escudo do Rio Grande do Sul; APG = arco de Ponta Grossa).
Adaptado de Santos *et al.* (1996).

Legenda

Subgrupo Itararé

Convenções

- ✗ Elementos tectônicos
- Limite entre Estados brasileiros
- Limite entre Países
- / Limite da Bacia do Paraná
- Cidade

De acordo com Rocha-Campos (1967) o primeiro tratamento mais amplo dado para glaciação do Paleozóico Superior no Brasil, foi o estudo de Leinz (1937). Neste trabalho, segundo aquele autor, são apontados importantes consequências para o estudo das rochas pertencentes àquela unidade de tempo, assim como a ampliação dos conceitos relacionados ao processo de sedimentação para as rochas de origem glacial. Por exemplo, o caráter continental da glaciação e sua natureza cíclica (sucessões de estratos), sendo, pois, também apresentados dados sobre litologia, sobre o reconhecimento de feições glaciais, e de subsídios para o estudo da direção de fluxo do gelo. Todavia, destaca-se as interpretações genéticas precursoras de Derby para a origem glacial das camadas do Itararé, assim como, da sugestão de correlação destes depósitos glaciais para camadas similares (Permianas) na África, Índia e Austrália, em 1894, “*um dos primeiros registros noticiados sobre a questão*” (*apud* Rocha-Campos 1967, p.30)¹.

Deste o clássico trabalho de Leinz até os dias atuais, sobretudo a partir da década de 50, com desenvolvimento da indústria de transformação e aumento do interesse econômico mundial na busca por petróleo, os avanços de técnicas de investigação modernas e refinadas têm sido fundamentais para o progresso das ciências geológicas, originando grande número de publicações científicas, tecnológicas, e também novas formas de tratamento da informação e de representação do conhecimento geológico. Cita-se como exemplo o desenvolvimento do método da Estratigrafia de Sequências, o qual, encontra-se vinculado ao desenvolvimento e aplicação da sismoestratigrafia pela indústria do petróleo, ou mesmo por instituições de pesquisa relacionadas ao assunto². Neste âmbito, no caso da história da pesquisa realizada na Bacia do Paraná, segundo França & Potter (1988) e Milani *et al.* (1990) a busca por petróleo vivenciou quatro estágios principais³, os quais, exceto pelo primeiro, os demais estágios são caracterizados essencialmente como estudos que privilegiaram análises de informações de subsuperfície. A Tabela (3.1.1) apresenta uma síntese das características de cada período.

Segundo os autores citados anteriormente, o resultado mais importante destes quatro estágios exploratórios é que o Subgrupo Itararé e a Formação Rio Bonito foram reconhecidos como os melhores prospectos para hidrocarbonetos na Bacia do Paraná. Contudo, observa-se que a Formação Iratí, depositada no Neo-Permiano, “é a unidade que reúne condições geoquímicas mais favoráveis à geração de hidrocarbonetos” (Milani *et al.* 1990, p.26).

¹ Derby, O. (1894). *The Amazonian Upper Carboniferous Fauna*. Jour. Geol., v.2, n.5, U.S.A.

² Aspectos sobre o método da Estratigrafia de Sequências serão discutidos em item posterior, e de acordo com os interesses relacionados ao tema deste trabalho.

³ França & Potter (1988) descrevem 3 fases; Milani *et al.* (1990) distinguem 5 fases. Este trabalho utiliza a versão apresentada pelos primeiros autores, associada às observações descritas pelos últimos autores, sobretudo para o estágio quatro da tabela (3.1.1). Observa-se ainda, que entre os anos de 1975 e 1978, neste período a exploração da Bacia do Paraná resumiu-se a estudos de gabinete, sem perfuração de poços ou atividades geofísicas. Pode-se dizer que neste período as pesquisas mais importantes estão vinculadas à academia, por exemplo, (Saad 1977; Santos 1979).

Tabela 3.1.1: Estágios da pesquisa realizada na Bacia do Paraná: caso do petróleo (sintetizado a partir de França & Potter 1988 e Milani et al. 1990).

Estágio	Período	Características
I	1892-1953	Corresponde às atividades pioneiras do final do século XIX e início do século XX, até a criação da PETROBRÁS. Envolveu companhias privadas e o governo numa tentativa de encontrar petróleo. Esta primeira tentativa concentrou-se principalmente na <u>área de afloramento</u> do Estado de São Paulo. Esta fase corresponde à identificação da Bacia do Paraná como entidade geológica.
II	1953-1974	Etapa de atividade intensa, conduzida pela PETROBRÁS , com o apoio de consultores estrangeiros. Caracteriza-se como a primeira fase de exploração com novos métodos exploratórios, incluindo <u>mapeamento sísmico</u> . Nesta fase, cerca de 70 poços foram perfurados, sendo alguns deles na faixa de afloramento e outros já na parte central da bacia, coberta por basalto. Corresponde ao início da exploração propriamente dita da Bacia do Paraná a partir de acumulações subcomerciais, principalmente no Estado de Santa Catarina. Destaca-se que a descoberta de acumulações <i>offshore</i> no início da década de 70, levou a PETROBRÁS a abandonar temporariamente a exploração na Bacia do Paraná.
III	1980-1983	Estudo realizado pela Paulipetro , que perfurou 31 poços, sendo oito na parte central profunda da bacia. Destaca-se que foram encontrados gás na Formação Rio Bonito e gás condensado no Subgrupo Itararé. Entretanto, nenhuma destas ocorrências resultou em acumulação comercial. O <u>encerramento do Consórcio Paulipetro</u> ocorreu em 1983, culminando com o fim desta fase até meados da década de 80.
IV	1986 em diante	Retomada do processo exploratório pela PETROBRÁS na Bacia do Paraná. Caracteriza-se pela <u>utilização contínua de tecnologias de ponta</u> nas atividades de aquisição e processamento de dados sísmicos, cuja qualidade já permitia o mapeamento de feições estruturais passíveis de testes exploratórios. Destaca-se a criação do Núcleo de Exploração da Bacia do Paraná (Nexpar) , em 1988, que propiciou a centralização das atividades inerentes à bacia em Curitiba.

O Subgrupo Itararé constitui-se de sequência sedimentar de idade permo-carbonífera, cujos depósitos, caracterizados principalmente por diamictitos, apresentam influências glaciais em seus diferentes ambientes deposicionais (Schneider *et al.* 1974).

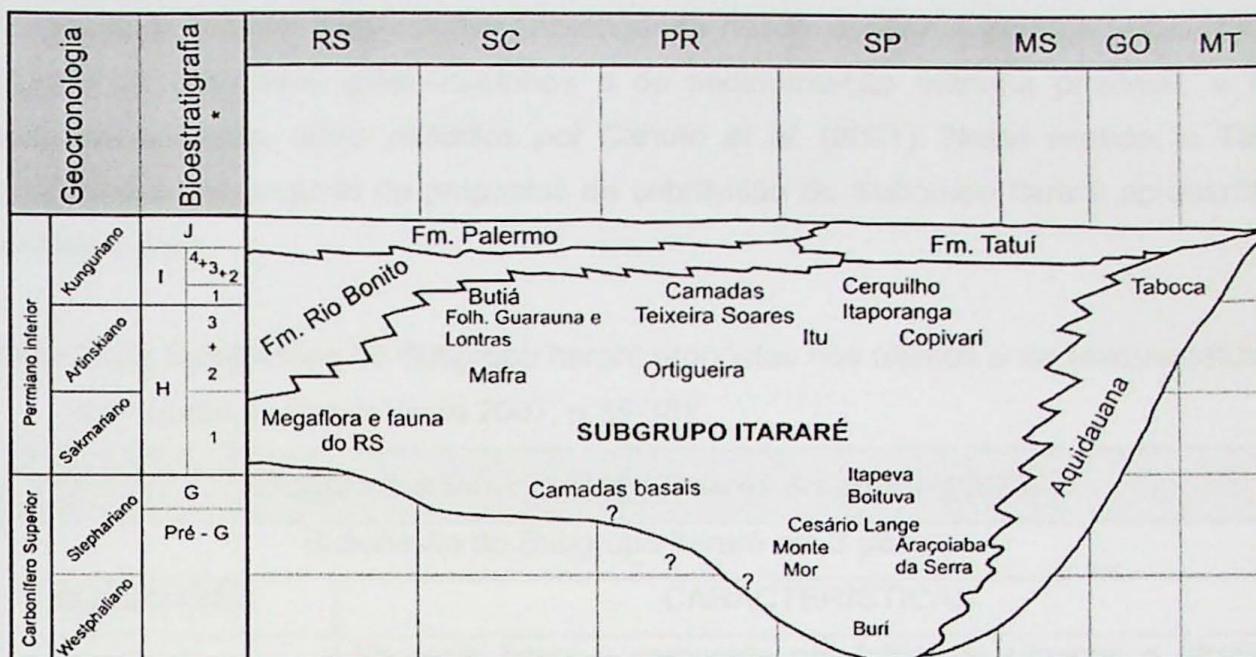
No Estado de São Paulo, os diamictitos do Subgrupo Itararé ocorrem generalizadamente, podendo constituir a litologia predominante em algumas seções, juntamente com arenitos, folhelhos, siltitos e ritmitos irregulares, e, localmente, ritmitos regulares (varvitos). Neste âmbito, entre os trabalhos mais importantes disponíveis na literatura geocientífica relativos ao conhecimento litoestratigráfico do Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo, que incluem a área de estudo, podem ser citados Rocha-Campos (1967), Saad (1977), Santos (1979), Souza Filho (1986), Santos (1987), Gama Jr. *et al.* (1992a, b) e Florêncio & Canuto (1998).

Dos problemas geológicos surgidos para o estabelecimento de uma hierarquia local da unidade em estudo (Subgrupo Itararé), e sua correlação regional coerente, um aspecto de consenso na literatura citada anteriormente, é o problema do reconhecimento e interpretação do registro das rochas formadas em ambiente glacial, suas associações, e possibilidades de correlação (Santos 1987). Nas palavras de Santos (1996), o Subgrupo Itararé corresponde ao registro mais espesso, extenso e, possivelmente, o apontamento mais longo da glaciação neopaleozóica no supercontinente Gondwana. Sendo assim, estudos envolvendo informações bioestratigráficas, litoestratigráficas, de sismoestratigrafia, e tectônicos relacionados à Bacia do Paraná, devem conviver naturalmente, para a formação de um tecido contínuo de conhecimento sobre o Subgrupo Itararé.

No Estado de São Paulo, o Itararé corresponde a uma sucessão sedimentar superior a 1300 m (Santos 1987) e não apresenta, ainda, uma subdivisão litoestratigráfica adequada em unidades de menor hierarquia. Em parte, este problema verifica-se pela dificuldade de reconhecimento e correlação das litofácies, as quais, apresentam-se com caráter recorrente ao longo de toda unidade (Schneider *et al.* 1974), em parte também pela carência de camadas-guia e controle bioestratigráfico (Petri & Souza 1993; Souza 2000).

De forma ilustrativa, a **Figura (3.1.2)** reflete sobre este problema da subdivisão do Itararé, tanto pela abrangência regional de ocorrência como por sua espessura relativa às outras unidades do Grupo Tubarão. Destaca-se para a figura em questão que a palinologia prevalece como método de reconhecimento de limites bioestratigráficos e refinamento da geocronologia, pois, a presença de macrofósseis é pobre ou ausente no Itararé (Daemon & Quadros 1970).

Figura 3.1.2: Posicionamento bioestratigráfico do Subgrupo Itararé, com base em zoneamentos propostos por vários autores (Adaptado de Petri & Souza 1993).



* Intervalos bioestratigráficos segundo Daemon & Quadros (1970) e Lima *et al.* (1983).

Petri & Souza (1993) declaram que as unidades litoestratigráficas são reflexo de paleoambientes, contudo, a verificação de que existem zonas bioestratigráficas comuns a certos estratos destas unidades, torna improvável que os limites destas zonas bioestratigráficas reflitam variações paleoambientais em lugar de variações temporais. Por exemplo, a contemporaneidade parcial entre o Subgrupo Itararé e a Formação Rio Bonito, como representa a **Figura (3.1.2)**. Na visão destes autores, o Subgrupo Itararé pós-Artinskiano seria pós-glacial.

Por outro lado, Daemon & Quadros (1970, p.365), a partir de evidências bioestratigráficas, fazem reflexão sobre a influência tectônica para o regime de sedimentação regional do Itararé, como declara o fragmento a seguir, “uma parte da sedimentação do Grupo Itararé apresentou um hiato no Permiano Inferior (Artinskiano), indicando levantamento da área nesta época, dando origem ao Arco de Ponta Grossa, enquanto que (...)”, informações rumo à parte norte da bacia indicam que “(...) a sedimentação neste tempo foi normal”⁴. Esta reflexão vem ao encontro com à opinião de Petri & Souza (1993) sobre as idades Kungurinas para o Itararé ocorrerem a partir do norte do Estado do Paraná para o norte da bacia. Nota-se ainda, apoiado nas idéias do fragmento acima, como a conjugação de fenômenos eustáticos e isostáticos foram determinantes para o regime de sedimentação regional do Itararé, principalmente no degelo final Permiano (Machado 1995; Santos *et al.* 1996), ocasionando a formação de variados ambientes deposicionais, e por conseguinte, a diversificação do registro litológico do Itararé.

⁴ No artigo em questão, Daemon & Quadros (1970) tratam o Itararé como Grupo. Neste trabalho, o Itararé é tratado com a hierarquia de Subgrupo (Rocha-Campos 1967).

Desta maneira, a preocupação se reveste no fato de que o Subgrupo Itararé apresenta um amplo conjunto de associações de fácies, que possibilitam o reconhecimento de diversos ambientes deposicionais, abrangendo desde depósitos glaciais terrestres, até depósitos de ambientes glácio-marinhos e de sedimentação marinha proximal, e mais distais, por exemplo, como descritos por Canuto *et al.* (2001). Neste sentido, a Tabela (3.1.2) mostra um conjunto de propostas de subdivisão do Subgrupo Itararé apresentadas nos últimos anos.

Tabela 3.1.2: Subdivisões do Subgrupo Itararé propostas nos últimos anos (esquematizado com auxílio de Perez-Vieira 2007, p.35-38).

Andrade & Soares (1971) e Soares & Landim (1973)	
Subdivisão do Subgrupo Itararé em 3 pacotes	
SUBDIVISÃO	CARACTERÍSTICAS
Pacote inferior	Na parte basal é composta por folhelhos rítmicos e ritmitos, além de diamictitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos. Na parte superior dominam arenitos texturalmente imaturos, estratificados, com teor de matriz variável, grãos brilhantes e angulares, intercalando corpos de diamictitos
Pacote Intermediário	Pacote onde predominam diamictitos, siltitos e ritmitos
Pacote Superior	Composto essencialmente por arenitos grossos e conglomerados, ocorrendo também diamictitos.
Saad (1977)	
Divisão informal do Grupo Tubarão (os 4 primeiros correspondem ao Subgrupo Itararé)	
SUBDIVISÃO	CARACTERÍSTICAS
Conjunto A	Formado por sedimentos clásticos finos associados a diamictitos e clásticos grossos, na região centro-leste. Rumo ao sul predominam os diamictitos e sedimentos clásticos grossos.
Conjunto B	Predomínio de clásticos finos, com diamictitos e clásticos grossos subordinados.
Conjunto C	Grande quantidade de clásticos finos, associados diamictitos e clásticos grossos, na parte centro-leste, sendo que ao sul e a nordeste voltam a predominar clásticos grossos e diamictitos.
Conjunto D	Mesma situação verificada no conjunto B
Conjunto E <i>correspondente à Formação Tatuí</i>	Composto por siltitos variados (principalmente avermelhados e esverdeados) e arenitos finos.

Soares et al. (1977)	
Subdivisão local do Subgrupo Itararé (metade superior)	
SUBDIVISÃO	CARACTERÍSTICAS
Associação I	Constituída basicamente por arenitos conglomeráticos grossos, passando a arenitos finos, siltitos arenolamíticos, localmente com laminação fílmica, contendo restos vegetais e raramente calcário.
Associação II	Caracterizada pela presença de arenitos e diamictitos, sendo que os diamictitos são predominantes.
Associação III	Composta predominantemente pela presença de siltitos com ritimitos e/ou lamitos levemente conglomeráticos.
Associação IV	Caracterizada pela intercalação de camadas de arenitos com ritimitos e/ou lamitos levemente conglomeráticos.
França & Potter (1988)	
Subdivisão local do Subgrupo Itararé em 3 unidades formais	
SUBDIVISÃO	CARACTERÍSTICAS
Formação Lagoa Azul (Base)	Depositada apenas ao norte do Arco de Ponta Grossa, sendo composta por arenitos, siltitos e lamitos com seixos. É subdividida em dois membros: Cuiabá Paulista (arenitos) e Tarabaí (siltitos e lamitos seixosos). Entre ambas, ocorre, localmente, uma lente de folhelhos denominada Folhelho Foncador.
Formação Campo Mourão	De composição arenosa, com folhelhos, siltitos e lamitos seixosos subordinados. Apresenta, em Santa Catarina, uma lente de folhelho denominada Membro Lontras.
Formação Taciba (Topo)	Subdividida em três membros: Rio Ivaí (arenitos), Chapéu do Sol (lamitos seixosos) e Rio do Sul (sedimentos argilosos)

Deve-se considerar que cada proposta de subdivisão do Itararé apresentada acima possui suas particularidades metodológicas, as quais, encontram-se relacionadas à origem da informação geológica e seu tratamento. Por exemplo, a classificação a partir de dados de subsuperfície de França & Potter (1988), e da classificação de Saad (1977) e Soares et al. (1977) que privilegiam a análise a partir de dados de superfície. De uma forma ou de outra, o caráter regional prevalece nestas subdivisões, principalmente devido à ausência de informações seguras que venham estabelecer uma correlação entre a parte norte da Bacia (sobretudo o Estado de São Paulo) com a parte sul, a qual, encontra-se melhor diferenciada. Para os Estados do Paraná e Santa Catarina, por exemplo, é largamente aceita a divisão do

Subgrupo Itararé nas formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul (Schneider *et al.* 1974). Deve-se observar, entretanto, a correspondência aproximada entre as formações definidas por Schneider (*op.cit.*) e as formações definidas por França & Potter em 1988 (Milani *et al.* 1994). A Tabela (3.1.3) ilustra as diferentes unidades litoestratigráficas que compõem o Grupo Tubarão nas várias porções da Bacia do Paraná, de acordo com as visões mais recorrentes descritas na literatura geocientífica sobre o assunto (Saad 1977; Santos 1987; Canuto 1993; Canuto *et al.* 2001; Souza 2000).

