

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO SUBGRUPO ITARARÉ
(PALEOZÓICO SUPERIOR) ENTRE SOROCABA E
TATUÍ, E CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO
POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DOS ARENITOS
INCLUÍDOS NA ÁREA DO ESTUDO, BACIA DO
PARANÁ, BRASIL**

Graziani Gobatto

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2005/18)

SÃO PAULO
2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900018048

**Análise Estratigráfica do Subgrupo Itararé
(Paleozóico Superior) entre Sorocaba e Tatuí, e
Caracterização Preliminar do Potencial
Hidrogeológico dos Arenitos Incluídos na Área do
Estudo, Bacia do Paraná, Brasil**

Graziani Gobatto



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. José Roberto Canuto

Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

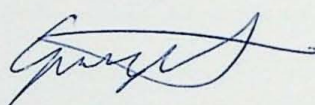
Prof. Dr. Ian McReath

São Paulo

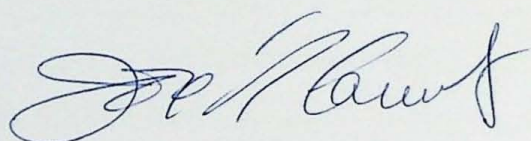
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO SUBGRUPO ITARARÉ
(PALEOZÓICO SUPERIOR) ENTRE SOROCABA E TATUÍ,
E CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO POTENCIAL
HIDROGEOLÓGICO DOS ARENITOS INCLUÍDOS NA
ÁREA DO ESTUDO, BACIA DO PARANÁ, BRASIL.**

Graziani Gobatto



Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto



MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF/18-05)

SÃO PAULO
2005

TF
6574
Ga

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO SUBGRUPO ITARÉ
(PALEOZOICO SUPERIOR ENTRE SOROCABA E TATUI)
E CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO POTENCIAL
HIDROGEOLOÓGICO DOS ALENÇOS INCLUIDOS NA
ÁREA DO ESTUDO, BACIA DO PARANÁ, BRASIL



Graciani Gobello

[Handwritten signature]

Geólogo, Prof. Dr. José Roberto Gomes

[Handwritten signature]

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(1978-05)

SÃO PAULO
2028

Índice

Apresentação	7
Resumo	10
Abstract	10
1. Introdução	1
2. Objetivos	7
3. Área de Estudo	2
3.1 Localização e História	2
3.2 Características	4
3.3 Aspectos da Gestão Local	4
3.3.1 Governança	4
3.3.2 Gestão	5
3.3.3 Participação	5
4. Trabalho Prático	6
4.1 Sala de Prova	6
4.2 Unidade Curricular Prática do 1º Ano	6
4.3 Ambiente Local	6
4.3.1 Contexto	6
4.3.2 Descrição Geral e Aspectos Específicos	6
4.4 Estrutura da Unidade	6
5. Conclusão e Referências	10
5.1 Conclusão da Prova	10
5.2 Referências Bibliográficas	17
5.3 Anexos	17
5.4 Considerações Finais	18

"Apenas pelas palavras o ser humano alcança a compreensão mútua. Por isso, aquele que quebra sua palavra atraiçoa toda a sociedade humana."
(Michel de Montaigne)

Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo	vi
Abstract	vii
1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	2
3. Área do Estudo.....	2
3.1. Localização e Acessos	2
3.2. Geologia Regional	4
3.3. Aspectos Geológicos Locais	4
3.3.1. Geomorfologia	4
3.3.2. Geologia	5
3.3.3. Hidrogeologia.....	5
4. Trabalhos Prévios	6
4.1 Bacia do Paraná	6
4.2 Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo	6
4.3 Ambiente Glacial.....	8
4.3.1 Geleiras.....	8
4.3.2 Depósitos Glaciais e depósitos associados	9
4.4 Estratigrafia de Sequências	13
5. Materiais e Métodos.....	15
5.2. Atividades de Campo	15
5.3. Trabalhos de laboratório	17
5.4. Trabalhos de escritório.....	17
6. Desenvolvimento do Trabalho	18
6.1 Cronograma De Atividades.....	18

6.2. Atividades Realizadas	18
6.2.1 Atividades de Campo	18
6.2.2. Atividades de Escritório.....	18
6.2.3. Atividades de Laboratório.....	19
7. Resultados Obtidos.....	19
7.2. Descrição dos Afloramentos Visitados	19
7.2.1 Perfil 1 – Senador José Ermírio de Moraes, SP-75,	19
7.2.2 Perfil 2 – Rodovia Raposo Tavares, SP-270,	21
7.2.3 Perfil 3 – Senador Laurindo Minhoto , Rodovia SP-141,.....	24
7.3. Perfil Geológico	28
7.4. Coluna Estratigráfica	28
7.5. Análise Petrográfica	29
7.5.1. Análises Microscópicas	29
7.5.2. Contagem de Poros.....	32
8. Interpretações do Resultados Obtidos.....	33
8.2. Fácies reconhecidas.....	33
8.1.1. Facies compostas por Diamictitos.....	33
8.1.2. Facies compostas por Arenitos	35
8.1.3. Facies compostas por Folhelhos.....	37
8.1.4. Facies compostas por Siltito.....	37
8.1.5. Facies compostas por Interlaminado.....	38
8.1.6. Facies compostas por Ritmito Regular.....	38
8.3. Associações de fácies identificadas	39
8.4. Tratos de sistemas identificados	41
8.5. Arcabouço seqüencial	43
8.6. Estudo preliminar do potencial hidrogeológico	44
9. Conclusões	45
10. Referências Bibliográficas.....	46

Resumo

Os Sedimentos do Subgrupo Itararé representam o registro de uma grande glaciação ocorrida durante o Permocarbonífero na Bacia do Paraná. A área do estudo localiza-se próximo a borda leste da bacia, entre as cidades de Sorocaba e Tatuí, e os sedimentos apresentam características essencialmente glácio-marinhas representando variações relativas do nível do mar. Foram realizados três perfis, em rodovias presentes na área (SP-75, SP-270 e SP-141). Sendo descritos os dados observados em campo, com a finalidade de identificar fácies, e suas associações, no âmbito da estratigrafia de seqüências, que possibilitem a construção de um arcabouço cronoestratigráfico.

Através da análise dos perfis, elaborou-se uma coluna composta onde foi possível identificar quatro associações de fácies e estabelecer quatro tratos de sistemas correspondentes: Trato de Sistema de Mar Baixo; Trato de Sistema Transgressivo; Trato de Sistema de Mar Alto; Trato de Sistema Regressivo Glácio-Isostático.

Na coluna foi identificada ainda três seqüências de terceira ordem baseadas nas características sedimentares indicativas de variação do nível relativo do mar e resposta glácio-isostática, em duas destas seqüências foram identificados todos os quatro tratos de sistemas.

Com a análise petrográfica de corpos areníticos da área, obteve-se valores entre 8 e 10% para a porosidade, aquém do esperado para representarem bons aquífero, mas que não os excluem da possibilidade de serem grandes reservatórios de água subterrânea em escala regional, visto que já existem poços sendo utilizados para captação de água em pequenas propriedades da região.

Agradecimentos

Primeiramente venho agradecer a FAPESP pelo apoio financeiro às atividades de campo, através do Projeto "Estratigrafia de Seqüências da sucessão glaciogênica permocarbonífera da Bacia do Paraná, na região sul do estado de São Paulo", Processo N.º 04/14616-4, ao qual esteve vinculado este trabalho.

De grande importância na minha vida e na conclusão deste trabalho foi a minha família, e a ela dedico um agradecimento todo especial, ao meu pai Luiz que sempre me ajudou em tudo que precisei e me apoiou em minhas decisões, a minha mãe Neuza que sempre me incentivou e me ouviu, meu melhor amigo e irmão Ronaldo, além do meu grande primo Marlos.

Agradeço ao professor Canuto pela amizade e dedicação, sem ele este projeto não se tornaria possível, agradeço ao auxílio dedicado pelo pós-graduando Gabriel durante a confecção deste relatório e nas atividades de campo. Ao professor Paulinho que sempre deixou à disposição seus conhecimentos e orientação em uma etapa de campo. Mostro minha gratidão ao professor Boggiani e a pós-graduanda Ana Lúcia, que me auxiliaram nas análises petrográficas.

Reconheço a importância de alguns grandes amigos meus tanto para a conclusão deste como pela ajuda disponibilizada, Rafael (Vivi), Júlio César (Capitão), Maria Elisa (Cacilda), Felipe (Banherão) e Adriano Azevedo (Burns) além de outros a que sempre serei grato.

Mostro minha gratidão aos amigos que fiz aqui e me ajudaram a trilhar neste caminho, entre eles, Leandro (Pikakú), Leandro (Penélope), Leopoldo (Satã), Saulo (Gorfo), Artur (Merdão), Elder (Nokú), Júlio César (Charlene), Gustavo (Caiçara), Mauricio (Pavão), Débora (OB) entre tanto integrantes do banco da Geologia, banco este que está sempre lá nos esperando no meio do pátio. Lembro também de dois ex-alunos, mas grandes amigos, Sérgio (Nabunda) e Fábio (Mãezinha).

Mostro minha grande gratidão a todos os professores que me deram pelo menos um pouco de seu conhecimento, assim como todos os funcionários deste instituto que me ajudaram durante esta jornada.

Finalmente agradeço a Deus por tudo.

ABSTRACT

Itararé sub-group sediments are the records of a great glacial event occurred in Paraná Basin, during Permo-carboniferous interval. These records are distributed at the basin east margin, among the cities of Sorocaba and Tatuí. These sediments are mainly composed by glacial-marine features, attributing deposition to sea level changes. Three profiles were carried out towards roads SP-75, SP270 and SP-141, distributed in the area. Fields data were conducted objecting facies and facies associations recognition, on the basis of sequence stratigraphy, in order to build up a chronostratigraphic basement.

Profile analysis was the base to elaborate an stratigraphic column, where four facies associations and system tracts were recognized, divided in to : Low stand system tract; Transgressive system tract, High stand system tract; Glacial-isostatic regressive system tract.

Three third order sequences had been identified based on sedimentological features, suggesting sea level relative variation, followed by glacial-isostatic compensation. All four system tracts had been identified in two of the described sequences.

With the petrographic analysis of sandstone beds conducted to porosity values ranging from 8 up to 10 %. The results were not considered satisfactory in terms of aquifers quality, although do not exclude the hypothesis of being a water reservoir in regional scale, since there are already wells being used for water pumping in little regional properties.