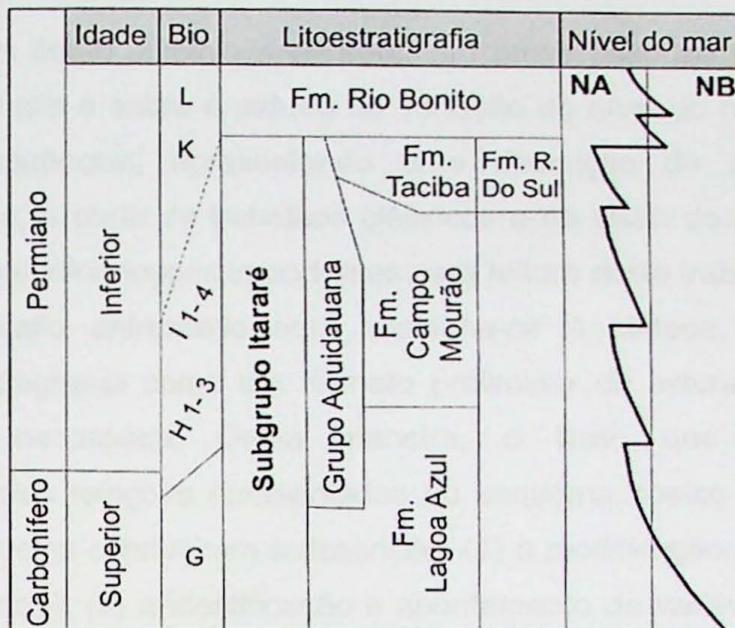
Tabela 3.1.3: Divisão litoestratigráfica do Grupo Tubarão (copiado de Souza 2000, p.16).

		RS-PR	SP	MS-MT
Grupo	Subgrupo	Formação		
Tubarão	Guatá	Palermo	Tatuí	Dourados
		Rio Bonito	Rio Bonito / Tietê	
Tubarão	Itararé	Taciba	Taciba	Aquidauana
		Campo Mourão	Campo Mourão	
		Lagoa Azul	Lagoa Azul	

Outro aspecto recorrente na literatura geocientífica, e que se apresenta como um problema, é o significado ambiental e predomínio dos ciclos deposicionais no Itararé. Como declara França & Potter (1988, p.186), “Parece que os ciclos deposicionais são respostas a mudanças climáticas e do nível do mar”. Sendo assim, devido a sua larga ocorrência no Subgrupo Itararé, os diamictitos, podem, ainda, representar importantes marcos estratigráficos para determinação de fases de queda relativa do nível do mar, no âmbito da análise sequêncial, mais propriamente no estudo de Estratigrafia de Sequências (Van Wagoner *et al.* 1988; Vail *et al.* 1991; Canuto *et al.* 2001), seja em maior ou menor escala.

No caso da Bacia do Paraná, uma bacia intracratônica e glaciada, a análise estratigráfica do Subgrupo Itararé, quando relacionada ao estudo da variação do nível do mar, vem elucidar questões sobre mudanças climáticas atuantes. Principalmente, considerando estudos sobre aspectos da paleogeografia regional (Santos 1987). Os modelos utilizados apontam para uma relação de dependência entre as variáveis de isostasia e eustasia vigentes (Santos *et al.* 1996; Canuto *et al.* 2001), os quais, apresentam-se como condicionantes geológicos para os regimes de sedimentação e processos de resedimentação (Gama Jr. *et al.* 1992a). Segundo Milani *et al.* (1994) a sedimentação carbonífera-permiana assumiu, no seu todo, um caráter transgressivo, em função do degelo e consequente subida do nível do mar. No entanto, a tendência transgressiva foi quebrada momentaneamente pela entrada das cunhas arenosas da Formação Rio Bonito, no Artinskiano/Kunguriano (ver Figura 3.1.2). De forma idealizada, a Figura (3.1.3) mostra uma visão qualitativa sobre a variação do nível do mar para o Subgrupo Itararé.

Figura 3.1.3: Variação do nível do mar no Subgrupo Itararé (copiado de Santos *et al.* 1996).



Nomenclatura estratigráfica do Subgrupo Itararé, mostrando os intervalos bioestratigráficos segundo Daemon & Quadros (1970), e variação do nível do mar – curva idealizada, representada por Santos *et al.* (1996), em parte baseada em Zalán *et al.* (1991a) (NA = nível alto; NB = nível baixo).

Neste contexto, a arquitetura da Bacia do Paraná apresenta-se como fator determinante à compreensão da variação relativa do nível do mar em suas várias porções. A complexidade deposicional vigente em um ambiente sedimentar influenciado pela presença e atividades de geleiras (caso do Subgrupo Itararé), principalmente em posições relativamente mais próximas de bordas de bacias sedimentares (caso deste estudo) é um agravante considerável no âmbito da análise estratigráfica e sequencial da Estratigrafia de Sequências, assunto relacionado ao próximo item deste trabalho.

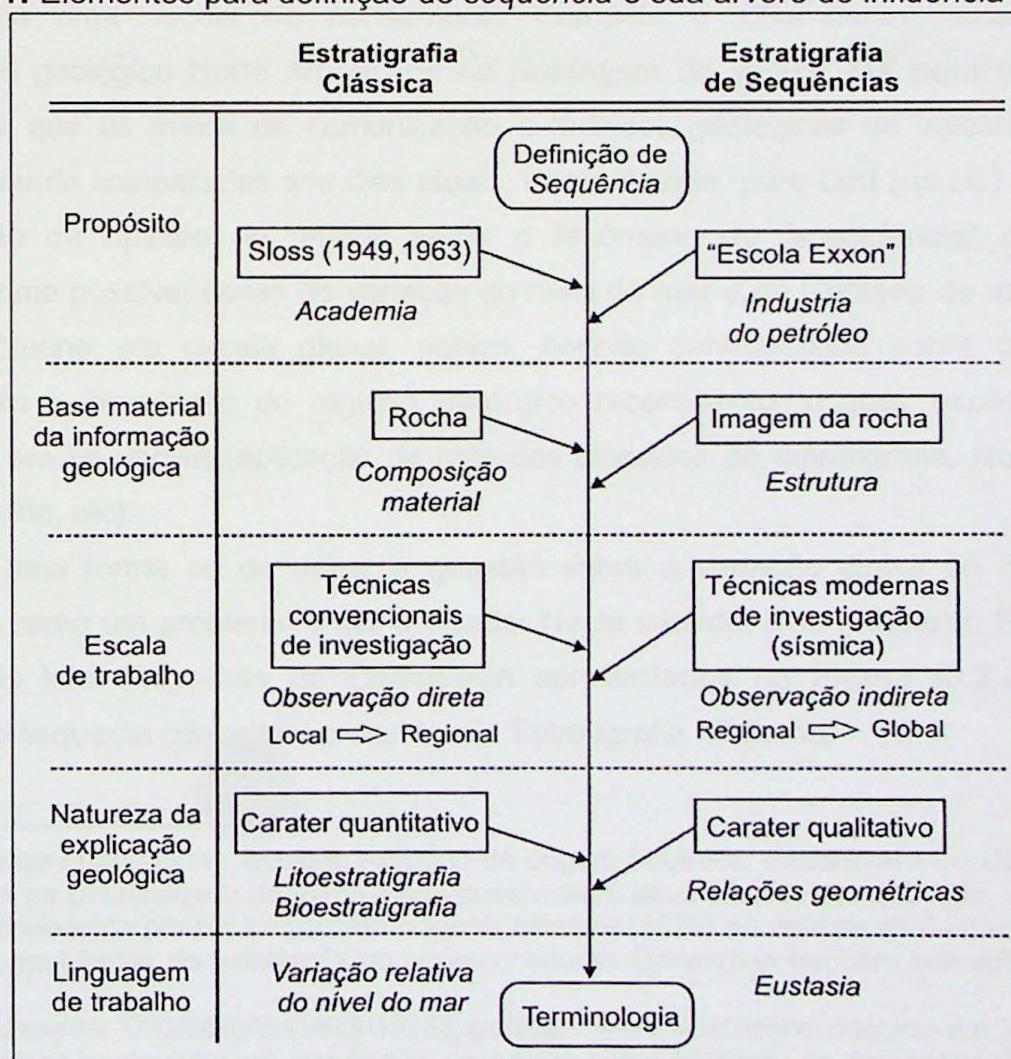
Por fim, considerada a síntese da diversidade de problemas e perspectivas de estudo relacionadas ao Itararé expostos acima, Klein (1995) *apud* Milani (2007), aponta para os problemas relacionados ao estudo em bacias intracratônicas, “....*Bacias intracratônicas ocorrem no interior continental, distantes de margens de placas. Elas são ovais em planta e tem forma de pires em seção. Bacias intracratônicas tem a crosta continental por substrato, e em muitos casos encontram-se sobrepostas a riftes abortados. A evolução destas bacias envolve uma conjugação e sucessão de processos que incluem distensão continental, subsidência térmica de amplas regiões e reajustes isostáticos tardios. A controvérsia tem caracterizado o estudo da origem e evolução das bacias intracratônicas...*”.

3.2. ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS: HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO

Este item tem como objetivo apresentar um breve histórico sobre a trajetória dos conceitos sobre eustasia e sobre o estudo da variação do nível do mar na perspectiva da Estratigrafia de Sequências, apresentando uma descrição de aspectos importantes relacionados ao tema, a partir de trabalhos clássicos e na visão de autores modernos, os quais, possam agregar informações importantes para leitura deste trabalho.

O maior desafio enfrentado aqui relaciona-se à síntese do conhecimento. A construção de um diagrama como um formato preliminar de leitura para orientação das idéias mostrou-se necessária. Desta maneira, o texto que se segue, guia-se aproximadamente pelas relações apresentadas no esquema abaixo (**Figura 3.2.1**), e sua sequência. Dois aspectos conduziram a descrição: (1) a modificação da idéia de sequência (definição de sequência); (2) a identificação e apontamento de variáveis essenciais para o estudo da variação do nível do mar (terminologia). Destaca-se aqui, desde já, uma atenção para a “escala de trabalho” como um fator determinante e recorrente ao longo de todo o texto. Este esquema representa uma visão global preliminar de leitura, uma introdução.

Figura 3.2.1: Elementos para definição de sequência e sua árvore de influência moderna.



O termo eustasia, que define as mudanças do nível do mar em escala global foi introduzido por Suess em 1906 (Vail et al. 1991). Eduard Suess acreditava que as transgressões e regressões da linha de costa estariam associadas a oscilações do nível do mar em escala global, atribuindo como causa estágios de subsidência do substrato oceânico, relacionados à hipótese de resfriamento e contração da Terra (Dott 1992a). Porém, observa Emery (1996) que a teoria glacial como controle eustático já era considerada no final do século XIX.

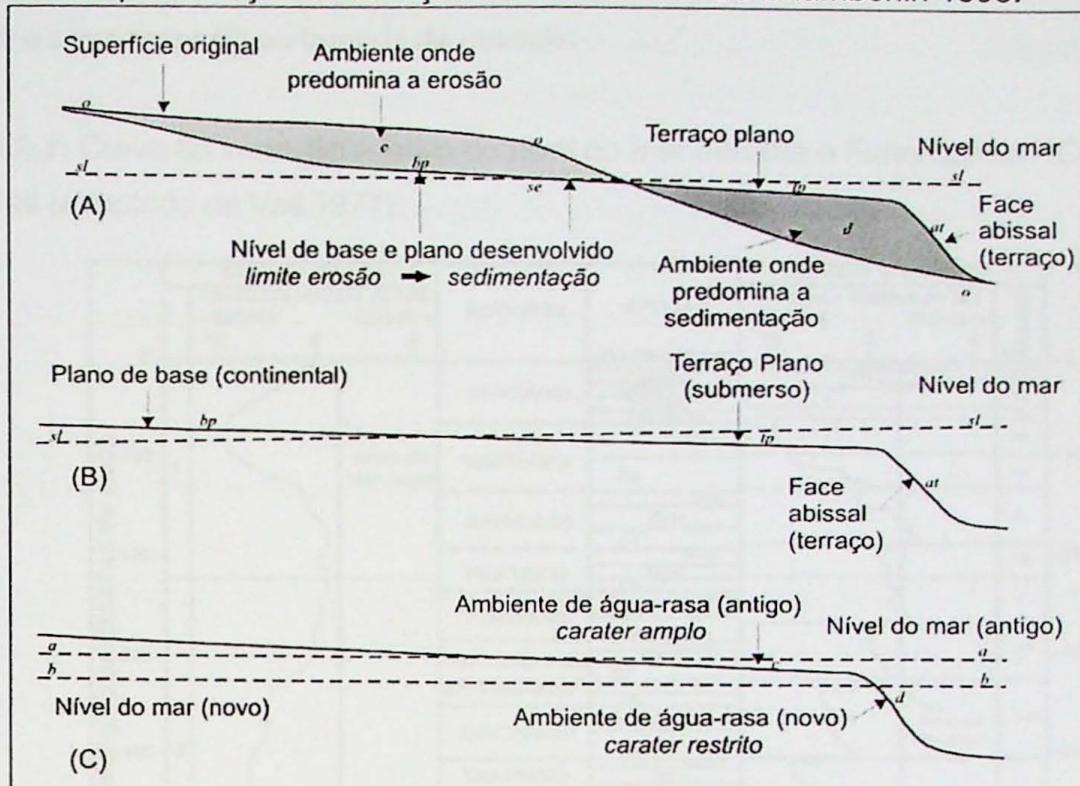
Numa perspectiva histórica, Emery (1996) ilustra um aspecto interessante sobre a evolução do estudo da variação do nível do mar: o esquema apresentado por Chamberlin em 1898 (**Figura 3.2.2**) e das idéias presentes em seu artigo de 1909, o qual, faz referência à hipótese de correlação de inconformidades homologas desenvolvidas pela oscilação do nível do mar em distintas regiões. Segundo Dott (1992b) haveria uma intertextualidade entre as idéias de Suess e Chamberlin no âmbito das proposições de hipóteses relacionadas ao assunto “variação do nível do mar”, não obstante, anteriores ao advento da Tectônica Global iniciada por Alfred Wegener no início do século XX. Importante notar que, Suess⁵ representaria uma escola de pensamento Européia e Chamberlin⁶ uma escola de pensamento geológico Norte Americana na passagem do século XIX para o século XX, período em que os meios de comunicação e técnicas geológicas de investigação eram arcáicas quando comparadas aos dias atuais. Neste âmbito, para Dott (*op.cit.*) haveria uma aproximação da opinião de ambos sobre o fenômeno de “subsidência” do substrato oceânico como possível causa da variação do nível do mar e da hipótese de atuação deste último fenômeno em escala global, porém, haveria controvérsias sobre o critério de interpretação e correlação do registro geológico reconhecido, o qual, explicasse o seu tratamento em tal escala (aplicação de métodos clássicos de estratigrafia, litoestratigrafia, bioestratigrafia, etc).

De uma forma ou de outra, a questão sobre a variação global do nível do mar prevaleceu como um problema a ser pensado. Neste sentido, Dott (1992b) e Emery (1996) apontam os três diagramas de Chamberlin apresentados na **Figura (3.2.2)** como um exemplo de esquema conceitual precursor da Estratigrafia Moderna.

⁵ Eduard Suess (1831-1914), geólogo Autíaco de origem Britânica, nascido em Londres, Inglaterra. Foi Professor na Universidade de Viena, onde desenvolveu seus estudos em geologia. Além do termo *eustasia*, é conhecido por ter introduzido o termo *biosfera* (1875) ao discutir as camadas envoltórias da Terra. A postulação da existência do supercontinente *Gondwana* também relaciona-se às suas idéias.

⁶ Thomas Chrowder Chamberlin (1843-1928), geólogo Norte Americano nascido em Illinois. Foi um influente geólogo e educador em sua época, conhecido como fundador do *Journal of Geology*, o qual permaneceu como editor durante anos. Dentre os seus trabalhos, destaca-se seus estudos sobre método e sobre o raciocínio geológico, largamente conhecido por seu artigo denominado *Método das múltiplas hipóteses de trabalho* (1897).

Figura 3.2.2: Representação da variação do nível do mar de Chamberlin 1898.



Do original: (A) o-o Original Surface; sl Sea level; e Land carried away by erosion; d Detritus build into circumcontinental terrace; tp Terrace plain; at Abysmal terrace face; bp Base-plain developing landward. (B) bp Continental base-plain; sl Sea level; tp Submerged terrace plain; at Abysmal terrace face; (C) a Former sea level; b Succeeding sea level; c Former ample shallow-water tract; d Succeeding constricted shallow-water tract. (Desenho copiado de Chamberlin 1898, com texto esquematizado na figura a partir de Emery 1996).

Novas idéias necessitam de novas linguagens e esquemas. A história de desenvolvimento da Estratigrafia Moderna encontra-se intimamente relacionada à indústria do petróleo. Segundo esta visão, há uma tendência em explicar o que é sequência a partir das relações entre as inconformidades reconhecidas no registro geológico tendo como referência o estudo da variação do nível do mar (em escala global), não obstante, a partir de informações sismo-estratigráficas.

A chamada “curva de Vail” de 1977 representa um produto final sobre o assunto, e caracteriza esta visão moderna, a qual diz respeito sobre a evolução metodológica da aplicação das idéias de sequência da Estratigráfica Clássica para o método da Estratigrafia de Sequências (**Figura 3.2.3**). Destaca-se na figura em questão (“curva de Vail”) os ciclos de 1^a e 2^a ordem.

Vail *et al.* (1977) propuseram que uma sequência poderia ser interpretada como sendo depositada entre dois pontos de inflexão de queda eustática, ou seja, durante um intervalo de queda e subida do nível do mar global que, dependendo de sua duração, pode ser classificado em até seis ordens, como expostas por Vail *et al.* (1991). Nas palavras de Vail (1992, p.91) “(...) nós continuamos a acreditar que a hipótese eustática é um valioso

guia para pesquisa e merece nossa defesa". A Tabela (3.2.1) ilustra as seis ordens de grandeza e seus respectivos tempos de duração.

Figura 3.2.3: Curva da variação relativa do nível do mar durante o Fanerozóico - Curva de Vail (adaptado de Vail 1977).

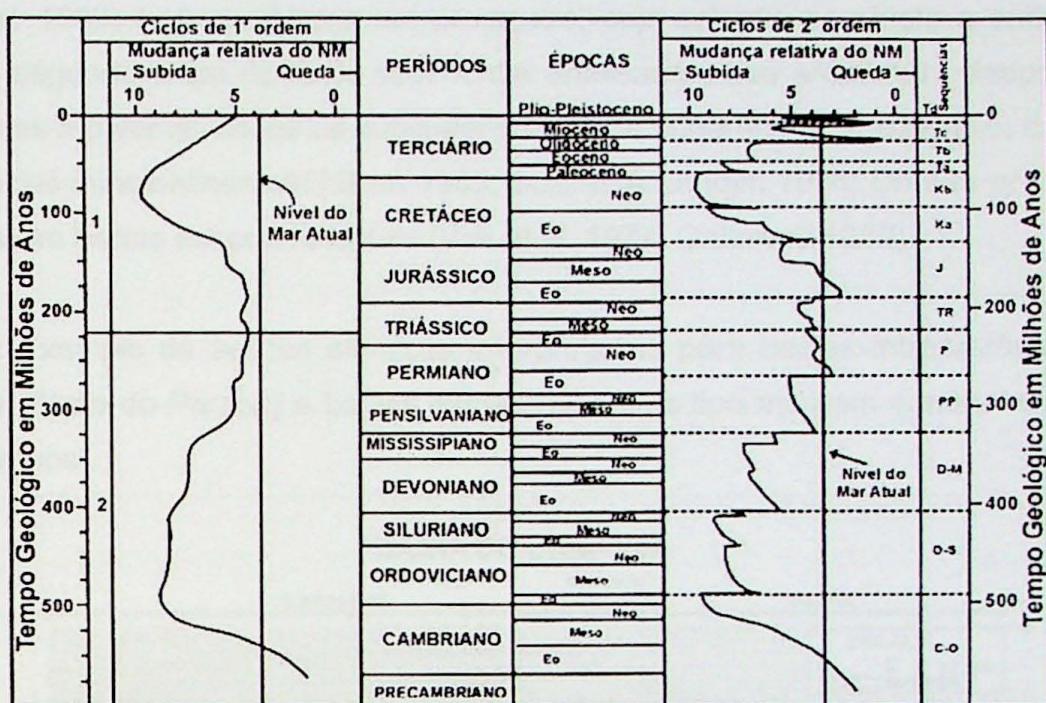


Tabela 3.2.1: Ordens de grandeza dos ciclos eustáticos (adaptado de Vail *et al.* 1991).