1. Introdução

A presente monografia trata da descrição de investidas ao campo, que resultaram em observações da região de Sorocaba-Tatui quanto a caracterização estratigráfica da região, sendo descritas suas relações de fácies, tratos de sistemas e a possibilitando a construção de perfis e de uma coluna geológica.

Afim de se conhecer a geologia da área e suas características gerais foi necessário reconhecer o contexto geológico regional e os fenômenos que estiveram envolvidos nesta caracterização, quanto a formação deste subgrupo na Bacia do Paraná e o resultado de sua sedimentação permocarbonífera extremamente ligada a uma glaciação.

O Subgrupo Itararé, Neopaleozóico da Bacia do Paraná, representa o maior registro da grande glaciação permocarbonífera ocorrida em todo o Supercontinente Gondwana (Santos 1996), cujos sedimentos se estendem desde o Rio Grande do Sul até o norte/nordeste do Estado de São Paulo. Em São Paulo, o Subgrupo Itararé ocorre desde o vale do rio Itararé, no sul do Estado, até as proximidades dos municípios de Moji-Guaçu e Leme onde, a partir daí, passa horizontalmente por interdigitação à Formação Aquidauana (Soares & Landim 1973), aflorando também em Mato Grosso e Goiás.

Considerando-se o contexto glacial envolvido, os diamictitos são importantes na análise faciológica, seqüencial e paleogeográfica, uma vez que diferentes tipos de diamictitos podem fornecer informações sobre diferentes processos deposicionais e, conseqüentemente, são de grande auxílio na identificação de variações que ocorrem nos ambientes sedimentares influenciados por geleiras, que podem ser observadas ao longo da coluna litoestratigráfica do Subgrupo Itararé.

O reconhecimento de diferentes tipos de diamictitos inclui o estudo de suas associações com outros tipos de rochas, de maneira que esses conjuntos sedimentares apresentem um caráter diagnóstico confiável, permitindo o estabelecimento de modelos de fácies, bem como de suas associações, que, por sua vez, levam à identificação de sistemas deposicionais, tratos de sistemas deposicionais e, conseqüentemente, podem indicar a arquitetura relativa à estratigrafia de seqüências da região que se pretende estudar.

A escassez de dados sobre a estratigrafia do Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo justifica a elaboração deste trabalho, que apresenta tanto um cunho acadêmico, como, mesmo numa pequena escala, um cunho econômico. Neste sentido, o conhecimento da distribuição espacial de possíveis corpos sedimentares armazenadores de água é extremamente importante, uma vez que na faixa de afloramentos do Subgrupo

Itararé localizam-se importantes cidades, que se utilizam cada vez mais de água subterrânea para seu abastecimento (Saad 1977).

2. Objetivos

O principal objetivo do presente trabalho foi determinar fácies, suas associações e tratos de sistemas, a construção de uma coluna estratigráfica, obtidas através de perfis estratigráficos analisados em campo, aplicando-se modelos já propostos em trabalhos realizados anteriormente.

Uma outra meta foi contribuir para uma melhor compreensão da estratigrafia do Subgrupo Itararé na região entre Sorocaba e Tatuí (SP), utilizando-se o método da Estratigrafia de Sequências.

Como objetivo adicional, foi a obtenção de informações em caráter preliminar a respeito do potencial dos arenitos da região como aquíferos, sendo determinando através de microscópio, sua porosidade, granulação, maturidade, etc, e sendo estas informações comparadas com observações hidrogeológicas da região.

3. Área do Estudo

3.1. Localização e Acessos

A sucessão de rochas que se pretende analisar na área do estudo está incluída na faixa de afloramentos do Subgrupo Itararé, envolvendo uma área de cerca de 1.000 km² entre Sorocaba e Tatuí (Fig.1), considerando-se uma faixa de cerca de 70 km de comprimento, aproximadamente paralela às estradas, por 15 km de largura.

Estando estes perfis elaborados nas rodovias SP-75 Senador José Erminio de Moraes (Castelinho) na saída da Rodovia SP-280 Castello Branco após um pedágio seguindo para a cidade de Sorocaba. Outro perfil na SP-270 sua saída para a Rodovia Rodovia SP-141 Senador Laurindo Dias Minhoto, onde foi desenvolvido outro perfil até os limites da cidade de Tatuí.

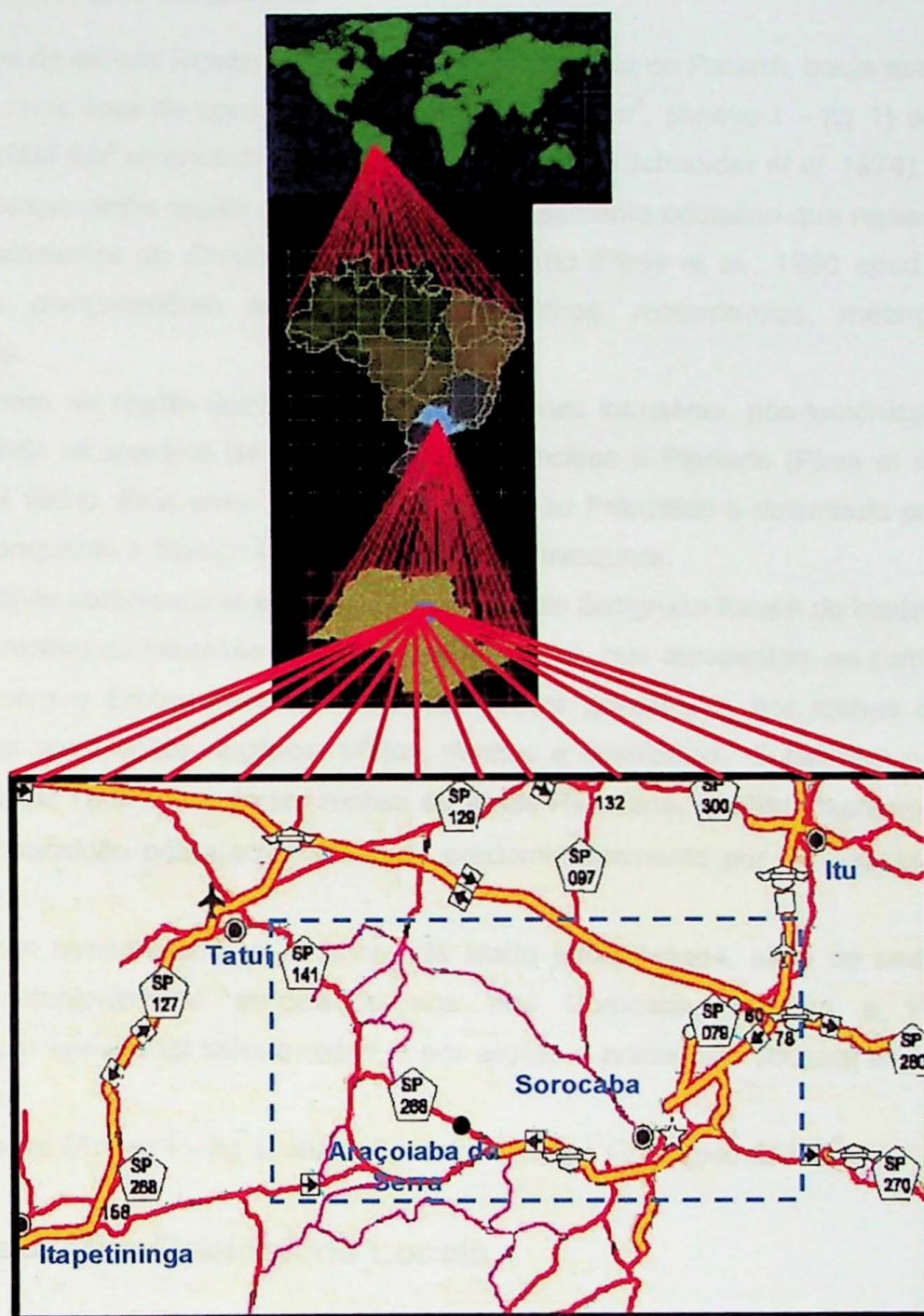


Fig 1 – Localização da Área e principais acessos.

3.2. Geologia Regional

A área de estudo localiza-se na borda leste da Bacia do Paraná, bacia esta que se estende por uma área de aproximadamente 1.600.000 km², (Anexo I – fig 1) dos quais quase 1.000.000 km² se encontram em território brasileiro (Schneider *et al.* 1974).

A geologia desta região constitui-se do embasamento cristalino que representa-se por metassedimentos do Grupo São Roque. Segundo (Pires *et al.*, 1990 apud Massoli 1991) estes compreendem metarenitos, metassiltitos, metarritmitos, metargilitos e metacalcários.

Ocorrem na região também, rochas granitóides intrusivas, pós-tectônicas, estas compreendendo os maciços de Sorocaba, São Francisco e Piedade (Pires *et al.*, 1990 apud Massoli 1991). Este autor cita que o Maciço São Francisco é delimitado pela falha de Pirapora enquanto o Maciço Piedade pela Falha Taxaquara.

As rochas sedimentares são representadas pelo Subgrupo Itararé de idade Permo-Carbonífera, motivo do interesse principal deste trabalho, que apresentam-se com contato discordante com o Embasamento, sendo compostas geralmente por rochas clásticas representadas por arenitos, argilitos, siltitos, ritmitos e diamictitos. E também o contato com a Formação Tatuí formado por rochas de idade Permiana, que representam o início do ciclo de deposição pós-glacial composto predominantemente por lamitos, arenitos e calcários.

Ocorrem também corpos Alcalinos de idade juro-cretácea, além de sedimentos aluvionares principalmente associados aos rios Sorocaba, Sarapuí e Pirapora, constituídos por areias mal selecionadas, e por argilas e areias que ocupam as planícies de inundação.

Em anexo (Anexo I – fig 3) segue figura com Mapa Geológico da Região.

3.3. Aspectos Geológicos Locais

3.3.1. Geomorfologia

Nesta região, Santos (1952) destacou a ocorrência de quatro níveis de relevo com altitudes decrescentes de leste para oeste. O primeiro, mais elevado, tem uma altitude média de 900m (Serra de São Francisco); o segundo entre 750 e 650m (Grupo São Roque); e o terceiro de 650 a 600m (Subgrupo Itararé); e o último correspondente às várzeas dos rios Sorocaba e seus afluentes, entre 550 e 500m.