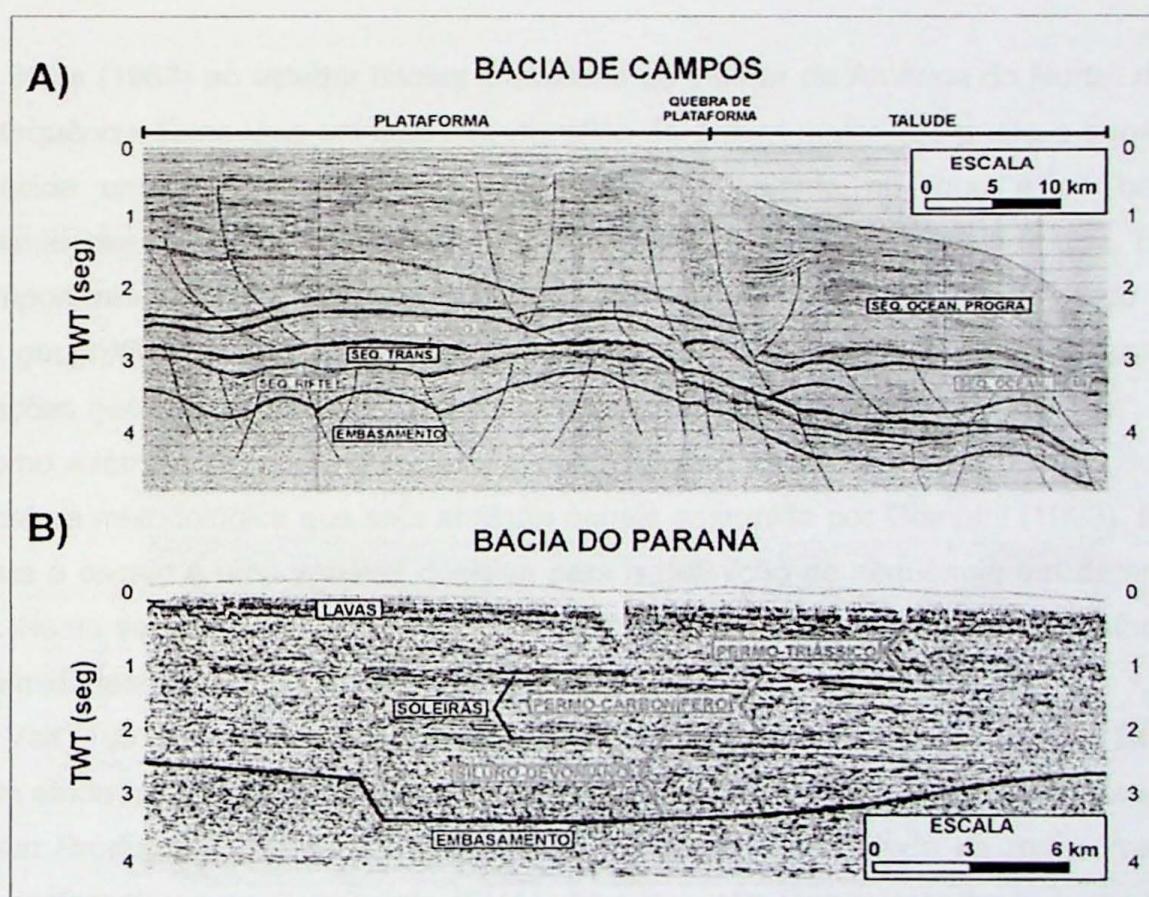
Ordem	Duração
1 ^a	> 50 Ma
2 ^a	50-3 Ma
3 ^a	3-0.5 Ma
4 ^a	0.5-0.08 Ma
5 ^a	0.08-0.03 Ma
6 ^a	0.03-0.01 Ma

O afloramento de novos conceitos de sequência em Estratigrafia ocorreram ao longo das décadas de 60 e 70 pela chamada "Escola Exxon", a partir das idéias de unidade estratigráfica de Sloss, primeiro expostas em 1949 (Vail 1992), associada a sua aplicação na interpretação de informações geológicas de subsuperfície obtidas a partir de técnicas sísmicas, cuja escala de trabalho integra maior número de informações num mesmo escopo. A Figura (3.2.4) abaixo exemplifica muito bem a potencialidade da informação geológica presente num perfil sísmico e de sua relação com a modificação da concepção da idéia de sequência para análise estratigráfica fundada nesta base material de informação.

A modificação da idéia de *sequência* conjugada à moderna base material da informação geológica tratada (perfis sísmicos) mostram-se como o maior paradigma vivido pela Estratigrafia no final do século XX (Dela Fávera 2001), sobretudo, quando observada sobre o prisma da tradução da informação geológica em conhecimento geológico.

Neste âmbito, a definição da escala de trabalho como unidade de interpretação (Van Wagoner *et al.* 1990) é um problema em progresso, cuja solução se ajusta a cada caso: grosso modo, segundo o tipo de bacia sedimentar analisada e sua arquitetura deposicional, seja em análises a partir de dados de subsuperfície ou de superfície. Por exemplo, casos de estudo em bacias intracontinentais (Sloss 1963; Soares & Landim 1978; Canuto *et al.* 2001) ou de estudos em bacias extracontinentais (Vail *et al.* 1977; Galloway 1989).

Figura 3.2.4: Exemplo de seções sísmicas interpretadas para bacias intracratônicas tipo rampa (Bacia do Paraná) e bacias extracontinentais tipo margem continental (Bacia de Campos).



(A) Linha sísmica adquirida ao longo da Bacia de Campos, onde o padrão estratal de deposição é mais bem resolvido pelos métodos de reflexão sísmica (modificado de Dias *et al.*, 1991). (B) Linha sísmica adquirida na bacia intracratônica do Paraná, onde as descontinuidades na sedimentação são expressas por superfícies de discordância praticamente horizontais e planas (modificado de Zalán *et al.*, 1991b). (Extraído de Roriz *et al.* 2006).

Perfis sísmicos privilegiam a análise geométrica do estrato a partir da imagem, e segundo categorias de escala previamente determinadas (inconformidades, descontinuidades, conformidades, etc). A interpretação litológica é limitada quando comparada a geologia de campo, e a bioestratigrafia depende de técnicas mais apuradas para obtenção dos dados (sondagens) e análise (microscopia), as quais, dependem também de ajustes de escala para interpretação e conhecimentos paleontológicos para correlação.

Segundo Sloss (1996) os maiores impedimentos da aplicação da Estratigrafia de Seqüências em bacias intracratônicas do tipo rampa (por exemplo, **Figura 3.2.4-B**) são os enormes problemas criados pelas diferenças na escala de trabalho, quando comparada com bacias marginais (por exemplo, **Figura 3.2.4-A**). Neste sentido, a “Escola Exxon” e a “Escola PETROBRÁS” (Gabaglia & Milani 1991) tem demonstrado que aspectos técnicos relacionados à obtenção de perfis sísmicos e sua interpretação encontram-se melhor resolvidos em bacias extracontinentais (de magem continental), do que em bacias intracontinentais.

Sloss (1963) ao estudar bacias cratônicas do interior da América do Norte, definiu o termo sequência como uma unidade estratigráfica de ordem maior que grupo e supergrupo, reconhecida em grandes áreas de um continente, limitada no topo e na base por inconformidades de extensão interregional. Sloss (*op.cit.*, p.95) observa ainda que “*o critério mais importante para o estabelecimento de uma inconformidade é a magnitude de seu alcalce geográfico*”, e que este critério não pode ser reconhecido a partir da análise de informações geológicas isoladas; ou, que não sejam integradas como um “sistema”. Cita-se aqui como exemplo de visão integrada, a qual, viria ao encontro com a opinião de Sloss, uma postura metodológica que seja análoga àquela assumida por Giannini (1993). Pode-se dizer que a escala é uma variável decisiva para a definição de sequência em determinado estudo. Neste sentido, recorrendo mais uma vez à Sloss (1963), este autor faz referência a inconformidades interregionais, regionais e locais.

Vail (1992) diz que a sua primeira influência foi o trabalho realizado com Robert M. Mitchum ainda na década de 50 na divisão de pesquisa da *Carter Oil Company* (predecessora da *Exxon Production Research Company*), ao realizarem um estudo de mapeamento em rochas sedimentares na Pensilvânia (EUA): “*desde então temos trabalhado juntos*” (p.85). Desta maneira, pode-se compreender porque estes autores apresentaram nova definição para o termo sequência num mesmo compêndio, definindo sequência como uma unidade estratigráfica composta por sucessões geneticamente correlatas limitadas na base e no topo por discordâncias erosivas e suas conformidades correlativas (Mitchum 1977 e Vail *et al.* 1977). Estes autores apresentaram esta definição a partir da influência do estudo focado em informações de seções sísmicas. Esta definição foi largamente aceita pela comunidade científica relacionada ao tema.

Entretanto, uma crítica severa feita pela comunidade científica ao grupo de Vail e à “Escola de Exxon” ao estabelecerem a curva de variação do nível do mar global (curva de Vail) e suas ordens de escala, encontra-se relacionada ao acesso à informação. Apesar da exposição do método de tratamento dos dados, estes são de natureza sigilosa, pois a pesquisa encontra-se vinculada à indústria do petróleo. Cloetingh (1985, p.158) aponta para esta crítica argumentando de forma metafórica sobre a “informação livre”, não obstante, a partir das palavras de Pitman & Golovchenko (1983)⁷, “devemos enfatizar que nossa inabilidade em apresentar propostas de mecanismos que causariam rebaixamento do nível do mar com taxas e magnitudes como sugeridas por Vail e seu grupo, não significa que tais eventos não ocorram”.

Da mesma maneira, Miall (1986) também critica as idéias de Vail, apontando aspectos na mesma direção de Cloetingh (*op.cit.*), pois argumenta que tal curva teria sido elaborada em estudos localizados, com ausência de dados litoestratigráficos e bioestratigráficos. Declara ainda, sobre a ausência de dados de detalhe, tornando as informações inconsistentes e insuficientes que venham a justificar a generalização da chamada “curva de Vail” e suas escalas como um padrão a ser seguido. Miall atribui este fato à confidencialidade de informações prestadas às empresas de petróleo, o que dificultaria a discussão científica do método.

Por outro lado, Canuto *et al.* (2001), da maneira já declarada por Posamentier & James (1993), consideram que antes de se aplicar os conceitos de Estratigrafia de Sequências a um bacia sedimentar, as condições locais relacionadas à tectônica, ao fluxo sedimentar e à fisiografia devem ser avaliadas. Neste âmbito, Canuto *et al.* (2001, p.109) observam que “A situação é ainda mais complexa no caso de bacias sujeitas a uma glaciação, envolvendo eventos sucessivos de avanço e recuo de geleiras, que, associadamente aos efeitos gládio-isostáticos, afetam a variação do nível do mar e as condições deposicionais”.

A **Tabela (3.2.2)** a seguir, esquematizada a partir do esquema presente em Posamentier *et al.* (1988) e auxiliada pelas definições de Van Wagoner *et al.* (1988), aponta os principais termos relacionados à Estratigrafia de Sequências e suas definições. Os primeiros autores observam que um olhar atento para as relações entre estas definições proverá o geólogo de uma ferramenta para entender melhor a relação entre sequências deposicionais e distribuição faciológica dentro destas sequências.

A **Figura (3.2.5)** ilustra esta visão idealizada dos autores citados anteriormente para a hierarquia dos termos que compõem uma sequência, e sobre a lógica que constitui as relações entre as definições apresentadas na **Tabela (3.2.2)**.

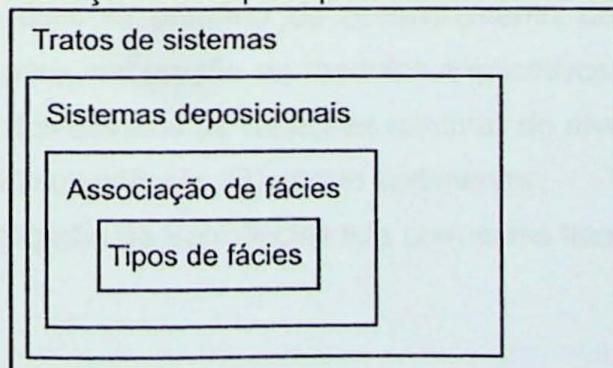
⁷ W.C. Pitman III & X. Golovchenko (1983). *The effect of sea-level change on the shelf edge and slope of passive margins*, SEPM Spec. Publ., 33, pp.41-58.

Tabela 3.2.2: Terminologias e definições em Estratigrafia de Sequências.

Terminologia	Definição
Estratigrafia de Sequências	Estudo das relações de rochas em um arcabouço cronoestratigráfico, onde a sucessão de rochas é cíclica, e que são diferenciadas em unidades de estratos geneticamente relacionados (sequências e tratos de sistemas).
Sistema Depositional	Associação tridimensional de litofácies geneticamente relacionadas (Fisher & McGowan 1967 <i>apud</i> Posamentier <i>et al.</i> 1988).
Tratos de Sistemas	Encadeamento de sistemas deposicionais contemporâneos (Brown & Fisher 1977).
Sequência	Uma sucessão relativamente concordante de estratos geneticamente relacionados, limitados no topo e na base por inconformidades e suas conformidades correlatas. É composta de uma sucessão de tratos de sistemas, e interpretada como sendo depositada entre dois pontos de inflexão de queda eustática, ou seja, durante um intervalo de queda e subida do nível do mar global que, dependendo de sua duração, pode ser classificado em ordens (primeira, segunda, etc). (Vail <i>et al.</i> 1977).
Parassequência	Uma sucessão relativamente concordante de camadas e conjunto de camadas, limitadas por superfícies de inundação marinha e suas superfícies correlatas. Parasequências posicionam-se dentro de uma sequência e se constituem como unidade fundamental da sequência. (Van Wagoner 1985 <i>apud</i> Van Wagoner <i>et al.</i> 1988).
Inconformidade	Uma superfície que separa rochas de idades distintas (mais jovens / mais antigas) em que há evidências de erosão ou não-deposição. Representa um significativo “hiato” de tempo. (Mitchum 1977)
Conformidade	É uma superfície entre camadas que separa estratos de idades distintas (mais jovens / mais antigas), ao longo do qual, não há evidência de erosão ou não-deposição, e que, nenhum “hiato” de tempo pode ser indicado. (Van Wagoner <i>et al.</i> 1988)
Acomodação	Espaço determinado para potencial acumulação de sedimentos. Espaço de acomodação é função direta da variação eustática e da taxa de subsidência. (jervey 1988)

Fonte: esquematizado a partir de Van Wagoner *et al.* (1988) e Posamentier *et al.* (1988)

Figura 3.2.5: Descrição hierárquica para o estudo de sequências.



A partir da conceituação original de Brown & Fisher (1977) para tratos de sistemas (**Tabela 3.2.2**) Van Wagoner *et al.* (1988, p.42) declaram que, “nos utilizamos o termo *tratos de sistemas* para designar as três subdivisões dentro de cada sequência”, denominadas sequências do Tipo 1 e Tipo 2, sendo, pois, também classificadas as superfícies que limitam cada trato de sistemas: superfície regressiva, transgressiva, de inundação máxima e de regressão forçada. Desta maneira, a **Tabela (3.2.3)** a seguir apresenta os quatro tipos de tratos de sistemas descritos pelos autores em questão.

Tabela 3.2.3: Tipos de tratos de sistemas (sintetizado de Van Wagoner *et al.* 1988)

Sequência	Trato de Sistemas	Abreviação
Tipo 1	Mar Baixo	TSMB
	Transgressivo	TST
	Mar Alto	TSMA
Tipo 2	Margem de Plataforma	TSMP
	Transgressivo	TST
	Mar Alto	TSMA

Por outro lado, no caso da aplicação da Estratigrafia de Sequências em bacias intracontinentais, Canuto *et al.* (2001) propuseram o *trato de sistemas regressivos gláctio-isostáticos* (TSRGi), o qual, está caracterizado por um conjunto sedimentar com características distintas depositado sobre a influência glacial. De forma didática, explicam os autores: “*Após a instalação da superfície de máxima inundação, a desaceleração da velocidade de elevação do nível do mar, característica do TSMA, nas bacias não glaciadas, passa a ter somado à sua característica normal, no caso das bacias glaciadas, um efeito adicional, representado por soerguimento continental causado por resposta gláctio-isostática positiva. Este fato relaciona-se ao recuo do manto de gelo, o que causa um enorme alívio de peso sobre o continente. O soerguimento gláctio-isostático provoca o desenvolvimento de uma taxa adicional no abaixamento relativo do nível do mar, criando uma situação sedimentar com características diferentes daquelas observadas normalmente no TSMA em bacias não glaciadas*” (op.cit. p.113).

Finalmente, segundo Jervey (1988) há três variáveis geológicas essenciais que influenciam o controle primário de preenchimento de uma bacia, as quais, devem ser consideradas para elaboração de modelos explicativos que relacionam o controle primário da arquitetura dos estratos às variações relativas do nível do mar, em determinadas escalas: (1) eustasia; (2) subsidência; (3) aporte sedimentar.

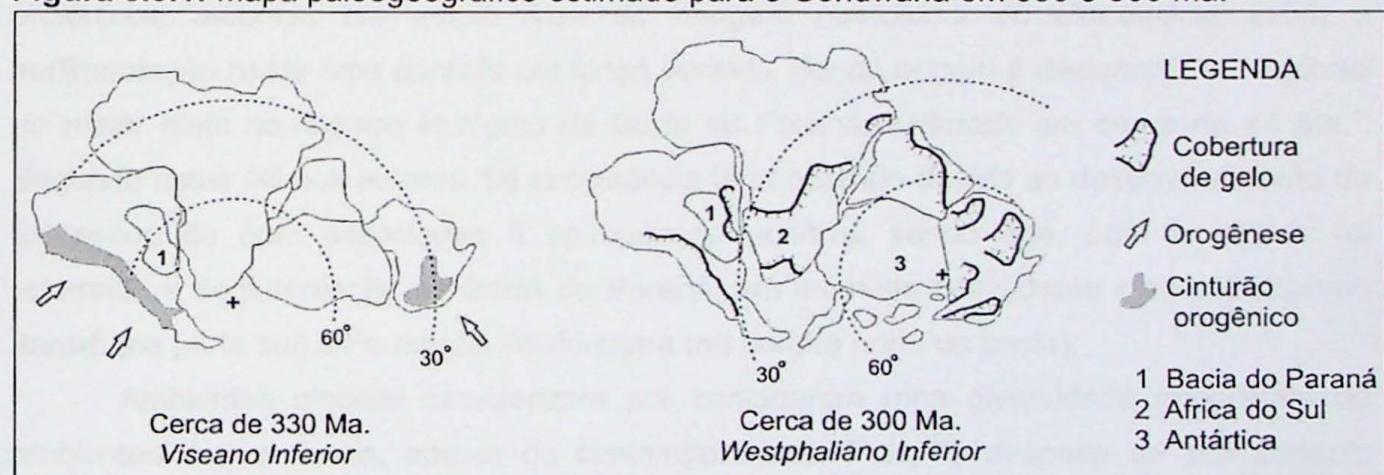
A Estratigrafia de Sequências lida com estes tipos de modelos explicativos.