Segundo Oda (1998) as formas de relevo mais comuns associadas aos dois primeiros níveis são morrotes alongados paralelos, com topos arredondados e vertentes de perfis retilíneos a convexos, ou espigões de topos angulosos e achatado.

Quanto ao terceiro nível destacam-se as litologias associadas ao Subgrupo Itararé e às do Pré-Cambriano, com relevo colinosos, correspondem a colinas médias com topos aplainados e vertentes de perfis convexos e retilíneos.

As várzeas do Rio Sorocaba e de seus afluentes, ao contrário dos níveis anteriores representa relevo de agradacão relacionadas à açãõ relacionada a deposição fluvial recente.

3.3.2. Geologia

Na área de estudo abrangendo o perfil de Sorocaba a Tatuí, basicamente predominam os sedimentos do Subgrupo Itararé assentados sobre o Embasamento Cristalino formado por metassedimentos do Grupo São Roque e Granitos Intrusivos em geral que podem ser Granitos, Quartzomonzonitos e Granodioritos, e nas proximidades da cidade de Tatuí ocorre o contato a formação Tatuí, além de sedimentos recentes .

O Subgrupo Itararé será melhor definido nos capítulos de Trabalhos Prévios e nos Resultados Obtidos.

3.3.3. Hidrogeologia

As águas subterrâneas desta área são representadas exclusivamente pelos sistemas aquífero Cristalino e Tubarão com porosidade dos tipos fissural e granular respectivamente segundo Oda (1998).

O Sistema Aquífero Cristalino é constituído por metassedimentos, granitos, gnaisses e quartzitos do Embasamento Cristalino. O sistema Aquífero Tubarão compreende arenitos, siltitos, lamitos, ritmitos e diamictitos do Subgrupo Itararé.

Segundo estudos do DAEE permitiu-se estabelecer para o Sistema Aquífero Cristalino, capacidade específica de 0,018 a 0,50 m³/h/m (para 70% dos poços analisados), com mediana de 0,1 m³/h/m. Para o sistema Aquífero Tubarão valores de capacidade específica de 0,02 a 0,50 m³/h/m (para 70% dos poços analisados), com mediana de 0,1m³/h/m.

4. Trabalhos Prévios

4.1 Bacia do Paraná

No Brasil, a Bacia do Paraná inclui áreas desde o Estado do Rio Grande do Sul, passando pelos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, e atinge partes dos estados de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais (Anexo I - fig 1) .

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica sul-americana desenvolvida sobre a crosta continental. Seu principal preenchimento é siliciclástico, capeados por derrames basálticos. Esses pacotes sugerem pelo menos três diferentes ambientes tectônicos, ocorridos com a evolução do Gondwana.

A Bacia do Paraná possui espessura sedimentar superior a 7.000 m (Milani & Zalán 1999), composta por depósitos paleozóicos, mesozóicos, lavas basálticas e, localmente, sedimentos cenozóicos (Schneider *et al.* 1974), subdividida em unidades litoestratigráficas (Anexo I - fig 2).

4.2 Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo

Caracteriza basicamente pela presença de arenitos de granulação variada e diamictitos, que refletem influências glaciais em seus diferentes ambientes deposicionais (Schneider *et al.* 1974). Secundariamente ocorrem folhelhos, siltitos e ritmitos irregulares, e, localmente, ritmitos regulares (varvitos). No Estado de São Paulo, apresenta espessura superior a 1300 m (Santos 1987).

A estratigrafia do Subgrupo Itararé indica seu desenvolvimento associado à presença de um cenário caracterizado por avanços e recuos do gelo, levando os diamictitos a representarem importantes marcos estratigráficos para a determinação de fases de abaixamento relativo do nível do mar, no âmbito da estratigrafia de seqüências (Canuto *et al.* 2001).

O Subgrupo Itararé, na região central do Estado de São Paulo, onde se localiza a área do estudo, repousa sobre o embasamento cristalino, cuja superfície erosiva apresenta localmente evidências de retrabalhamento pelo deslocamento do gelo, como, por exemplo, a ocorrência da rocha moutonnée (Almeida 1946), e vales glaciais (Melfi & Bittencourt 1962), como os observados, por exemplo, próximo a Sorocaba. Com relação ao contato superior, o Subgrupo Itararé é sobreposto pela Formação Rio Bonito

(Schneider *et al.* 1974) ou Formação Tatuí (Soares *et al.* 1977), ambos depositados em condições pós-glaciais.

Nos estados do Paraná e Santa Catarina, (Schneider *et al.* 1974) dividiram o Subgrupo Itararé nas formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul. Em Mato Grosso, Goiás e em partes de São Paulo ocorre uma outra formação Aquidauana que, segundo estudos palinológicos efetuados por Daemon e Quadros (1970), teria sido depositada no Stephaniano (Carbonífero Superior), sendo cronologicamente equivalente à Formação Campo do Tenente. Estas unidades indicam influência glacial em depósitos continentais, marinhos litorâneos e marinhos mais distais, cujos sedimentos sugerem episódios transgressivos e regressivos cíclicos (Canuto 1985 e 1993; Canuto *et al.* 2001)

No Estado de São Paulo o Subgrupo Itararé permanece indiviso, devido à falta de dados que permitam a correlação com as unidades definidas no sul. Apesar de todas as dificuldades, várias subdivisões vêm sendo propostas nos últimos anos.

Andrade & Soares (1971) e Soares & Landim (1973) constataram que o Subgrupo Itararé poderia ser dividido em três pacotes, sendo que em cada um deles prevalecia um determinado tipo litológico, com as seguintes características:

1) Pacote Inferior: cuja 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 diamictito;

2) Pacote Intermediário: pacote onde dominam siltitos, ritmitos e diamictitos;

3) Pacote Superior: composto por arenitos grossos e conglomerados, ocorrendo secundariamente diamictitos.

Saad (1977) propôs uma divisão informal para o Grupo Tubarão no Estado de São Paulo, onde este é dividido em cinco unidades chamadas de A, B, C, D e E, cuja principal característica é uma alternância entre sedimentos clásticos finos e grossos. As quatro primeiras unidades correspondem ao Subgrupo Itararé e a última à Formação Tatuí.

Soares *et al.* (1977) reconheceram quatro associações litológicas, às quais chamaram de I, II, III e IV. Essas associações apresentam uma distribuição regular, representando a metade superior do Subgrupo Itararé. A ausência de camadas guia não permitiu a correlação estratigráfica dessas associações em âmbito regional, de forma que esta é uma classificação válida apenas localmente.

França & Potter (1988) também propuseram uma subdivisão, com base em dados de subsuperfície, onde são propostas três unidades formais, sendo a unidade basal chamada de Formação Lagoa Azul, a intermediária de Formação Campo Mourão e a unidade superior de Formação Taciba. Essa divisão é difícil de ser reconhecida em superfície, devido à recorrência de litofácies e a ausência de camadas guia e de controles bioestratigráficos (Souza 2000), o que a torna pouco utilizada.

Neste trabalho adotou-se a nomenclatura proposta por Petri (1964) e Rocha-Campos (1967), que classificaram o Itararé como Subgrupo, representando a unidade basal do Grupo Tubarão.

4.3 Ambiente Glacial

Compreende o ambiente de sedimentação glacial tanto as áreas continentais ocupadas permanentemente por geleiras como as regiões vizinhas em que se nota, de maneira clara, a influência do gelo (regiões periglaciais). A parte proximal de uma região periglacial em relação a geleira recebe o nome de área proglacial (Mendes 1984).

O intemperismo químico é reduzido, prevalecendo o intemperismo físico (desintegração), pouco operante também é o fator biológico.

O ambiente glacial é o único que propicia a ação conjunta de água líquida e gelo, tanto nos processos relacionados ao transporte como a sedimentação (Ashley, 1985).

4.3.1 Geleiras

Com o acúmulo contínuo do gelo formam-se as grandes geleiras, que se encontram associadas às baixas temperaturas combinadas com altas taxas de precipitação e razões muito baixas de evaporação.

As geleiras constituem o agente principal nos processos geológicos que atuam no chamado ambiente glacial. Segundo Suguio (2003) as geleiras consistem em neve cristalizada e compactada, contendo alguma água de degelo e fragmentos de rochas que, sob ação da gravidade, fluem para fora dos campos de neve, onde foram originados.

Dois tipos de processos podem ocorrer, um denominado de “acumulação” quando a geleira sofre acreção, sendo alimentada por novas precipitações de neve. Outro processo seria o de “ablação” com processo de degelo, evaporação e formação de icebergs. Se ocorrer maior acreção a geleira vai avançar sobre o terreno, já se ocorrer ablação ela recua.

Quando a geleira alcança o mar, ela fragmenta-se em icebergs, com a fusão destes, clastos de tamanhos variados são depositados em ambientes subaquosos.

4.3.2 Depósitos Glaciais e depósitos associados

Estes depósitos podem ser diretamente influenciados pelas geleiras e podem ocorrer em contato com o gelo (depósitos subglaciais e de frente de geleiras).

Segundo Suguio (2003) a fase de recuo da geleira corresponde à principal época de sedimentação pelas geleiras quando a maior parte do material transportado é despejado na forma de "morenas terminais".

Suguio (2003) cita que Flint (1957) e Tricard (1970) classificam os sedimentos em dois tipos:

1 – Depósitos não estratificados (ou maciços) que são representados principalmente pelos sedimentos da morena basal, conhecidos como tills basais e lamitos conglomeráticos.

2 – Depósitos estratificados são formados por acumulação de materiais de morenas internas depositadas durante rápido degelo que propicia o desenvolvimento de estruturas hidrodinâmicas.

Flint (1957) apud Suguio (2003) classifica os sedimentos estratificados em dois grandes grupos:

1 – Depósitos Proglaciais: formados por planícies de lavagem glacial ou ambientes marinhos, além dos limites das geleiras

2 – Depósitos de contato glacial: sedimentos aquosos formados no contato de geleiras e podem representar-se interestratificados com depósitos não-estratificados.

Segundo Mendes (1984) os detritos transportados pelas geleiras consistem pela maior parte, em material que o gelo desprende no seu trajeto ou incorpora por abrasão. As geleiras possuem uma competência de transporte superior a da água.