3.3. GLACIAÇÃO NEOPALEOZOÍCA E REGISTROS GEOLÓGICOS DIAGNÓSTICOS: PROCESSOS E PRODUTOS

Apontamentos sobre a glaciação neopaleozóica na Bacia do Paraná

O primeiro aspecto importante a ser observado sobre a glaciação neopaleozóica que atingiu a Bacia do Paraná consiste na sua posição geográfica e cenário tectônico. De acordo com Santos *et al.* (1996), com o advento da glaciação no Meso-Carbonífero a Bacia do Paraná situava-se em latitudes ao redor de 60° a 65°. Nesta circunstância, a sedimentação na bacia teria sido controlada pela interação de variáveis gládio-isostáticas e gládio-eustáticas (Santos *et al.* 1996; Canuto *et al.* 2001), não obstante, somadas ao contexto de uma bacia intracratônica, a qual pode ser traduzida por sua estabilidade relativa quando comparado à outros tipos de bacias (por exemplo, bacias de margem continental), bem como de sua arquitetura e geometria, que possui como característica a grande extensão territorial associada a declives relativamente suaves (Santos 1996), com terminações do tipo borda em rampa. De tal maneira, que a bacia pode ser imaginada como se fosse um grande pires que atualmente extende-se por uma área de 1.600.000 km².

Figura 3.3.1: Mapa paleogeográfico estimado para o Gondwana em 330 e 300 Ma.



Fonte: desenho adaptado de Eyles *et. al.* (1993).

A Figura (3.3.1) mostra o mapa paleogeográfico construído para o Gondwana em dois períodos: no Viseano Inferior (c. 330 Ma.) e Westphaliano Inferior (c. 300 Ma.). Destaca-se na figura acima a extensa cobertura de gelo (*manto de gelo*) e a posição continental da Bacia do Paraná, uma bacia intracratônica e glaciada durante o Permo-Carbonífero. Ambientes glaciais, além da atividade do gelo, distinguem-se de outros ambientes geológicos pelas feições características de seus depósitos diagnósticos, constituídos principalmente por diamictitos⁸, e também pelos registros geológicos

⁸ De acordo com Eyles *et al.* (1985) o termo “diamictito” como definido por Frakes (1978) é empregado para qualquer sedimento pobemente selecionado, constituído por matriz argilosa / siltosa / arenosa, contendo fragmentos rochosos caoticamente dispersos, de tamanho variado, que podem

associados, por exemplo, marcas de fluxo de geleiras deixadas no substrato (estrias). Estas marcas são indicadores dinâmicos das massas de gelo e representam parte da história do regime climático, então vigente (episódios de glaciação / deglaciação), que pode ser traduzido pelo avanço e recuo de geleiras. Na Bacia do Paraná o fluxo geral do gelo possui direção norte à noroeste, com variações locais. Estudos regionais apontam em torno de 6, 7, e até 9 episódios de avanço de geleiras (Canuto 1985, Santos 1996), separados por intervalos de estagnação ou recuo do gelo, caracterizados por seus depósitos específicos.

Segundo Rocha-Campos & Santos (2000), um aspecto de crucial importância na discussão da história glacial da Terra refere-se à questão do reconhecimento de evidências geológicas das glaciações e de sua preservação no registro geológico. Assim, acrescentam ainda estes autores (*op. cit.*, p.243), “*Por causa do caráter, por assim dizer, ‘autofágico’, da glaciação, que a cada avanço da geleira destrói os seus próprios depósitos prévios, retrabalhando-os, somente o registro da última fase glacial tem mais chance de ser melhor representado geologicamente*”.

Neste âmbito, sobre a preservação dos depósitos de origem glacial, Eyles *et al.* (1993, p.2) observam que “*um longo intervalo de erosão glacial talvez tenha precedido a preservação do registro da deposição glacial na Bacia do Paraná*”. De outra maneira, Milani *et al.* (1994, p.70) apontam que devido a “*uma conjugação de fatores climáticos e tectônicos, atuantes em ampla área da margem meridional do Gondwana, inibiu a sedimentação nesta área durante um longo período, dando origem à discordância regional de maior hiato no registro litológico da Bacia do Paraná, estimado em cerca de 45 Ma.*”. Segundo estes últimos autores, tal circunstância teria ocorrido devido ao desenvolvimento de extensões de gelo associadas à epirogênese positiva, sendo que, com o degelo foi retomada a sedimentação na Bacia do Paraná, em intervalo coincidente com o Subgrupo Itararé (na parte sul) e Formação Aquidauana (na porção norte da bacia).

Ambientes glaciais caracterizam por conjugarem uma diversidade importante de ambientes deposicionais, apesar de contemporâneos. Pois, “*a despeito de seu aspecto estático, as geleiras são dinâmicas, em constante movimento e mudança. O conjunto de feições erosivas, deposicionais e de ambientes direta e indiretamente ligados às geleiras é, pois, extremamente variado e complexo*” (Rocha-Campos & Santos 2000, p.216).

Em termos gerais, Canuto (1985, p.153) ao descrever características gerais da glaciação neopaleozóica que atingiu a Bacia do Paraná nos limites entre os Estados de Santa Catarina e Paraná, aquele autor acabou por fazer uma síntese didática relacionada à caracterização de ambientes glaciais, seus processos e produtos, como expressa o fragmento a seguir, “*Ao que tudo indica, a glaciação ocorreu em condições terrestres e subaquáticas, inclusive marinhas. Em qualquer um desses grandes ambientes, o gelo foi*

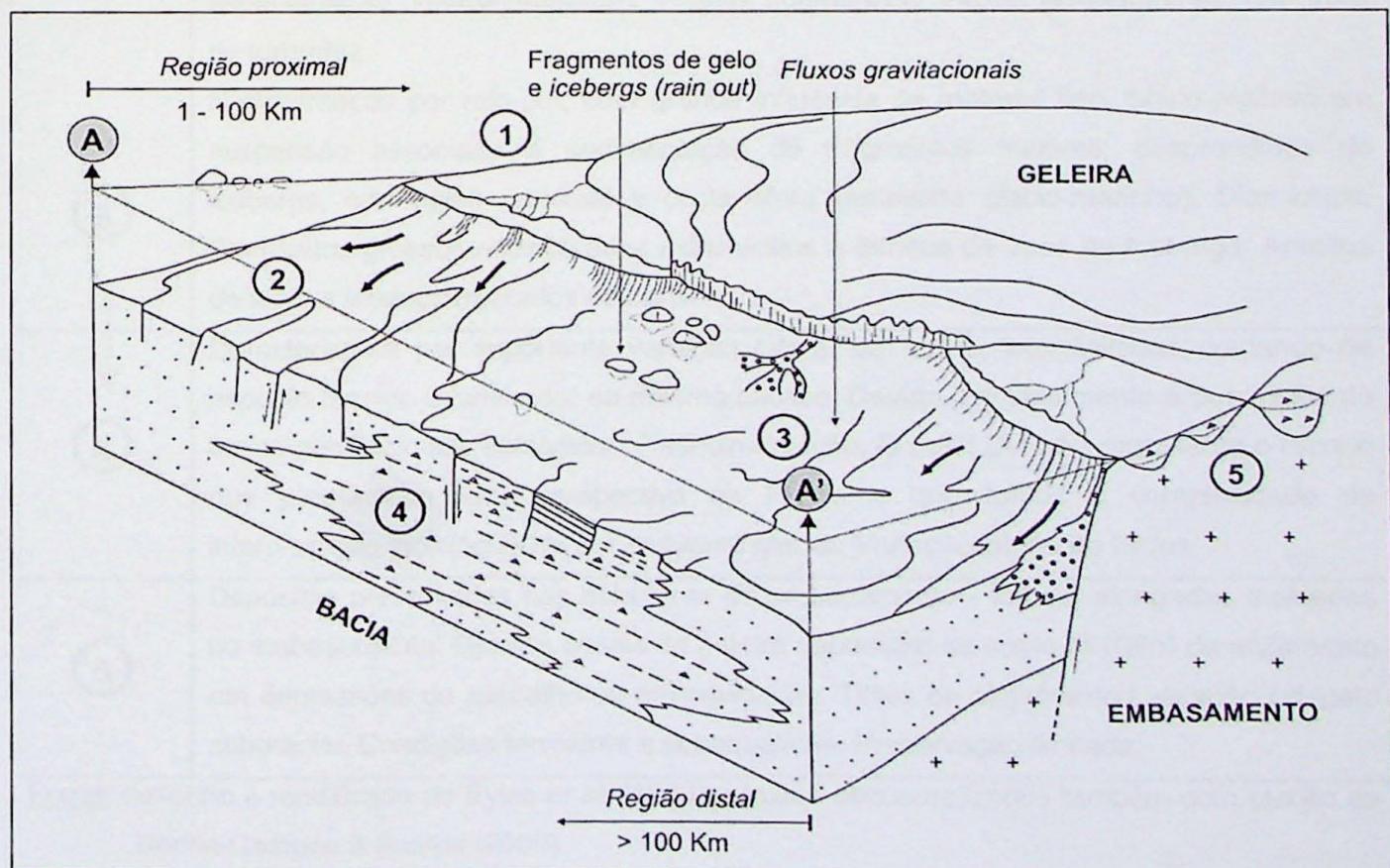
ser reconhecidos em campo sem muitas dificuldades. Por outro lado, o termo “tilito” reserva-se o seu uso para diamictitos depositados na base da geleira e que não sofreram retrabalhamento (depósitos glaciogênicos diagnósticos verdadeiros, *strictu sensu*). Tilitos são depósitos de preservação limitada.

responsável direto pela deposição de diamictitos, além de fornecer detritos depositados diretamente ou resedimentados, através de processos de movimento ou fluxo gravitacional de massa de sedimentos. A ação de águas correntes, produzidas pela ablação ou degelo, foi, também, responsável pelo acúmulo de sedimentos, em ambientes terrestres e subaquático”.

Neste contexto três ambientes glaciais e seus depósitos sedimentares associados são destacados: ambientes / depósitos glacio-marinhos; ambientes / depósitos flúvio-glaciais; ambientes / depósitos glacio-lacustres. A seguir é realizada um breve discussão envolvendo estes três ambientes, tendo, pois, como referência a **Figura (3.3.2)**, a qual representa um modelo deposicional simplificado construído para Subgrupo Itararé. Observa-se que em maior ou menor grau, condições de deposição terrestres, subaquáticas e marinhas podem ser visualizadas, ou inferidas a partir da figura em questão. Nem todos os ambientes podem ser representados num mesmo escopo, o que ocorre com o sistema glacio-lacustre, que é discutido no texto que se segue. Ilustra-se para reflexão, a variação lateral de fácies representada pela perspectiva de análise geométrica do recorte (A – A') na figura, imaginado aqui como sendo perpendicular à direção de fluxo geral de sedimentos e paralelo à direção geral das camadas depositadas sobre influência glacial.

Processos e produtos

Figura 3.3.2: Modelo deposicional idealizado e principais fácies componentes do Subgrupo Itararé: processos e produtos.



Legenda dos principais tipos de fácies (<i>produtos</i>)	
	Argilitos e siltitos laminados/rítmicos. As vezes com presença de fragmentos fortuitos de tamanhos variados (centimétricos/decimétricos); ou contribuição arenosa discreta. Folhelhos.
	Argilitos e siltitos de apariencia maciça. As vezes encontram-se com clastos dispersos e c/ contribuição arenosa mais significativa; Não é raro encontrar depósitos deformados; ou com estratificação caótica.
	Diamictitos de apariencia distintas. Maciços / estratificados/ inconsolidados. Ora de matriz siltico-argilosa, ora arenosa. Presença de clastos, as vezes c/ orientação incipiente.
	Arenitos. No geral podem apresentar-se maciços / imaturos / graduação seletiva / ou com intercalações de material fino.
	Conglomerados. Ocorrências locais, apresentam-se maciços ou com graduação seletiva.
Modelos deposicionais simplificados (<i>processos</i>)	
Ambiente	características
①	Suprimento sedimentar arenoso à siltico-arenoso ao longo de deltas e canais, com abundante presença de fragmentos grosseiros. Abundante fluxo de águas de degelo, rumo à margem submersa da bacia. Planícies de lavagem. De acordo com Rocha-Campos & Santos (2000, p.227) “canais de degelo proglaciais subaéreos são mais visíveis junto à zona de ablação de geleiras, correndo paralelamente às suas margens, porém, com mudanças bruscas de orientação. O sistema de canais de degelo proglaciais passa, por transição, para o sistema flúvio-glacial”.
②	Predomínio de material arenoso. Resedimentação de sedimentos de origem deltática. Influência da topografia do substrato para formação de canais e lóbulos de sedimentação, interdependentes. Leques submarinos. Fluxos gravitacionais, correntes de turbidez.
③	Sedimentação por rain-out, com grande influência de material fino, siltico-argiloso em suspensão associado à sedimentação de fragmentos maiores, desprendidos de icebergs, em região proximal e costa afora (ambiente glacio-marinho). Diamictitos. Diamictitos grossos estratificados / diamictitos e lamitos de zona de Icebergs. Arenitos de leques e conglomerados de canal.
④	Caracteriza-se por importante variação lateral de facies, interdigitadas, variando de aspecto maciço à laminado, ou mesmo caótico. Devido, principalmente à processos de fluxos gravitacionais episódicos. Resedimentação. O perfil (A – A') representa o recorte que proporciona esta perspectiva na Figura e que traduz a complexidade da interpretação faciológica de um ambiente glacial. Variação lateral de fácie.
⑤	Depósitos preservados nas estruturas do embasamento - formas alongadas moldadas no embasamento. Detritos basais da geleira depositam-se como <i>till</i> (tilito) de alojamento em depressões do assoalho ou em cavidades. Tilitos de alojamento / abração / degelo subgracial. Condições terrestres e subaquáticas. Preservação limitada.

Fonte: desenho e modificado de Eyles et al. (1993) e textos esquematizados também com auxílio de Rocha-Campos & Santos (2000).

Na Figura (3.3.2) são apontados dois mecanismos de deposição sedimentar bem característicos de ambientes glaciais: *rain out* ("chuva de partículas") e fluxo gravitacional de massa de sedimentos. Exceto pelo primeiro processo, o segundo ocorre em ambientes não glaciais, por exemplo, em regiões de bacias de margem continental relacionados à existência de declives marcantes do desnível topográfico, por isso com ocorrência de fluxos episódicos ocasionado por razões diversas; por exemplo pela ocorrência de atividades sísmicas episódicas, ou mesmo variações sazonais climáticas marcadas. Estes depósitos estão intimamente associados à ocorrência de turbuditos, cuja sequência é caracterizada como *sequência de Bouma*. Contudo, num ambiente glacial o fluxo de massa de sedimentos está intimamente associado, primeiramente, à dinâmica glacial, caracterizada pela massa de gelo em movimento e, aproximadamente constante. Por exemplo, as *morenas*.

O regime climático do ambiente glacial associado à potencialidade de erosão, carregamento, permanência e transporte de fragmentos de tamanhos variados e materiais finos pelas morenas, interfere tanto na coesão da massa em transporte (mais coesivo, menos coesivo), tanto para ocorrência de fluxo gravitacional de massa em circunstâncias subaquáticas e glacio-marinhas proximais. De acordo com Santos (1996) a posição geográfica da Bacia do Paraná durante a glaciação neopaleozóica relativa à região de latitude artica *strictu sensu*, conjugada as suas circunstâncias paleogeográficas (bacia intracratônica), corrobora para a hipótese de uma glaciação com características temperadas, por isso mais dinâmica na perspectiva dos intervalos de gelo e degelo e destruição dos depósitos. Por outro lado, a ocorrência de lagos (ambientes / depósitos glacio-lacustres) isolados com sistema deposicional relativamente hermético não é raro e, é nestes ambientes que a preservação dos depósitos encontram-se mais permanentes na dinâmica do ambiente glacial. Salienta-se que a topografia exerce papel fundamental no movimento e fluxo das massas de gelo, e hipóteses sobre atividades sísmicas também devem ser consideradas.

Em regiões mais distais entra em cena a chuva de partículas / fragmentos (*rain out*). Nestas regiões, geralmente glacio-marinhas⁹, predominam a deposição de materiais mais finos (em suspensão), cujos depósitos caracterizam pela presença fortuita de fragmentos desprendidos de *Icebergs*. Foram Andrews e Matsch (1983) *apud* Eyles *et al.* (1985), que propuseram a separação dos limites geográficos de ambientes glacio-marinhas em duas zonas de influência: *região proximal* (1 – 100 km) e *região distal* (> 100 km). A Figura (3.3.2) delimita de forma qualitativa estas regiões.

⁹ Deposição por *rain out* ocorre frequentemente também em ambientes glacio-lacustres. Devem ser consideradas variáveis de magnitude e frequência das modificações climáticas e da circunstância paleogeográfica (Rocha-Campos & Santos 2000).

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. DADOS DE CAMPO

As informações de campo compreendem a descrição dos afloramentos e o registro de imagens dos afloramentos estudados. De forma interrelacionada, o item (4.1.1) e (4.1.2) apresentam estas informações. A descrição segue de acordo com a numeração utilizada na carta topográfica da área do estudo para indicar os afloramentos estudados (ANEXO 1). O ANEXO 2, apresenta a seção geológica construída para a linha de afloramentos estudados na área do estudo.

4.1.1. Descrição dos afloramentos

Ponto 1
Localização: Próximo ao Trevo Pilar do Sul-Tapiraí, rumo a Tapiraí, em estrada não pavimentada.
Descrição: Diamictito maciço, compactado (Foto 1 e 2), intemperizado, clastos centimétricos arredondados, em corpo com extensão lateral de cerca de 1 a 2 m, e espessura de cerca de 15 cm, preenchendo, prensado, uma calha com as dimensões compatíveis às descritas acima. A calha é formada pelo embasamento, constituído por filitos do Grupo Açungui. O contato é liso, aplinado, porém não foram observadas estrias. O diamictito apresenta, próximo à base, estruturas desenvolvidas por cisalhamento como foliação fina, ondulada e descontínua subparalela, pseudo-estratificação por cisalhamento e <i>slickensides</i> .
Ponto 2
Localização: Entrada principal de Pilar do Sul.
Descrição: Ponto de controle.
Ponto 3
Localização: Entrando na cidade (Pilar do Sul), início de declive.
Descrição: Diamictito arenoso polimítico, aspecto geral maciço e homogêneo, com muitos clastos centimétricos (até 10 cm) a decimétricos (30 a 50 cm), subarredondados, todos do embasamento (Foto 3 e 4), em afloramento de cerca de 400 m de extensão e espessura superior a 10 m na parte mais espessa (esquina), diminuindo para os lados, ambos em acli. Podem ser observadas algumas lentes descontínuas ou fragmentos de camadas centimétricas de siltito e arenito fino com contatos difusos, e aparentemente deformadas (Foto 5). A parte superior esquerda da Foto 3 , detalhada na Foto 4 , mostra orientação preferencial incipiente de clastos. O diamictito aparenta formar corpo tabular espesso.