Catt (1978) refere-se como glaciógeno os sedimentos transportados pelas geleiras em que são depositados diretamente pelo gelo (sedimentos glaciais) ou, indiretamente, pelas águas de degelo sob ou sobre a geleira ou no interior da mesma ou próximo às suas margens (Sedimentos Flúvios-glaciais, glácio-lacustres e sedimentos glácio-marinhos).

As morenas constituem o material dentritico que está sendo transportado pela geleira assim como o depósito do mesmo.

Os principais Tipos de depósitos podem ser classificados como:

Sedimentação Glacial

Para os sedimentos puramente glaciais é dado o nome de Tills, comumente desprovidos de seleção e de estratificação, composto de uma mistura de argila, silte, areia, seixos, calhaus e matações de proporções variáveis. O equivalente litificado recebe o nome de tilito. Os grandes clasto encontrados nos tills recebem o nome de erráticos.

Sedimentação Flúvio-Glacial

Engloba sob esta designação os depósitos estratificados produzidos pelas correntes de água de degelo. O derretimento das geleiras que terminam em ambientes terrestres, sejam elas de vale ou grandes mantas de gelo (Rocha-Campos & Santos 2000).

Os sedimentos flúvio-glaciais depositados em contato mais íntimo com as geleiras são, em geral, apenas incipientemente selecionados, ao passo que os depositados em sítios mais afastados mostram uma seleção melhor. Consistem principalmente em éskeres, kames e depósitos de planícies de lavagem. (Mendes, 1984)

O sistema fluvial que se forma na região proglacial é tipicamente do tipo de canais múltiplos ou entrelaçados. Os processos de sedimentação que ocorrem nesse ambiente são semelhantes aos depósitos fluviais comuns, exceto pelo fato de que a água tem caráter mais viscoso, por causa da sua temperatura mais baixa e densidade mais alta, e a descarga de água e sedimentos podem variar sazonalmente. Estes fatores retardam o assentamento das partículas sedimentares, facilitando o transporte (Rocha-Campos & Santos 2000).

Sedimentação Glácio-Lacustre

Lagos podem formar-se em uma variedade de situações, seja na frente da geleira, na região glacial, na região proglacial, ou subglacial e até supraglacialmente (Rocha-Campos & Santos 2000).

Corresponde ao material glaciógeno acumulado em lagos proglaciais, ou seja, corpos de água, geralmente subaéreos, alimentados por água de degelo e ocorrendo na parte proximal da região periglacial (Mendes, 1984).

Segundo Rocha-Campo & Santos (2000) as características dos depósitos glácio-lacustrinos são controladas pelas propriedades físicas e químicas dos lagos (temperatura, salinidade, conteúdo do sedimentos em suspensão ...).

Entre os processos importantes neste sistema deposicional, incluem-se os detritos depositados pelo derretimento dos icebergs que os liberam por processo intitulado de chuva de partículas (rain out). Outro mecanismo inclui a decantação de partículas em suspensão.

Sedimentação Glácio-Marinha

Qualificam-se como glácio-marinhos os sedimentos glaciógenos levados ao mar por rios de degelo, ou, em muitos casos, diretamente pelas geleiras. Inclui-se também, entre os sedimentos glácio-marinhos o material transportado por blocos de gelo flutuantes que o liberam ao se liquefazer (Mendes, 1984).

Rocha-Campos & Santos (1984) detalham que o volume de gelo de uma região e sua taxa de descarga no mar são altos, ocorre uma depressão glácio-isostática causada pelo peso da massa de gelo sobre a crosta da Terra.

Segundo Mendes (1984) os sedimentos glácio-marinhos apresentam-se como uma mistura mal selecionada de megaclastos angulares, com sedimentos puramente marinhos.

Depósitos glácio-marinhos estão também sujeitos a retrabalhamento por correntes marinhas de fundo e à ressedimentação por fluxo gravitacional de sedimentos acumulados sobre declives (Rocha-Campos & Santos, 2000).

O sistema glacial-marinho pode ser subdividido em dois tipos :

A) Glácio Marinho Proximal : a geleira está em contato direto com o mar, assim os fluxos de água do degelo e outros fluxos gravitacionais de massa penetram diretamente no corpo de água marinho sem sofrer retrabalhamento pelos processos flúvio-glaciais sub-aéreos, neste ambiente é muito comum a presença de Icebergs (Salveti, 2005).

B) Glácio Marinho Distal : é dominado por processos de alta energia, onde a geleira dita o ritmo de fornecimento e retrabalhamento de sedimentos. Este ambiente segundo Salvetti (2005) é regido por processos tipicamente não-glaciais, devido a menor influência direta do gelo, estes sedimentos terão maior potencialidade de preservação.

Fluxos Gravitacionais de Massa

Fluxo Gravitacionais de Massa, ou apenas fluxos de massa, é o termo utilizado para designar todos os processos, que envolvem movimentos de massa sob ação direta da gravidade (Suguio, 1998).

Fácies de ressedimentação abrangem desde simples deslizamentos de material coeso até fluxos turbulentos de baixa concentração, incluído fluxos de massa de viscosidade variável (Middleton & Hampton 1976).