Ponto 4

Localização: Continuando rumo a Salto de Pirapora, em aclive e reta longa, no lado direito. Ocorre afloramento com cerca de 300 m de extensão por 3 a 4 m de espessura, em média. A seção tem início em vala, que passa ao barranco em aclive ao longo da estrada.

Descrição: Diamictito arenoso polimítico, amarelado e avermelhado, aspecto maciço, semi-intemperizado, muito semelhante ao diamictito do **Ponto 3**, com cerca de 1 m de espessura, a partir do piso no afloramento. Apresenta fragmentos de camadas amareladas de contatos difusos. Localmente ocorre grande quantidade de clastos milimétricos a decimétricos, quase um conglomerado.

Por contato brusco, sobrepõe-se, ao diamictito descrito anteriormente, diamictito arenoso, marrom avermelhado, com aspecto geral maciço, em forma de camadas tabulares (**Foto 6**), com clastos centimétricos a decimétricos (**Foto 7**), com cerca de 1 m de espessura. Rumo a Salto de Pirapora, verifica-se passagem, para cima, intercalações de arenito fino e lamito marrom avermelhado ou amarelado, sem clastos observados, deformados, com camadas dobradas e rompidas (**Foto 8**), zona esta com cerca de 2,0 m de espessura. Por contato brusco, sobrepõe-se diamictito arenoso, maciço lenticular (**Foto 9**), com espessura de cerca de 1 m, deformado, com clastos centimétricos, subarredondados e subangulosos, sustentados por matriz siltico-arenosa.

Acima do diamictito ocorrem camadas decimétricas de arenito médio a grosso, acinzentado, mal selecionado, imaturo, com estratificação original horizontal, intercalado a camada centimétricas a decimétricas de siltito maciço marrom claro (**Foto 10**).

O conjunto é deformado e dobrado e apresenta espessura de cerca de 1 m. Sobrepõe-se cerca de 1 m de ritmito irregular formado por siltito e folhelho em camadas centimétricas (5 a 10 cm) sem clastos, com ondulações truncantes. Sobre o ritmito ocorre cerca de 1 m de folhelho siltico com intercalação de camadas centimétricas de diamictito arenoso com clastos até centimétricos do embasamento (**Foto 11**).

No final do aclive, no lado direito, ocorre diamictito arenoso cinza, com estratificação centimétrica, passando, por transição, a ritmito irregular vermelho, formado por folhelho e arenito fino em camadas centimétricas.

No final do afloramento, que coincide com o Trevo para Piedade (à direita e posto Ipiranga à esquerda), no lado direito, ocorrem ritmito irregular de siltito argiloso com laminação horizontal e folhelho com laminação horizontal incipiente em menor proporção (**Foto 12**), e ondulações truncantes. O ritmito torna-se mais argiloso na parte superior da seção. A espessura observada no afloramento é de cerca de 4 m. Ocorrem falhas.

Ponto 5

Localização: Km 143 (próximo ao cruzamento das rodovias SP 264 e SP 250)

Descrição: Ritmito irregular formado por folhelho, silitito e arenito fino, com laminação horizontal e cruzada incipiente local, e ondulações truncantes. Ora apresentam-se mais

argilosos ou arenosos, sem clastos. Ocorrem bancos de arenito sobrepostos ao ritmito, por contato transicional. Após mais ou menos 1 m retornam folhelhos e os ritmitos (**Foto 41 e 42**).

Ponto 6

Localização: Ponte sobre o Rio Turvo.

Descrição: Solo (ponto de controle)

Ponto 7

Localização: Rumo a Serra dos Lopes, cerca de 600 m da entrada para fazenda do Turvo.

Descrição: Afloramento extenso (300 m por 8 m, em média). Arenito fino a médio, bem selecionado, imaturo, em bancos, com estratificação horizontal irregular. Sobrepõe-se, por contato brusco, diamictito arenoso maciço com clastos até decimétricos.

Ponto 8

Localização: Km 135.

Descrição: Arenito médio, acinzentado, imaturo, com estratificação horizontal irregular. Observa-se, do lado esquerdo no sentido Salto, um grande afloramento em paredão, fora da estrada a aproximadamente 100 m de distância.

Ponto 9

Localização: Km 131.

Descrição: Até este local, ocorrem os mesmos paredões de arenito médio, imaturo, acinzentado, com estratificação horizontal irregular e deformada, as vezes com estruturas de sobrecarca e/ou em canais.

Ponto 10

Localização: Início do km 130.

Descrição: Afloramentos quase contínuos ao longo de 2 km, com 10 m de altura, em média, em alicive. Arenito médio, imaturo, acinzentado, com estratificação horizontal irregular.

Ponto 11

Localização: km 130.

Descrição: Ponto de controle; rede elétrica.

Ponto 12

Localização: Ponto sobre o Rio Sarapuí.

Descrição: Ponto de controle.

Ponto 13

Localização: Cerca de 500 m após o Rio Sarapuí.

Descrição: Arenito médio, imaturo, acinzentado e com estratificação horizontal irregular.

Ponto 14

Localização: Km 128; afloramento com 600 m por 10 m, em média.

Descrição: Grandes canais de conglomerados maciços, com fragmentos decimétricos de

argila e de camadas de arenito (**Foto 14**), em grande parte angulosos, de aspecto caótico. Os seixos são centimétricos a decimétricos, observando-se, no geral, aspecto caótico, mas ocorrendo gradação normal.

O conglomerado sobrepõe-se, através de contato brusco, erosivo, a arenito médio, escuro e imaturo, sem estruturas sedimentares observáveis (**Foto 13 e 14**).

Ponto 14-A

Localização: Afloramento de cerca de 300 m por 10 m.

Descrição: Arenito fino esbranquiçado a acinzentado, imaturo, e siltito avermelhado intercalados em camadas centimétricas a decimétricas, com estratificação horizontal irregular, localmente rompida, deformados (**Foto 15**).

Ponto 14-B

Localização: Km 127.

Descrição: Arenito fino esbranquiçado, imaturo, com estratificação horizontal irregular, deformados.

Ponto 15

Localização: Km 126.

Descrição: Ponto de controle.

Ponto 16

Localização: Primeira entrada de Salto de Pirapora.

Descrição: Até aqui, vários afloramentos do mesmo arenito.

Ponto 17

Localização: Lado direito; afloramento de 100 m por 8, em média.

Descrição: Arenito médio, relativamente bem selecionado, de cor vermelha a acinzentada, com estratificação cruzada tangencial decimétrica (**Foto 16**), sobreposto por arenito de granulação média, bem selecionado, imaturo e com estratificação horizontal irregular deformada. Acima deste conjunto sedimentar ocorrem folhelho e siltito vermelhos maciços a laminados incipientemente, com clastos dispersos de 1 a 2 cm observados. São recobertos por intercalação de folhelho e siltito com estratificação horizontal, mostrando ondulações truncantes (**Foto 17**).

Ponto 18

Localização: Lado esquerdo. Antes da entrada rumo ao cemitério.

Descrição: Embasamento.

Ponto 19

Localização: Km 119. Entrada principal de Salto de Pirapora, no final de reta em declive.

Descrição: Embasamento.

Ponto 20

Localização: km 131

Descrição: Afloramento composto por arenito fino, bem selecionado, com estratificação cruzada planar longa de baixo ângulo (**Foto 18**). Arenito possui níveis centimétricos de clastos, conglomeráticos, ora intercalados com pequenos níveis de folhelho (**Foto 19**). Lateralmente, em nível mais baixo, observa-se laminação cruzada tangencial (**Foto 20**).

Ponto 21

Localização: Km 132. Obs: adiante, rumo ao ponto 21, paredão de arenito com estratificação horizontal irregular deformada, 50m fora da estrada, lado direito sentido Pilar do Sul (Fluxos gravitacionais).

Descrição: Afloramento extenso, 10m por 80m. Destaca-se a presença do embasamento. Bossa do embasamento, rocha quase afanítica, preta com veios métricos de quartzo. Sobrepõe-se, lateralmente, diamictito maciço compactado, siltico arenoso, muito duro, com clastos decimétricos do embasamento (**Foto 21**), aparentemente hidrotermalizado, espessura de 40cm, descontínuo lateralmente. São observados poucos clastos, alguns deles aparentemente quebrados (*crushing*). Presença de fraturas subhorizontais e sedimento deformado. Provavelmente diamictito cisalhado. Sobrepõe-se arenito com estratificação cruzada decimétrica (**Foto 22**).

Acima, ocorre arenito fino, bem selecionado, aspecto maciço. Sobre o conjunto ocorre ritmito irregular com clastos (**Foto 23**), cerca de 20m de espessura, estimado pelo acidente da estrada.

Ponto 22

Localização: Km 132, continuação ao longo da estrada, sobre o conjunto anterior.

Descrição: Afloramento extenso, composto por folhelho rítmico (intercalações de folhelho e siltito), sem clastos (**Foto 24**), que passa, para cima, a folhelho siltico acinzentado de aspecto maciço (**Foto 193**), sendo que, este último com espessura aproximada de 3 a 5m. Ocorre intercalações de arenito acinzentado com aspecto maciço e espessura de 70 a 80cm.

Ponto 23

Localização: Km 134

Descrição: Afloramento composto de ritmito regular de arenito e folhelho com clastos milimétricos a centimétricos dispersos, sobreposto, por contato brusco, por arenito fino, acinzentado (**Foto 26**), com estratificação cruzada tabular longa, de baixo ângulo (**Foto 27**). O arenito é coberto por ritmito irregular, semelhante ao interlaminado I₂ descrito por Canuto (1993), composto por folhelho e siltito intercalados, com laminação horizontal irregular; não foram observados clastos (**Foto 28**).

Ponto 24

Localização: Km 135

Descrição: Afloramento de 15 a 20m por 200m. Composto por intercalações de arenito fino,

aspecto maciço, marrom, de espessuras decimétricas à métricas, e de folhelho marrom avermelhado, de espessura decimétricas (**Foto 29**), com laminação horizontal incipiente (**Foto 30**).

Ponto 25

Localização: km 136

Descrição: Diamictito siltico-arenoso, com clastos centimétricos, estratificado e deformado, aproximadamente 2m de espessura. Por contato brusco (**Foto 31**) ocorre arenito fino, bem selecionado, com estratificação cruzada (*hummocky*) - **Foto 32**.

Ponto 26

Localização: km 137

Descrição: Afloramento extenso, aproximadamente 170m. Composto ritmito, diamictito e folhelho sem clastos. Ritmito irregular, sem clastos, deformados e cisalhados no topo. Sobrepoê-se diamictito maciço compactado, com poucos clastos visíveis, siltico-arenoso, espessura de 40cm. O contato é mostrado na **Foto (33)**. O conjunto Ritmito e Diamicto é sobreposto por folhelho sem clastos, de cor acinzentada, aspecto maciço (**Foto 34**).

Ponto 27

Localização: Km 138

Descrição: Afloramento composto por arenito fino a médio, estratificado, com clastos dispersos. Feições métricas convolutas (**Foto 35**) e estruturas de sobrecarga (**Foto 36**), sugerindo deslizamento; presença de um grande bloco de arenito, que parece ter escorregado (**Foto 37**).

Ponto 28

Localização: km 138

Descrição: Arenito fino a médio, avermelhado, aspecto maciço, em camadas tabulares decimétricas.

Ponto 29

Localização: km 139

Descrição: Afloramento bem alterado, localizado no piso, beira da estrada, com extensão aproximada de 100m. Composto por diamictito marrom, avermelhado, de matriz siltica, aspecto maciço, com clastos centimétricos a milimétricos (**Foto 38 e 39**)

Ponto 30

Localização: km 142

Descrição: Afloramento formado por uma sucessão de material arenoso (base) a siltico-argiloso (topo), cor avermelhada à amarelada, em camadas tabulares, com espessura aproximada de 3m (**Foto 40**).

4.1.2. Registro de imagens de afloramentos descritos



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8

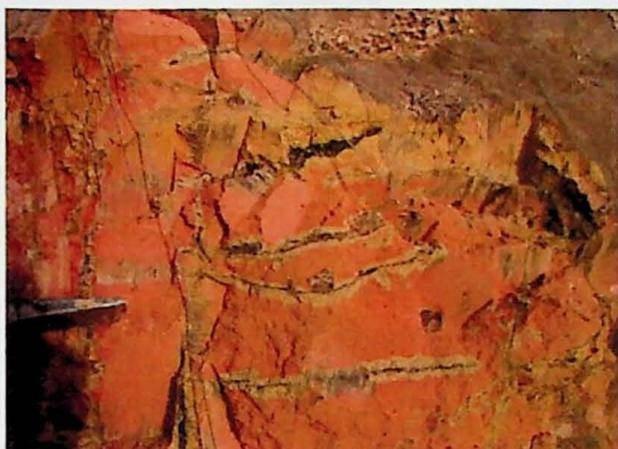


Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12

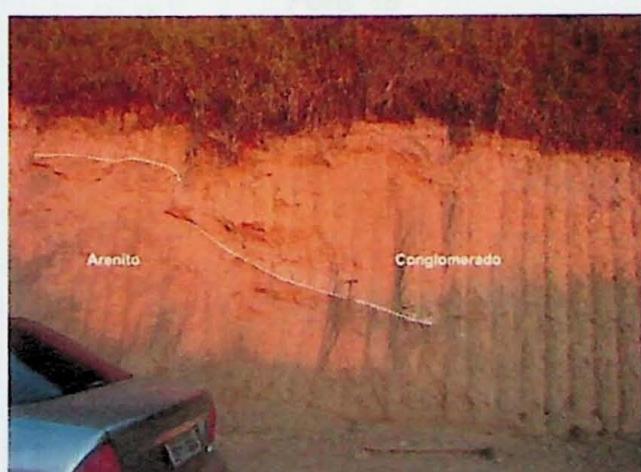


Foto 13



Foto 14



Foto 15



Foto 16

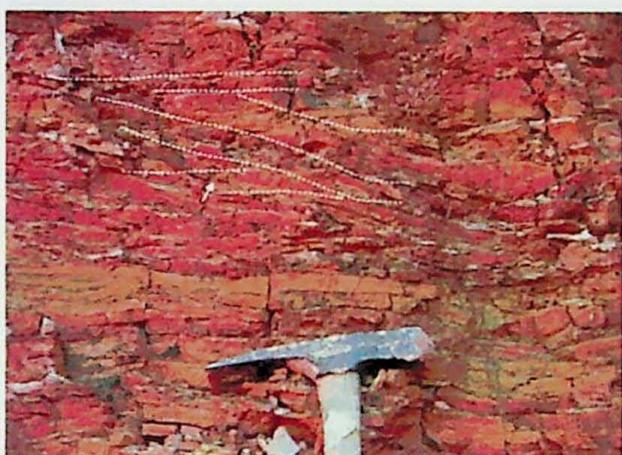


Foto 17



Foto 18



Foto 19



Foto 20



Foto 21



Foto 22



Foto 23



Foto 24



Foto 25



Foto 26



Foto 27



Foto 28



Foto 29



Foto 30



Foto 31



Foto 32



Foto 33



Foto 34



Foto 35



Foto 36



Foto 37



Foto 38



Foto 39



Foto 40



Foto 41



Foto 42

4.2. ANÁLISE DE FÁCIES

Da análise dos sedimentos descritos, relativos aos afloramentos da área do estudo, foram reconhecidas fácies, descritas a seguir, adotando-se a nomenclatura de fácies proposta por Canuto *et al.* (2001). No texto que se segue, é recorrente e necessária para caracterização das fácies, a citação de informações obtidas pela descrição dos afloramentos (**Item 4.1.1**), assim como do registro de imagens de afloramentos descritos (**Item 4.1.2**).

4.2.1. *Tipologia de fácies*

Fácies compostas por diamictitos

- **Fácies diamictito maciço, compactado**

Composta de diamictito maciço, compactado, em corpos descontínuos, espessura decimétrica (cerca de 15 cm), extensão lateral métrica (1 a 2 metros), prensado em estrutura em forma de calha, no substrato formado por filito, tendo como exemplo o afloramento do Ponto 1 (**Foto 1** e **Foto 2**). A superfície de contato entre o diamictito e a calha é plana, lisa e polida, verificando-se, na base do sedimento, foliação fina e descontínua subparalela incipiente, formando superfícies, e feições do tipo *slickensides*.

Interpretação

Durante o transporte, os detritos são freqüentemente colocados em contato com o substrato da geleira. O coeficiente de fricção desenvolvido pelo movimento da geleira, entre os fragmentos rochosos e o substrato é superior ao existente entre o gelo e o substrato e, desta forma, têm deslocamento retardado, com relação ao gelo basal circunvizinho (Boulton *et al.* 1979; Canuto 1999).

Detritos em processo de tração sobre substrato duro provocam abrasão e erosão do mesmo. Segundo Boulton (1975), quando a força de atrito exercida pelo substrato sobre os fragmentos é suficiente para inibir o movimento destes, ocorre a sua deposição por processo de alojamento, idéia reiterada em Boulton & Paul (1976), Boulton & Deinoux (1981), e Boulton (1982).

O depósito resultante, denominado till de alojamento, forma-se, no geral, em irregularidades do embasamento/substrato, onde os fragmentos rochosos arrastados pelo gelo basal são aprisionados e prensados contra as paredes, através da pressão exercida pelo movimento do gelo sobrejacente (Boulton 1971; Rocha-Campos & Canuto 1983; Canuto 1985).

Resultam desses mecanismos tills de alojamento sob a forma de corpos delgados e descontínuos, e extremamente compactados. A ocorrência de superfície plana, lisa e polimento sobre o substrato recoberto pelo diamictito maciço, evidencia a abrasão causada pelo deslocamento e arrasto de geleiras sobre o substrato.

A presença de foliação fina e descontínua subparalela incipiente na base do diamictito, próximo ao substrato, e feições do tipo *slickensides* são associadas a esforços de cisalhamento também causados pelo movimento do gelo sobre o diamictito que está sendo prensado na irregularidade do substrato.

As características acima referidas, exibidas pelo diamictito maciço e compactado, fazem com que o mesmo seja interpretado como ***tilito de alojamento subglacial*** (Boulton 1971, Canuto 1985).

- **Fácies diamictito maciço, não compactado**

Representada por diamictito polimítico arenoso, aspecto geral maciço e homogêneo, com clastos centimétricos a decimétricos, subarredondados, em afloramentos extensos lateralmente, exemplificada pelo afloramento do Ponto 3 (**Foto 3 e 4**) e parte basal do Ponto 4. A parte superior esquerda da **Foto 3**, detalhada na **Foto 4**, mostra orientação preferencial incipiente de clastos.

Interpretação

Lawson (1981) explicou que características como orientação preferencial de clastos paralela ao fluxo do gelo, e presença de lentes descontínuas e de sedimento pobemente selecionado podem ser herdadas de detritos englaciais estratificados preexistentes associando o conjunto de feições a tills de degelo (ou de ablação).

Haldorsen (1983) demonstrou que os tills de ablação podem ser deficientes em materiais finos, silticos, quando comparados aos tills de alojamento, refletindo, então, uma menor abrasão sofrida pelos detritos englaciais.

Os diamictitos maciços não compactados correspondem a tilitos de ablação (*melt-out*) subglacial, conforme a comparação das características descritas acima. Estes diamictitos depositam-se *in situ* pela fusão lenta de massas de gelo estagnado soterrado, retendo algumas das feições dos detritos englaciais, dos quais são derivados (Boulton, 1970a). Como afirmam Paul & Eyles (1990), segundo a visão comum, o processo de *melt-out* é uma acumulação grão a grão, à medida que cada partícula ou agregado de partículas libera-se do gelo.

Segundo Boulton (1970b) e Paul & Eyles (1990), na zona de degelo subglacial, as oportunidades de deposição são bastante restritas, ocorrendo provavelmente quando a

geleira em movimento torna-se estagnada, permanecendo porções de sua base localizada sobre irregularidades do substrato. Essas condições são, portanto, de importância local, razão pela qual nem sempre esses tills são preservados e, por conseguinte, difíceis de serem encontrados, como explicam os autores acima mencionados. Explicam ainda que, em situação distinta, como, por exemplo, quando depositados sobre partes mais regulares do substrato, podem ser totalmente dispersados por reinício de movimentação da geleira, podendo transformar-se em alojamento, ao encontrarem algum obstáculo, ou, então, sofrer trituramento e serem englobados novamente pela geleira.

Entretanto Canuto (1999) explicou que, se, após sua deposição, houver soterramento por sedimentação de outras unidades sobrejacentes, o diamictito maciço não compactado, poderá ser preservado. Normalmente após um evento de avanço glacial, e, em seguida, estagnação da geleira, pode ocorrer degelo e formação de tills de ablação e, se houver recuo drástico das geleiras (sem recorrência glacial nessa época), a tendência é ocorrer elevação do nível do mar. Como consequência deste fato, poderá haver deposição sobreposta de sedimentos marinhos, fluxos gravitacionais glaciogênicos por instabilização de sedimentos acumulados na margem da bacia local, seguidos de folhelhos depositados durante o dia a dia da bacia sedimentar. Sendo assim, conclui-se que podem ser preservados diamictitos maciços não compactados, sob a carga sedimentar acima referida, soterrados e protegidos pela mesma.

Os diamictitos deste tipo são, conforme Gravenor *et al.* (1984), depositados em ambientes de plataforma interna e externa sendo formados durante avanço e estagnação glacial e recebem, desse autor, a denominação de *undermelt tillites* (tilitos de degelo subglacial).

Nesta oportunidade está sendo considerada, então, para os diamictitos maciços não compactados observados no afloramento do Ponto 3, a denominação de **tilito de ablação ou de degelo (ablation ou meltout tillite)**.

- **Fácies diamictito lenticular**

Os diamictitos maciços lenticulares (**Foto 9**) observados exibem características similares às descritas para os diamictitos maciços tabulares, diferenciando-se basicamente pela geometria dos corpos preservados, a qual se apresenta em forma de canais confinados, amalgamados e superpostos, desenvolvidos através da movimentação de lobos de seção lenticular e aspecto acanalado, centimétricos a decimétricos, feições estas muito parecidas às descritas por Canuto (1999).

Os diamictitos apresentam clastos, centimétricos, subarredondados e subangulosos, sustentados por matriz siltico-arenosa. Para exemplificar considera-se o diamictito da parte superior da sucessão, descrito para o Ponto 4.

Interpretação

Apresentam as mesmas características descritas para os diamictitos maciços tabulares, distinguindo-se pela geometria dos corpos.

Os corpos sedimentares confinados se desenvolveram através da movimentação de lobos de seção lenticular e aspecto acanalado, centimétricos a decimétricos, feições estas muito parecidas às descritas por Canuto (1999).

Os diamictitos maciços lenticulares podem manter seu curso ou modificá-lo lateralmente, de acordo com possíveis irregularidades no talude ou rampa, resultando em sobreposição e colmatação dos corpos (Lowe 1982). São depositados em partes um pouco mais distais da parte superior de leques submarinos, relativamente aos diamictitos tabulares, onde a declividade do talude pode ser mais acentuada.

Estes diamictitos também são interpretados como produtos de *fluxos coesivos de detritos* (Lowe 1979 e 1982; Visser 1983; Postma 1986; Canuto 1999; Canuto *et al.* 2001).

- **Fácies diamictito tabular**

Representada por diamictito arenoso, marrom avermelhado, com aspecto geral maciço, exemplificado pelos sedimentos do afloramento do Ponto 4. O conjunto sedimentar ocorre na forma de camadas tabulares (**Foto 6**), observados por cerca de 40 m ao longo da estrada em declive, com cerca de 1 m de espessura, sobreposto a diamictito maciço não compactado. O diamictito mostra poucos clastos, centimétricos a decimétricos (**Foto 7**).

Interpretação

O tipo de sedimento (diamictito), a presença de fragmentos argilosos, que podem corresponder a pedaços de camadas mais argilosas intercaladas no diamictito, rompidas devido a processo de deslizamento, e a geometria das camadas sugerem a formação dos depósitos ao desenvolvimento de fluxos gravitacionais não confinados para estes diamictitos.

Os fragmentos de camadas rompidas mais argilosas (**Foto 6**), estiradas e deformadas, observados acima do clasto maior, provavelmente correspondem rompimento de camadas menos competentes, em estado semi-inconsolidado, devido a esforços causados pelo movimento por deslizamento.

Utilizando-se as explicações de Canuto (1999), para sedimentos similares nos estados do Paraná e Santa Catarina, considera-se que, de acordo com as características observadas, estes diamictitos são considerados como transportados através de fluxos gravitacionais de sedimentos pouco coesivos (são muito arenosos), que podem ser incluídos na categoria de fluxos de detritos (Lowe 1979 e 1982; Visser 1983; Postma 1986; Canuto

1999; Canuto *et al.* 2001), com localização preferencial na parte superior de leque submarino (*upper fan*).

- **Fácies diamictito com intercalações de folhelho**

Formada por diamictito arenoso com intercalações de camadas de folhelho siltico centimétricas com clastos até centimétricos do embasamento (**Foto 11**). Exemplo destas feições são encontradas no Ponto 4.

Interpretação

A fácie é formada por folhelhos depositados durante o dia a dia da bacia sedimentar, em condições de costa afora, incluindo camadas de diamictitos escorregadas da margem, mostrando-se intercaladas aos folhelhos.

Também neste caso, de acordo com as características observadas, as intercalações de diamictito são consideradas como transportadas através de fluxos gravitacionais de sedimentos pouco coesivos, por serem muito arenosas, que podem ser incluídas na categoria de fluxos de detritos (Lowe 1979 e 1982; Visser 1983; Postma 1986; Canuto 1999; Canuto *et al.* 2001).

Fácies compostas por arenitos

- **Fácies arenito com estratificação cruzada tangencial**

Formada por arenito fino a médio, seleção mediana, amarelado a avermelhado, com estratificação cruzada tangencial decimétrica a métrica (**Foto 16**).

Interpretação

De acordo com Canuto (1999), arenitos depositados em planícies de lavagem podem ocorrer depositados sobre diamictito, sobre folhelho e siltito com clastos caídos, e também sobre folhelho ou siltito sem clastos, sempre através de contato brusco erosivo. Estas características não foram observadas no local.

Por outro lado, os arenitos depositados em planícies de lavagem podem, também, ser sobrepostos por folhelho ou siltito com clastos caídos, normalmente por contato brusco. Neste caso, poderiam ter sido depositados em época de degelo, após a fase de avanço glacial, à qual estariam associados os tilitos que não foram aqui observados, porém teria sido preservada parte da planície de lavagem, onde são depositados arenitos flúvio-glaciais.

As características observadas, incluindo as estruturas sedimentares e as relações com camadas de sedimentos adjacentes sugerem que os arenitos descritos nesta modalidade observada foram depositados através de processos fluviais e, no contexto local e regional de bacia glaciada, podem ser considerados como arenitos flúvio-glaciais, que, podem ser considerados de planície de lavagem, como hipótese.

- **Fácies arenito com estratificação cruzada longa, de baixo ângulo**

Fácies formada por arenito fino, quartzoso, avermelhado, depositado em longos estratos cruzados tabulares de baixo ângulo, inferior a 20°, com aproximadamente 2 m de comprimento.

Interpretação

Arenitos com estas características sugerem deposição em região de praia (Reineck & Singh 1980; Canuto 1993).

- **Fácies arenito e lamito interestratificados e deformados**

Formada por intercalações de camadas de arenito fino esbranquiçado e lamito marrom avermelhado (**Foto 8**), exemplificada pela ocorrência no afloramento do Ponto 4. As intercalações às vezes são observadas em mistura caótica, exibindo dobras recumbentes, estiradas e dobras isoladas “em gancho”. Formam corpos extensos, tabulares, com espessuras da ordem de 2 m.

Interpretação

Esta fácie indica sua deposição como produtos de resedimentação, através de fluxos gravitacionais de sedimentos, ao longo de declives ou rampas, provavelmente em parte superior de leque submarino, compostos de sedimentos depositados originalmente junto às margens de corpo d’água (Canuto 1985), possivelmente marinho. Anteriormente à resedimentação, estes sedimentos poderiam corresponder, talvez, a depósitos marinhos costeiros, até mesmo associados a planícies de marés.

- **Fácies arenito e siltito interestratificados e deformados**

Esta fácie é formada por camadas decimétricas de arenito médio a grosso acinzentado, mal selecionado, imaturo, com estratificação originalmente horizontal,

intercalado a camada centimétricas a decimétricas de siltito maciço marrom claro (**Foto 10**). O conjunto é deformado e a espessura é de cerca de 1 m.

Interpretação

Correspondem a sedimentos ressedimentados, deformados, provavelmente por deslizamento, através de fluxos gravitacionais de sedimentos, ao longo de declives ou rampas, provavelmente na parte superior de leque submarino. A ausência de estruturas sedimentares originais preservadas, anteriores ao deslizamento, impedem a interpretação do ambiente deposicional no qual se formaram os sedimentos antes de deslizarem.

- **Facies arenito fino a médio com estratificação horizontal irregular**

Arenito fino a médio, de cor amarelada a bege, bem selecionado, imaturo, em bancos, com estratificação horizontal irregular. Podem ser observadas estruturas sedimentares convolutas (**Foto 35**) e de sobrecarga (**Foto 36**).

Interpretação

Correspondem a sedimentos ressedimentados, deformados, provavelmente por deslizamento, através de fluxos gravitacionais de sedimentos, ao longo de declives ou rampas, provavelmente na parte superior de leque submarino.

Fácies compostas por folhelhos

- **Facies folhelho com clastos dispersos**

Os folhelhos desta fácie apresentam aspecto maciço ou com laminação submilimétrica a milimétrica incipiente, plano-paralela horizontal incipiente ou rítmica, coloração vermelha acastanhada, e incluem a presença de clastos isolados e dispersos centimétricos.

Interpretação

Correspondem as características descritas para o folhelho intermediário do ponto **Ponto 17**. A partir das descrições realizadas por Canuto (1999), infere-se que os folhelhos aqui em discussão correspondem a depósitos subaquáticos de suspensão, provavelmente

marinhos, e o mesmo autor atribui a cor vermelha acastanhada de folhelhos à possibilidade de terem sido depositados em ambiente oxidante.

A ausência generalizada de estruturas sedimentares de tração indica deposição abaixo do nível de influência das ondas normais (Selley 1985).

Comparando com a sedimentação marinha atual, o folhelho corresponderia aos depósitos da região de plataforma de lama, de ambiente de "costa afora" (*offshore*) (Reineck & Singh 1980).

Os sedimentos desta fácie normalmente correspondem a depósitos subaquáticos de decantação de carga em suspensão, provavelmente em ambiente marinho, porém neste caso, associados à queda de detritos liberados por icebergs (Selley 1985, Canuto *et al.* 2001, Salvetti 2005).

A presença de clastos caídos é interpretada como evidência de influência glacial indireta, indicando distanciamento menor da frente glacial em recuo (Canuto 1999). Esta fácie corresponde à "associação sedimentar glaciomarinha distal" definida por Boulton & Deinoux (1981), ou, ainda, ao "ambiente glaciomarinho distal", em fase de recuo glacial, conforme denominado por Eyles *et al.* (1985).

- **Fácie folhelho com ondulação truncante**

Corresponde a ritmito irregular formado por folhelho, siltito e arenito fino em camadas centimétricas (5 a 10 cm), com estratificação horizontal ondulada truncante. Bons exemplos ocorrem no Ponto 5 e 17 (Foto 12 e 17).

Interpretação

Esta fácie é formada por folhelhos depositados durante o dia a dia da bacia sedimentar (material em suspensão depositado por decantação), em região basal de antepraia, ainda sob influência de tempestades, próximo à planície de lama (Reineck & Singh 1980; Canuto *et al.* 2001), registradas pelas ondulações truncantes que correspondem a estruturas do tipo *hummocky*.

- **Fácie folhelho laminado ou maciço**

Folhelho vermelho ou cinza escuro, aspecto maciço ou com laminação plano-paralela horizontal incipiente, sem ou com raríssimos clastos dispersos.

Interpretação

Material em suspensão depositado em zona de planície de lama (Reineck & Singh 1980).

- **Fácies folhelho e siltito intercalados (interlaminado)**

Siltito e arenito fino intercalados, exibindo laminação plano-paralela horizontal e, em menor proporção, laminação cruzada.

Interpretação

Alternância de processos de tração e suspensão. Planície de maré (Reineck & Singh 1980). Similar ao interlaminado I₂ de Canuto (1993).

- **Fácies ritmito regular**

Repetição cíclica de pares litológicos, de silte laminado, mais claro, coberto, geralmente, em contato brusco, por lâmina de argila escura, delgada, de espessura mais ou menos constante e abundância de clastos dispersos.

Interpretação

Possíveis varvitos, originados em áreas de embaiamento (Rocha-Campos & Sundaram 1981; Canuto 1985; Santos et al. 1992).

Fácies conglomerado

Representada por conglomerados maciços, com fragmentos decimétricos de argila e de camadas de arenito, em grande parte angulosos, e seixos centimétricos a decimétricos, de aspecto, no geral, caótico, mas observando-se gradação normal (**Foto 13 e 14**).

Interpretação

Conglomerados caóticos ou desorganizados, maciços, como os observados no Ponto 14, têm sido considerados por Walker (1992) e Siemers & Tillman (1981) como escorregados e acomodados em áreas de início de talude, desembocando na parte superior do leque (Canuto 1993). Clastos angulosos indicam baixo transporte, o que corrobora com sua deposição nessa região mencionada acima.

4.2.2. Associação de fácies

A seguir, são apresentadas as associações de fácies reconhecidas, incluindo as fácies diagnósticas (*).

Associação de facies A1 (AF1)
<ul style="list-style-type: none">• <i>Facies diamictito maciço, compactado (*)</i>• <i>Facies diamictito maciço não compactado (*)</i>• <i>Fácies diamictito lenticular</i>• <i>Facies diamictito tabular</i>• <i>Fácies arenito com estratificação cruzada tangencial (*)</i>
Associação de facies A2 (AF2)
<ul style="list-style-type: none">• <i>Facies arenito com estratificação cruzada longa, de baixo ângulo (*)</i>.• <i>Fácies folhelho e siltito intercalados (interlaminado) (*)</i>• <i>Fácies arenito e lamito interestratificados e deformados</i>• <i>Fácies arenito e siltito interestratificados e deformados</i>• <i>Fácies folhelho com clastos dispersos (*)</i>.• <i>Fácies folhelho com ondulação truncante (*)</i>.
Associação de fácies A3 (AF3)
<ul style="list-style-type: none">• <i>Fácies folhelho maciço ou laminado (*)</i>• <i>Fácies diamictito tabular</i>• <i>Fácies arenito e siltito interestratificados e deformados.</i>• <i>Fácies arenito com estratificação horizontal irregular.</i>
Associação de fácies A4 (AF4)
<ul style="list-style-type: none">• <i>Fácies folhelho e siltito intercalados (interlaminado) (*)</i>• <i>Fácies conglomerado</i>

4.3. INTERPRETAÇÃO: TRATOS DE SISTEMAS

O termo “trato de sistemas” foi introduzido pela primeira vez na literatura por Brown & Fisher (1977) *apud* Ribeiro (2001), que definiram um trato de sistema como sendo um conjunto de sistemas deposicionais contíguos e contemporâneos.

Posteriormente, o termo foi ampliado por Posamentier *et al.* (1988), que passaram a considerar, também, a espessura vertical, o que seria um indicativo do tempo geológico. Seu sentido foi ainda mais ampliado e passou a significar um conjunto de sistemas deposicionais, geograficamente interligados, cuja migração de fácies no tempo compreendido entre duas superfícies-chave produz um empilhamento estratigráfico típico.

Vail *et al.* (1977) propõe que o padrão estratal de deposição e a distribuição de litofácies seriam controlados pelas variações eustáticas, de forma que cada trato de sistema estaria relacionado a um determinado segmento da curva eustática.

Posamentier & Vail (1988) propuseram que os tratos de sistemas são compostos por intervalos da curva eustática, cada um com características próprias.

Para definição de tratos de sistemas, serão considerados dois tipos de fácies componentes das associações de fácies, conforme proposto por Canuto (1999) e Canuto *et al.* (2001). O primeiro de fácies tipo é denominado fácies diagnóstica (*) e ocorre em apenas um dos tratos de sistemas, sendo característico do mesmo. O segundo tipo pode ser comum a mais de um trato de sistemas ou mesmo a todos os tratos considerados. Por exemplo, qualquer fácies composta por fluxo gravitacional de sedimentos.

Dentre as fácies diagnósticas, pode ocorrer, excepcionalmente, o caso de uma dessas fácies ocorrer em dois tratos de sistemas. É o caso da fácies correspondente ao interlaminado, que, nesta oportunidade foi reconhecida tanto no trato de sistemas transgressivos como, também, no trato de sistemas regressivos gláciaisostáticos, considerando-se que o sistema deposicional de planície de marés ocorrerem nos dois tratos.

A maneira de distinguir as duas possibilidades, se a fácies correspondente ao interlaminado está diagnosticando AF2 ou AF4, é através da observação da sucessão das associações de fácies e suas respectivas posições estratigráficas.

A partir das associações de fácies identificadas no perfil, foi possível estabelecer para o Subgrupo Itararé, na área do estudo, os seguintes tratos de sistemas, de acordo com a nomenclatura de Canuto (1999) e Canuto *et al.* (2001).

Trato de sistemas de mar baixo (TSMB)

O trato de sistemas de mar baixo foi definido com base na associação de fácies AF1.

O avanço de uma geleira até a borda do corpo de água, em área equivalente à plataforma interna (Gravenor *et al.*, 1984, Canuto, 1985), erode, por abrasão, e estria o

substrato, formando o limite inferior da seqüência então iniciada. Na superfície estriada depositam-se tills de alojamento (diamictito maciço compactado), preenchendo irregularidades do substrato. A partir da estagnação e início de seu recuo, a geleira passa a depositar, por fusão, uma espessa pilha de tills de ablação (diamictito maciço não compactado), que, embora colocada em área de declive baixo, dada a sua condição de total encharcamento, pode deslizar rampa abaixo em forma de fluxos tabulares e/ou canalizados de detritos de dimensões variáveis (diamictito lenticular e tabular). O descongelamento permite, nas áreas proglaciais, que os detritos abandonados pelo gelo sejam lavados (planície de lavagem) formando-se um sistema flúvio-deltáico que prograda rumo à borda da bacia (arenito com estratificação cruzada tangencial), despejando, ali, uma grande quantidade de arenitos. Esse material, também encharcado, desliza talude abaixo, da mesma forma que os diamictitos, porém com menor coesão, caracterizando facies de arenitos tabulares e/ou canalizados fluidificados, e turbiditos, nas regiões mais distais. Os sedimentos que deslizam rampa abaixo, por sobrepassagem (*bypass*) através de vales incisos ativos, formam leques de talude e de assoalho de bacia compondo leques submarinos.

Trato de sistemas transgressivos (TST)

O trato de sistemas transgressivos foi definido com base na associação de fácies AF2.

A desagregação da geleira, após seu avanço na plataforma interna, pode perdurar até mais tarde e icebergs flutuam atingindo a região de *offshore*. A grande quantidade de água liberada pelo degelo provoca a elevação do nível do mar, que causa o deslocamento marinho rumo ao continente, instalando-se o trato de sistemas transgressivo. Este se caracteriza pela deposição de areias, siltes e argilas com clastos caídos sobre os sedimentos do trato de sistemas de mar baixo. O contínuo recuo glacial na área terrestre, colocando as frentes das geleiras em posições cada vez mais afastadas da borda do corpo de água, ainda permite que os sistemas flúvio-deltáicos continuem ativos e fornecendo sedimentos, que irão se intercalar com os depósitos gláciais-marinhas. A remobilização de areias flúvio-deltáicas e diamictos na margem da bacia, desestabilizados por encharcamento causado pela elevação do nível do mar, resultam na intercalação desses sedimentos com folhelhos, siltitos e arenitos costeiros.

Trato de sistemas de mar alto (TSMA)

O trato de sistemas de mar alto foi definido com base na associação de fácies AF3.

Normalmente, o trato de sistemas de mar alto caracteriza-se pela desaceleração da velocidade de elevação relativa do nível do mar, velocidade esta que tem maior aceleração durante a instalação do trato de sistemas transgressivos. Em decorrência do processo de desaceleração, e até que seja atingida uma estabilização relativa, forma-se uma arquitetura sedimentar inicialmente agradacional e, posteriormente, progradacional (Myers & Milton, 1998), passando a predominar, nesta última fase, os sedimentos flúvio-deltáicos. Nas bacias glaciadas, os sistemas deposicionais formados a partir do início da instalação do TSMA, na fase agradacional, não mais apresentam os clastos caídos observados nos sedimentos do TST, a não ser raramente, tendo em vista que as geleiras, agora mais afastadas da costa, eventualmente, podem avançar ou recuar, alternadamente, numa escala de ordem inferior. Desta forma, podem liberar raros icebergs, ou mesmo pode ocorrer que esses corpos flutuantes sejam deslocados rumo ao corpo de água marinha através de rios que desembocam no mesmo, sem que a geleira chegue a atingir a plataforma interna (Canuto 1985). Por outro lado, areias flúvio-deltáicas e diamictitos acomodados na margem podem desestabilizar-se e escorregar talude abaixo, como ocorre no TST.

Trato de sistemas regressivos gládio-isostáticos (TSRGi)

O trato de sistemas regressivos gládio-isostáticos foi definido com base na associação de fácies AF4.

Após a instalação da superfície de máxima inundação, a desaceleração da velocidade de elevação do nível do mar, característica do TSMA, nas bacias não glaciadas, passa a ter somado à sua característica normal, no caso das bacias glaciadas, um efeito adicional, representado por soerguimento continental causado por resposta gládio-isostática positiva. Este fato relaciona-se ao recuo do manto de gelo, o que causa um enorme alívio de peso sobre o continente. O soerguimento gládio-isostático provoca o desenvolvimento de uma taxa adicional no abaixamento relativo do nível do mar, criando uma situação sedimentar com características diferentes daquelas observadas normalmente no TSMA em bacias não glaciadas.

ARCABOUÇO SEQUENCIAL

Com base nos dados obtidos e interpretados, verificou-se que a arquitetura seqüencial identificada é composta de um conjunto basal de tratos de sistemas, incluindo, na sucessão sedimentar, do mais antigo para o mais jovem, um trato de sistemas de mar baixo, um trato de sistemas transgressivos, um trato de sistemas de mar alto e um trato de sistemas regressivos gládio-isostáticos, caracterizando, então, todos os tratos de sistemas

considerados pelo modelo proposto por Canuto (1999) e Canuto *et al.* (2001) para bacias intracratônicas glaciadas.

O conjunto de tratos de sistemas identificados, mencionado acima, recorre parcialmente, não tendo sido identificado, no conjunto superior, apenas o trato de sistemas regressivos gládio-isostáticos.

Critérios utilizados para a composição de fácies reconhecidas, para definir suas associações e os tratos de sistemas

No conjunto basal, a associação de fácies AF1 não apresenta problemas para sua definição.

No caso da associação de fácies AF2, considerou-se seu início a partir do primeiro registro convicto de sedimento marinho, no caso, o folhelho com clastos dispersos.

A associação de fácies AF3 foi considerada a partir do aparecimento dos folhelhos sem estratificação cruzada *hummocky*, que faz parte das características diagnósticas da AF2.

A base da associação AF4 foi considerada a partir da base dos conglomerados brechóides do Ponto 13; neste caso, tendo em conta o correspondente TSRGi, considerou-se que o início do soerguimento continental devido ao alívio de carga pelo recuo glacial, pode ter causado a intensificação de fornecimento de material de fluxo gravitacional.

No conjunto superior, a associação de fácies AF1 apresenta pequena espessura de folhelho sem clastos, ou que talvez não tenham sido observados, que foram considerados como lacustres, dada sua pequena espessura e pequena extensão lateral (ocorrem apenas localmente).

A associação de fácies AF2 teve sua base considerada a partir dos primeiros sedimentos supostos como marinhos, mostrando arenitos finos bem selecionados com estratificação cruzada *hummocky*.

Já a associação de fácies AF3, foi considerada a partir dos folhelhos localizados acima do interlaminado com clastos dispersos, estes tendo sido utilizados como fácies diagnóstica da associação de fácies AF2.

5. CONCLUSÕES

Dos dados e interpretações realizadas, conclui-se, então, que podem ser consideradas duas seqüências de 3^a ordem na área do estudo, uma completa, basal, denominada S_1 , e outra, incompleta, superior, denominada S_2 , conforme ilustrado no **ANEXO 3**.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida F.F.M.de. 1948. A rocha "moutonée" de Salto, Estado de São Paulo. In: Geol. e Met., São Paulo, (5):112-118.
- Almeida F.F.M.de. 1964. Fundamentos Geológicos do relevo paulista. In: Boletim Instituto Geográfico Geológico. São Paulo, (41):169-263.
- Andrade S.M. & Soares P.C. 1971. Geologia de semi-detalhe do centro leste de São Paulo. PETROBRÁS / DESUL, (Relatório interno n.400), 33p.
- Andrews J.M. & Matsch C.L. 1983. Glacial Marine Sediments and Sedimentation: An Annotated Bibliography. Geo-Books, Norwich, 227p.
- Boulton G.S. 1970a. On the origin and transport of englacial debris in Svalbard glaciers. *Journal of Glaciology*, 9(56):213-229.
- Boulton G.S. 1970b. On the deposition of subglacial and melt-out tills at the margins of certain Svalbard glaciers. *Journal of Glaciology*, 9(56):231-245.
- Boulton G.S. 1971. Till genesis and fabric in Svalbard Spitsbergen. In R.P. Goldthwait (Ed.), *Till: a Symposium*, Ohio State University Press, p. 41-72.
- Boulton G.S. 1975. Processes and patterns of subglacial sedimentation: a theoretical approach. In A.E. Wright & F. Moseley (Eds.), *Ice Ages. Ancient and Modern*. Seel House Press, Liverpool, p. 7-42.
- Boulton G.S. 1982. Subglacial processes and the development of glacial bedforms. In Guelph Symposium on Geomorphology, 6, Norwich, 1982. *Proceedings* Norwich, Geo-Books. P.1-31.
- Boulton G.S. & Deinoux M. 1981. Sedimentation in glacial environments and the identification of tills and tillites in ancient sedimentary sequences. *Precambrian Research*, 15(3):397-422.
- Boulton G.S. & Paul M.A. 1976. The influence of genetic processes on some geotechnical properties of glacial tills. *Quaternary Journal of Engineering Geology*, 9:159-194.
- Boulton G.S., Morris E.M., Armstrong A.A., Thomas A. 1979. Direct measurements of stress at the base of a glacier. *Journal of Glaciology*, 22:3-24.
- Brown L.F.,Jr., & Fisher W.L. 1977. Seismic stratigraphic interpretation of depositional systems: Exemples from Brazilian rift and pull apart basin. In: C.E. Payton (ed.), *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26:213-248.
- Canuto J.R. 1999. *Estratigrafia de seqüências da sucessão sedimentar glaciogênica neopaleozóica, da Bacia do Paraná: I*. Relatório Parcial do Projeto de Pesquisa N° 97/13973-2, FAPESP.
- Canuto J.R. 1993. *Facies e ambientes de sedimentação da Formação Rio do Sul (Permiano), Bacia do Paraná, na Região de Rio do Sul, Estado de Santa Catarina*. (Tese de Doutorado – Instituto de Geociências/USP.). São Paulo, 164 p.
- Canuto J.R. 1985. *Origem dos diamictitos e de rochas associadas do Subgrupo Itararé, no sul do Estado do Paraná e norte do Estado de Santa Catarina*. (Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências/USP). São Paulo, 187 p.

- Canuto J.R., Santos P.R., Rocha-Campos A.C. 2001. Estratigrafia de Seqüências do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico) no leste da Bacia do Paraná, nas regiões sul do Paraná e norte de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **31** (1):107-116.
- Chamberlin T.C. 1909. Diastrophism as the ultimate basis of correlation. *Journal of Geology*, v.17, p.685-693.
- Chamberlin T.C. 1898. The ulterior basis of time divisions and the classification of geologic history. *Journal of Geology*, v.6, p.449-462.
- Cloetingh S., McQueen H., Lambeck K. 1985. On a tectonic mechanism for regional sea-level variations. *Earth Planetary Science Letters*, 75:157-166.
- Daemon R.F. & Quadros L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico na Bacia do Paraná. In: XXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Brasília. *Anais da Sociedade Brasileira de Geologia*, pp.359-414.
- Della Fávera, J.C. 2001. *Fundamentos de estratigrafia moderna*. 263 p., Rio de Janeiro, Editora da UERJ.
- DER- Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de São Paulo. Mapa Rodoviário do Estado de São Paulo. 2008. In: www.der.gov.br/malha/download_mapas.aspx
- Derby O.A. 1878. The geology of the diamantiferous region of the Province of Paraná, Brazil. *Proc. Amer. Phyt. Soe.*, St. Paul, **18**(102):251-258.
- Dias, J. L., Scarton, J. C., Esteves, F. R. 1991. Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos. In: Gabaglia, R. & Milani, E. J. (eds). *Origem e evolução das bacias sedimentares*, RJ, Petrobras, pp.49-71.
- Dott, R.H.,Jr. 1992a. An introduction to the ups and downs of eustasy. In: Dott, R.H.,Jr., (ed). *Eustasy: The Historical Ups and Downs of a Major Geological Concept*, Boulder, Colorado, Geol. Soc. of Am. Memoir **180**, p.1-16.
- Dott, R.H.,Jr. 1992b. T.C. Chamberlin's hypothesis of diastrophic control of worldwide changes of sea level: A precursor of sequence stratigraphy. In: Dott, R.H.,Jr., (ed). *Eustasy: The Historical Ups and Downs of a Major Geological Concept*, Boulder, Colorado, Geol. Soc. of Am. Memoir **180**, p.31-41.
- Emery D. 1996. Histórical Perspective. In: *Sequence stratigraphy*. Emery D. & Myers K. (eds), Uxbridge, London, 320p. pp.3-7.
- Eyles C.H., Eyles N. & Miall A.D. 1985. Models of glaciomarine sedimentation and their application to the interpretation of ancient glacial sequences. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **51**:15-84.
- Eyles C.H.; Eyles N.; França A.B. 1993. Glaciation and tectonics in an active intracratonic basin : the Late Paleozoic Itararé Group, Paraná Basin, Brasil. *Sedimentology*, **40**: 1-25.
- Florêncio R.V. & Canuto J.R. 1998. Utilização de rochas do Subgrupo Itararé (P-C) na indústria de cerâmica vermelha no município e Indaituba, SP. In: *Anais da Academia Brasileira de Geociências*, **70**(3): 691-692.

- França A.B. & Potter P.R. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 2 (2/4):147-191.
- Gabaglia, R. & Milani, E. J. 1991.(eds). *Origem e evolução das bacias sedimentares*, Rio de Janeiro, PETROBRÁS.
- Galloway W.E. 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. *Amer. Assoc. Petrol. Bull.*, 73 :125-142.
- Gama Jr. E.G., Perinotto J.A.J., Ribeiro H.J.P.S., Padula E.K. 1992a. Contribuição ao estudo da resedimentação no Subgrupo Itararé: tratos de fácies e hidrodinâmica deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(2):228-236.
- Gama Jr. E.G., Perinotto J.A.J., Ribeiro H.J.P.S., Padula E.K. 1992b. Contribuição ao estudo da resedimentação no Subgrupo Itararé: um guia temático de campo. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(2):237-247.
- Giannini, P.C.F. 1993. *Sistemas deposicionais no Quaternário costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, SC*. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências/USP.). São Paulo, 278 p.
- Gravenor C.P., Von Brunn V. & Dreimanis A. 1984. Nature and classification of waterlain glaciogenic sediments, exemplified by Pleistocene, Late Paleozoic and Late Precambrian deposits. *Earth-Science Reviews*, 20:105-166.
- Haldorsen S., 1983. Mineralogy and geochemistry of basal till and their relationship to till-forming processes. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 63:15-25.
- Hasui Y. 1973. *Tectônica da área das folhas de São Roque e Pilar do Sul*. (Tese de Livre docência) Instituto de Geociências – USP. São Paulo. 190p.
- IPT. 1981. Avaliação preliminar de potencialidades das ocorrências minerais do Estado de São Paulo. Pro-Minério, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo.
- Jervey M.T. 1988. Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. In: Wilgus, C.K.; Hastings, B.S.; Kendall, C.G. St.C., Posamentier, H.W.; Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (eds.) *Sea level changes: an integrated approach*: SEPM Special Publication 42, p. 48-69.
- Klein G.D. 1995. Intracratonic basins. In: Busby C.J. & Ingersoll R.V., *Tectonics of sedimentary basins*, Cambrige, Blackwell, p.459-478.
- Lawson D.E. 1981. Seimentological characteristics and classification of depositional processes and deposits in the glacial environment. (*CRREL Report*, 81-27).
- Leinz V. 1937. Estudos sobre a glaciação permo-carbonífera do sul do Brasil. *Bol. Div. Fom. Prod. Miner.*, DNPM, (21): 1-47.
- Lima M.R., Dino R., Yokoya N.S. 1983. Palinologia das concreções calcíferas do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico da Bacia do Paraná) na região de Araçoiaba da Serra, Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 55(2):195-208.
- Lowe D.R. 1979. Sediment gravity flows: their classification and some problems of application to natural flows and deposits. In L.S. Doyle & O.H. Pilkey (Eds.). *Geology of continental slopes*. Tulsa. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. P. 75-82 (SEPM, Special Publication, 27.)

- Lowe D.R. 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, **52**: 279-297.
- Machado M.A.P. 1995. O degelo final Permiano e seu registro geológico na borda sudeste da Bacia do Paraná (paleovalle de Candiota – RS). *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **9** (2/4): 326-327.
- Massoli M. 1991. *Relação entre o embasamento cristalino e os sedimentos basais do Subgrupo Itararé na região de Sorocaba-Salto de Pirapora, SP.* (Dissertação de Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 94 p.
- Miall, A.D. 1986. Eustatic sea level Changes interpreted from Seismic Stratigraphy: A critique of the methodology with the particular reference to the North Sea Jurassic Record. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **70** (2):131-137.
- Milani E.J. 2007. Tectono-estratigrafia: buscando o entendimento da evolução geológica da Bacia do Paraná. In: IV Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, Armação dos Búzios, RJ. Boletim de Resumos, *Conferências*, p.9.
- Milani E.J., França A.B., Schneider R.L. 1994. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **8** (1):69-82.
- Milani E.J., Kinoshita E.M., Araújo L.M., Cunha P.R.C. 1990. Bacia do Paraná: possibilidades petrolíferas da calha central. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **4** (1):21-34.
- Mitchum, R.M., Jr. 1977. Glossary of terms used in seismic stratigraphy. In: C.E. Payton (ed.), *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir **26**:205-212.
- Paul M.A. & Eyles N. 1990. Constraints of the preservation of diamict facies (melt-out tills) at the margins of stagnant glaciers. *Quaternary Sciences Reviews*, **9**:51-69.
- Pérez-Vieira G.L. 2007. Análise e correlação de sequências de 3^a ordem do Subgrupo Itararé (PC), entre a região de Sorocaba-Itapetininga, SP, e a região ao sul do Arco de Ponta Grossa, Bacia do Paraná, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP. São Paulo, 225p.
- Petri S. 1964. Grupo Tubarão. In: Geologia do Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Geográfico*, **41**:56-63.
- Petri S. & Souza, P.A. 1993. Análise dos dados paleontológicos e bioestratigráficos do Subgrupo Itararé. In: 1º Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná. Rio Claro, SP. Resumos, pp.31-33.
- Posamentier H.W. & James D.P. 1993. An overview of sequence-stratigraphy concepts: uses and abuses. In: H.W. Posamentier, C.P. Summerhayes, B.U. Haq, G.P. Allen (eds.) *Sequence Stratigraphy and Fácies Associations*, Special Publication of the International Association of Sedimentologists, **18**:3-18.
- Posamentier H.W., Jervey M.T., Vail P.R. 1988. Eustatic controls on clastic deposition I - conceptual framework. In: Wilgus, C.K.; Hastings, B.S.; Kendall, C.G. St.C., Posamentier, H.W.; Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (eds.) *Sea level changes: an integrated approach*: SEPM Special Publication **42**, p. 109-124.

- Postma G. 1986. Classification for sediment gravity-flow deposits based on flow conditions during sedimentation. *Geology*, **14**:291-294.
- Riccomini, C.; Giannini, P.C.F.; Mancini, F. 2000. Rios e processos aluviais. In: Teixeira, W.; Toledo, M.C.M.; Fairchild, T.R.; Taioli, F. (Orgs.) *Decifrando a Terra*. São Paulo, Oficina de Textos, 2000, pp. 192-214.
- Reineck H.E. & Singh I.B. 1980. *Depositional Sedimentary Environments. With Reference to Terrigenous Clastics*. 2nd. Springer-Verlag. 549 p.
- Rocha-Campos A.C. 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: Bigarella, J.J., Becker, R.D. and Pinto, I.D. (Eds.). *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, pp. 27-102.
- Rocha-Campos A.C. & Canuto J.R. 1983. Facies and sedimentary environments of Late Paleozoic diamictites and associated rocks in Southern Paraná and Northern Santa Catarina, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **55**(1):138.
- Rocha-Campos, A.C. & Santos, P.R. 2000. Ação geológica do gelo. In: Teixeira, W.; Toledo, M.C.M.; Fairchild, T.R.; Taioli, F. (Orgs.) *Decifrando a Terra*. São Paulo, Oficina de Textos, 2000, pp. 216-246.
- Roriz C.E.D., Sanson M.S.R., Moura M.V., Amorim P., Cavalcante V.B.P. 2006. Estratigrafia de Sequências aplicadas às bacias em rampa: bacias intracontinentais (Siliciclastico/Carbonático). Rio de Janeiro, Fac. de Geologia, UERJ, Tese, 120p. In: Série Geologia do Petróleo: Estratigrafia de Sequências, v.2.
- Saad A.R. 1977. *Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo*. (Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências/USP.), São Paulo, 107 p.
- Salvetti R.A.P., 2005. *Sistemas Depositionais e Paleogeografia do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico da Bacia do Paraná), na região entre Itu e Indaiatuba, SP*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado, 116p.
- Santos P.R. 1996. *Condicionamento geológico da sedimentação glacial: o neopaleozóico da Bacia do Paraná e Terciário da Antartida*. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, USP. São Paulo, 111p.
- Santos P.R. 1987. *Fácies e evolução paleogeográfica do Subgrupo Itararé / Grupo Aquidauana (Neopaleozóico) na Bacia do Paraná, Brasil*. (Tese de Doutorado – Instituto de Geociências/USP), São Paulo, 128 p.
- Santos P.R. 1979. *Distribuição estratigráfica, características e facies de diamictitos do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo*. (Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências/USP.), São Paulo, 135 p.
- Santos P.R., Rocha-Campos A.C. & Canuto, J.R. 1996. Patterns of late paleozoic deglaciation in the Paraná Basin, Brasil. *Paleogeography, Paleoceanography, Paleoecology*, **125**:165-184.
- Schneider R.L., Muhlmann H., Tommasi E., Medeiros R.A., Daemon R.F. & Nogueira A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, Anais, 1:41-65.
- Selley R.C. 1985. *Ancient sedimentary environments and their subsurface diagnosis*. 3rd ed. London, Chapman and Hall. 317 p.

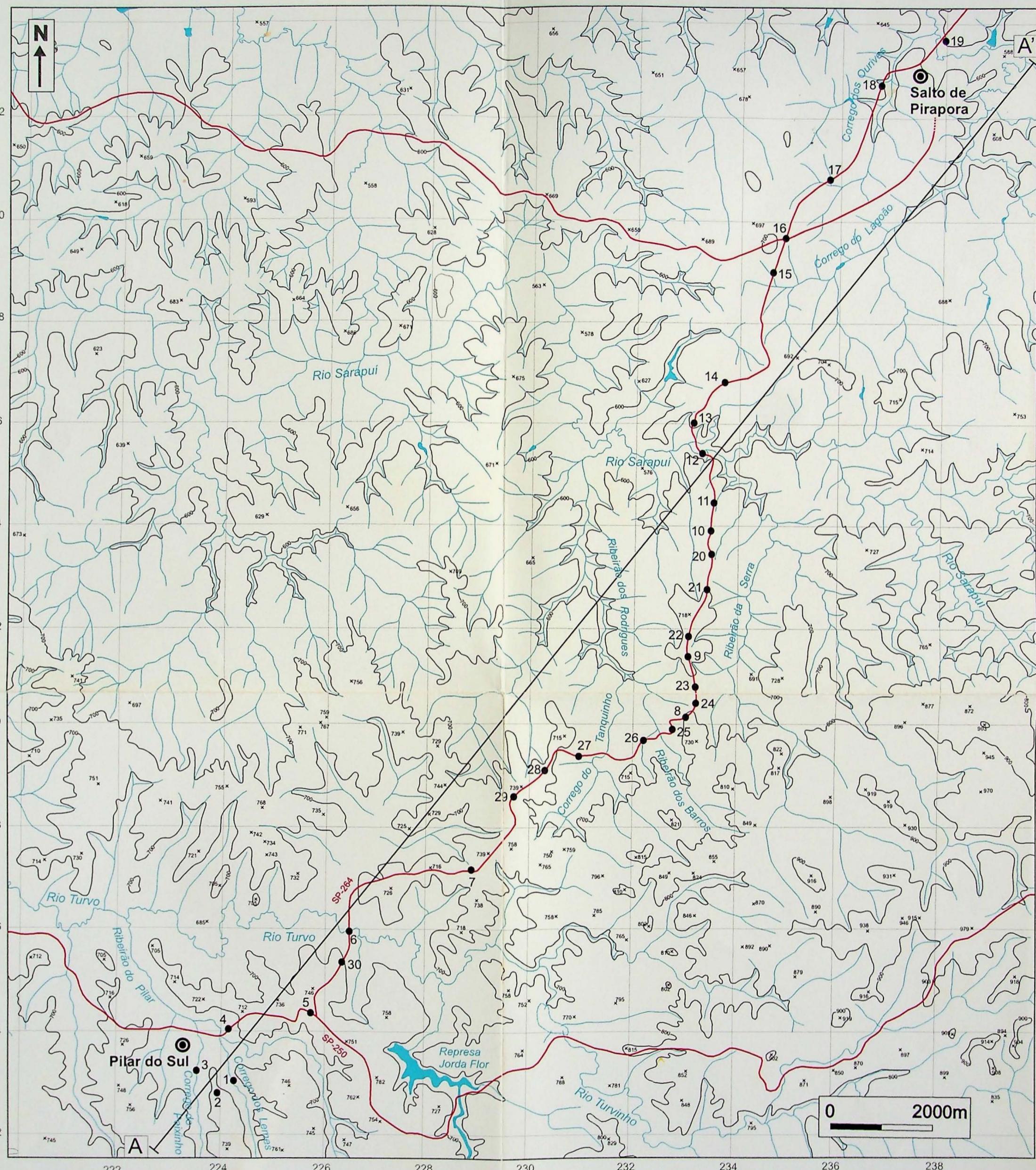
- Siemers C.T. & Tillman R.W. 1981. Deep-Water Clastic Sediments: An introduction to the Core Workshop and Review of Depositional Models. In C.T. Siemers, R.W. Tillman, C.R. Williamson (eds.). *Deep-Water Clastic Sediments: A Core Workshop*. San Francisco, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM Core Workshop, 2), 1-19.
- Sloss L.L. 1996. *Sequence stratigraphy on the craton: caveat emptor*. Geological Society of America, Special Paper **306**, pp.: 425-434.
- Sloss L.L. 1963. *Sequences in the cratonic interior of North America*. Geological Society of America Bulletin, **74**:93-114.
- Sloss L.L., Krumbein W.C., Dapples E.C., 1949. *Integrated facies analysis*. In: Geological Society of America Memoir 39, p.91-124.
- Soares P.C., Landim P.M.B., Fulfaro V.J. 1978. *Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins*. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. **89**, nº 2, pp. 181-191.
- Soares P.C., Landim P.M.B., Sinelli O., Wernick E., Fu-Tai W. & Fiori A.P. 1977. Associações litológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**(2):131-149.
- Soares P.C. & Landim P.M.B. 1973. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In: XXII Congr. Bras. Geol., vol.1, pp.243-256.
- Souza P.A. 2000. *Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero / Permiano, na porção nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil)*. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 199p.
- Souza Filho E.E. 1986. *Mapeamento faciológico do Subgrupo Itararé na quadrícula de Campinas (SP)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 121p.
- Stein D.P. 1984. *Esboço da evolução geológica pré-cambriana da folha Pilar do Sul, SP-SF.23-Y-C-IV-4*. (Dissertação de Mestrado) Instituto de Geociências-USP. São Paulo. 148p.
- Vail P.R. 1992. The evolution of seismic stratigraphy and the global sea-level curve. In: Dott, R.H., Jr., (ed). *Eustasy: The Historical Ups and Downs of a Major Geological Concept*, Boulder, Colorado, Geological Society of America Memoir **180**, p.83-91.
- Vail P.R., Audemard F., Bouman S.A., Eisner P.N. & Perez-Cruz C. 1991. The Stratigraphic Signatures of Tectonics, Eustasy and Sedimentology – An Overview. In: Einsele, G., Ricken, W. and Seilacher, A. (Eds.). *Cycles and events in stratigraphy*. New York, Springer-Verlag, pp. 617-659.
- Vail P.R., Mitchum R.M. Jr., Todd R.G., Widmier J.M., Thompson S. III, Sangree J.B., Bubb J.N., Hatlelid W.G. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea-level. In: C.E. Payton (ed.), *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir **26**:49-212.
- Van Wagoner J.C., Mitchum R.M., Campion K.M., Rahmanian V.D. 1990. *Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops*. Am. Assoc. Petr. Geol., Methods in Exploration Series, **7**:1-55.

- Van Wagoner J.C., Posamentier H.W., Mitchum R.M., Vail, P.R., Sarg J.F., Loutit T.S., Hardenbol J. 1988. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: Wilgus, C.K.; Hastings, B.S.; Kendall, C.G. St.C., Posamentier, H.W.; Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (eds.) *Sea level changes: an integrated approach*: SEPM Special Publication 42, p. 39-45.
- Visser J.N.J. 1983. Glacial-marine sedimentation in the Late Paleozoic Karoo Basin, southern Africa. In: B.F. Molnia (ed.) *Glacial-marine Sedimentation*. New York, Plenum Press, pp.: 667-701.
- Walker R.G. 1992. Turbidites and submarine fans. In R.G. Walker, N.P. James (eds.), *Facies models: response to sea-level change*. Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, 239-263.
- White I.C. 1908. Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, Rio de Janeiro.
- Zalán P.V., Wolff S., Conceição C.J., Astolfi A.M., Vieira I.S., Appi V.T., Zanotto O., Marques A. 1991a. Tectonics and sedimentation of the Paraná Basin. In: H. Ulbrich and A.C. Rocha-Campos (Eds.), *Gondwana Seven Proc.* – Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, pp.83-118.
- Zalán P. V., Wolff, S., Conceição J. C. J. 1991b. Bacia do Paraná. In: Gabaglia, R. & Milani, E. J. (eds). *Origem e evolução das bacias sedimentares*, Rio de Janeiro, Petrobras, pp.49-71.

DOAÇÃO	_____
IGC/USP	
Data:	<u>10/02/09</u>

ANEXOS

ANEXO 1: Carta topográfica da área do estudo com indicação dos afloramentos descritos



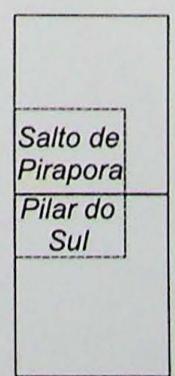
LEGENDA

- Cidade
- Rodovia
- ~~ Curvas de nível mestras
- Hidrografia

CONVENÇÕES UTILIZADAS

- Pontos descritos (1)
- Perfil (A-A')

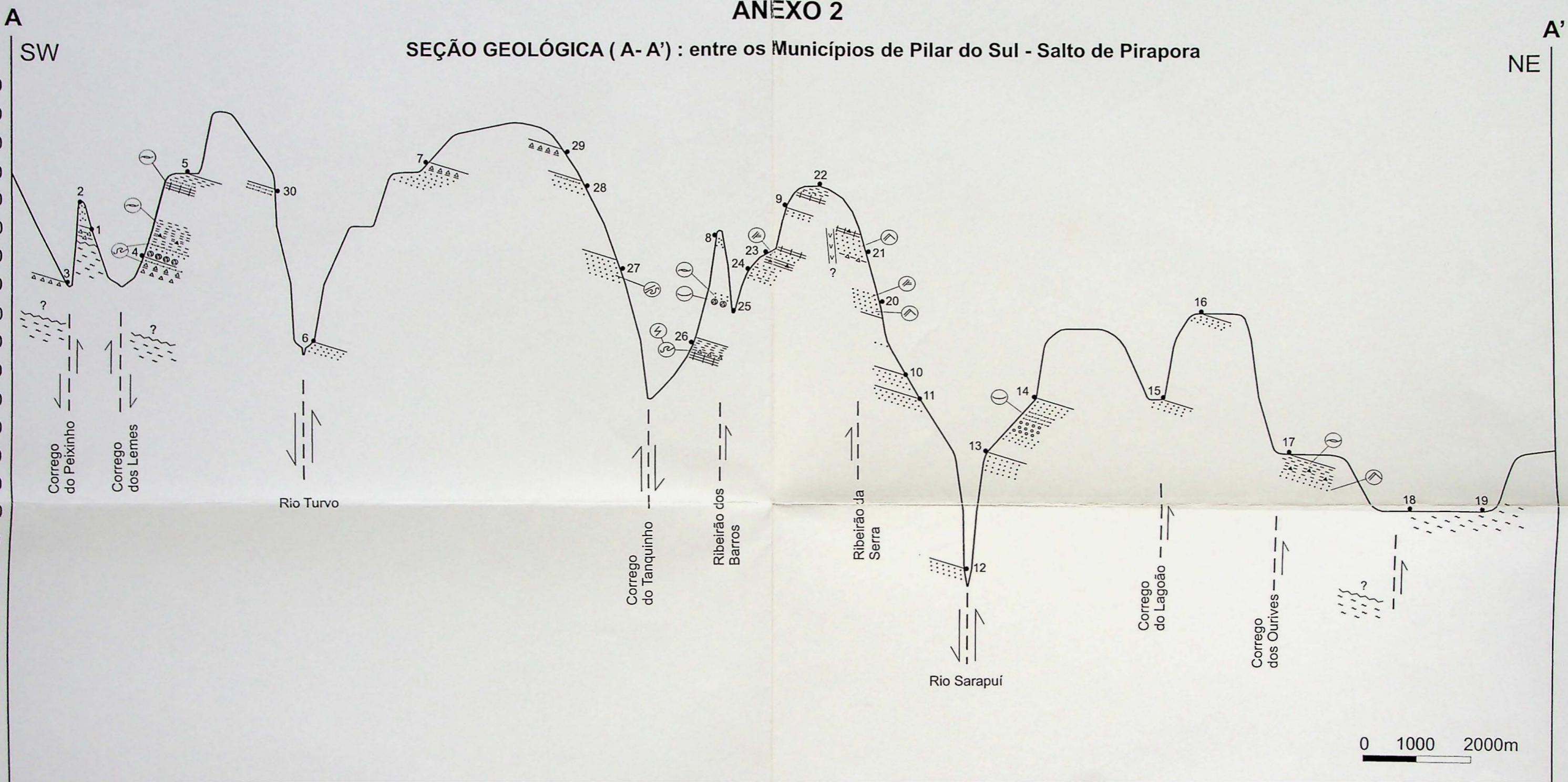
Articulação das cartas
topográficas utilizadas



Escala
1:50.000

ANEXO 2

SEÇÃO GEOLÓGICA (A-A') : entre os Municípios de Pilar do Sul - Salto de Pirapora



LEGENDA	SIMBOLOGIA ADICIONAL	Informações sobre o Perfil
Diamictito macizo compactado	Arenito e siltito/lamito interestratificados	
Diamictito macizo não-compactado	Ritmito regular	
Diamictito tabular	Ritmito irregular-interlaminado	
Diamictito lenticular	Folhelho	
Diamictito com intercalações de folhelho	Conglomerado	
Arenito	Embasamento	
	Estratificação cruzada longa	▲ Clastos
	Estratificação cruzada tangencial	↑ Elementos estruturais inferidos
	Ondulações truncantes	↘ Dique básico
	Camadas lenticulares	? Representação de hipóteses
	Deformações	~ Inconformidade
	Cisalhamentos	● Pontos descritos (1)
	Convoluçãoes métricas	
		Mergulho regional das camadas corrigido (17°). Sobrelevação de 50 vezes. Método de Smith (1925). Mergulho real (\uparrow)
		Direção do Perfil
		Direção geológica regional aproximada das camadas

ANEXO 3: Coluna litoestratigráfica, tratos de sistemas e gráfico qualitativo da variação relativa do nível do mar

Pontos	Coluna litoestratigráfica	Estruturas e feições sedimentares	Tipologia de fácie	Associação de fácie	Tratos de sistemas	Gráfico qualitativo da V.R.N.M.
170 m						
29	△ △ △ △ △ △ △		Diamictito tabular			
28	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮		Arenito			
22	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮		Folhelho (*) Ritmato irregular folhelho-siltito, sem clastos.			
21	△ △ △ △ △ △ △	△△	Arenito c/ estratificação cruzada tangencial (*); Ritmato siltico-arenoso c/ clastos (*)			
7	△ △ △ △ △ △ △		Arenito; Diamictito tabular;			
9	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮		Arenito			
27	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮	~~	Arenito. Convoluções (*) e feições de sobrecarga			
8-16	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮		Arenito			
20	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮	//	Arenito c/ estratificação cruzada longa (*)			
23	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮	//	Ritmato regular, siltico-arenoso c/ clastos (*); Arenito c/ estratificação cruzada longa(*); Ritmato irregular.			
24	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮		Sucessão de arenito intercalado níveis centimétricos de folhelho.			
25	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	~~~	Arenito c/ ondulações truncantes - tempestitos (*); Diamictito lenticular;			
10	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮		Arenito			
11-15	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮		Arenito			
26	△ △ △ △ △ △ △	~~~	Ritmato irregular siltico-arenoso, deformado e cisalhado; Diamictito compactado (*); Folhelho;			
14	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮)	Arenito; Arenito com camadas lenticulares; Arenito e siltito/lamito interestratificados; Conglomerado			
12-13	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮		Arenito			
30	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮		Arenito e siltito/lamito interestratificados.			
5	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮	~~	Ritmato irregular de arenito-siltito, c/ ondulações truncantes; Folhelho (*).			
17	△ △ △ △ △ △ △	△△	Arenito com estratificação cruzada tangencial (*); Folhelho c/ clastos (*)			
2-4	△ △ △ △ △ △ △	~~	Arenito; Diamictito tabular; Diamictito lenticular; Arenito e siltito/lamito interestratificados; Folhelho com clastos (*); Folhelho com ondulação truncante(*)			
1-3	△ △ △ △ △ △ △	△△	Diamictito maciço compactado e não compactado(*)			
0	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮					
18-19	~ ~ ~ ~ ~ ~		(*) fácie diagnósticas			

Escala vertical (1:1.000)