Fluxos Gravitacionais subaquosos são freqüentes e, no ambiente glacial, são formados a partir de grandes quantidades de detritos liberados diretamente pela geleira e acumulados junto às bordas da bacia ou sobre a plataforma continental. Ao se desestabilizar, estes sedimentos fluem bacia adentro na forma de fluxos gravitacionais densos ou turbulentos. A instabilidade da pilha sedimentar ocorre devido às altas taxas de deposição, alto ângulo de inclinação do talude, ultrapassagem da quebra do talude por avanços do gelo, por *calving*, impacto de ondas ou mesmo pequenos tremores sísmicos (Benn & Evans 1998).

A própria variação do nível relativo do mar pode mudar as condições de estabilidade da pilha sedimentar, gerando sua instabilização e dando início a um fluxo gravitacional de massa (Canuto et al., 2001).

Salveti (2005) caracteriza a divisão dos fluxos gravitacionais de massa em ambientes glaciais segundo cinco principais categorias:

- a) Correntes de Turbidez: sedimentos suportados por fluxo turbulento;
- b) Fluxo fluidificado: partículas inteiramente suportadas pelo fluxo ascendente através dos poros intergranulares.
- c) Fluxo Liquefeitos: sedimentos parcialmente sustentados pelo escape ascendente de fluido intergranular;
- d) Fluxo de Grãos: detritos suportados pela pressão dispersiva, interação direta das partículas;
- e) Fluxo Coeso de detritos: sedimentos sustentados pela resistência da matriz.

Segundo Gama Jr., et al (1992) define como litologias de ressedimentação em ambiente glacial diamictitos, arenitos e ritmitos.

Planície de Maré

Com o descongelamento das grandes massas glaciais, pode ocorrer a redução isostática, produzindo um aumento na relação da posição do continente, causando uma variação no nível do mar e podendo dar origem a depósitos de Planície de Maré.

Este ambiente se forma nas margens de estuários, lagunas, baías ou atrás de ilhas Barreiras e dependem das respectivas amplitudes de maré (Hayes, 1975).

Segundo Suguio (2003) os ambientes de planícies de maré necessitam de certas condições para se formarem como amplitudes de marés mensuráveis, ausência da ação direta de ondas mais fortes.

Este ambiente pode ser dividido em três principais Zonas:

- A) Zona Intermarés : porção da planície de maré quase integralmente coberta pelas águas, e exposta em condições de maré mais baixa, em geral de declividade baixa, mas regular.
- B) Zona de Supramaré: Constituem alternância de seqüências alternadas de areia e lama.
- C) Zona Inframaré: Mais externamente, mar adentro, também se desenvolvem canais de maré.

A Zona de Intermaré, geralmente de espessura e riqueza deposicional maior, pode ser constituída de Lamitos, Siltitos, canais Isolados preenchidos de areia e lama, arenitos bioturbados entre outras associações. Entre as estruturas que ocorrem predominam as estratificações do tipo “flaser”, estratificações cruzadas, sendo estas ainda de natureza acanalada ou tabulares e gretas de contração.

4.4 Estratigrafia de Seqüências

A Estratigrafia de Seqüência é uma metodologia estratigráfica fundamentalmente derivada da Sismoestratigrafia, que se refere a utilização de dados sísmicos (Canuto & Santos 2000).

Van Wagoner et al (1988) define a estratigrafia de seqüências como o estudo das relações de rochas em um arcabouço cronoestratigráfico, de estratos geneticamente relacionados, que ocorrem de forma repetitivos, limitados por superfícies de erosão ou não deposição, ou conformidades correlativas. E também como o estudo de fácies geneticamente relacionadas, num arcabouço de superfícies cronoestratigráficas. (Van Wagoner et al., 1990)

Vail et al (1977) definiram uma seqüência como “uma sucessão relativamente concordante de estratos contemporâneos ou geneticamente relacionados, limitada no topo e na base por discordâncias e suas concordâncias correlativas”.

Mitchum et al. (1977) definiram originalmente o termo “seqüência” como uma sucessão relativamente concordante de estratos geneticamente relacionados, limitados por inconformidades ou por suas conformidades correlativas. Para esses autores, inconformidade corresponde a uma superfície de erosão ou não deposição, que separa estratos mais novos de estratos mais antigos e representa um hiato significativo. Desta forma, engloba equivocadamente os hiatos no interior da bacia e os intervalos de condensação marinha.

Fator importante neste contexto são os sistemas deposicionais que foram definidos por Fisher & McGowen (1967) como uma associação tridimensional de litofácies. Quanto a tratos de sistemas deposicionais como um conjunto de sistemas deposicionais contemporâneos segundo Brown & Fisher (1977).

Posamentier et al (1988) defini como uma sucessão de tratos de sistemas deposicionais como sendo depositadas entre pontos de inflexão de queda eustática.

Adicionalmente considera-se principalmente neste trabalho um outro fator importante na sucessão de tratos que é o efeito glacio-isostático que o aterramento e o posterior desintegração de massa de gelo pode causar em uma bacia sedimentar, como citado por Canuto et al (1997).

Uma seqüência pode ser subdivida em tratos de sistemas deposicionais que podem ser classificados pela sua posição na seqüência e pelos padrões de empilhamento. Os limites das seqüências, conjuntos de parasseqüências limitadas por superfícies de inundação marinha. Os limites de seqüências fornecem um arcabouço cronoestratigráfico para correlacionar e mapear rochas sedimentares. (Canuto & Santos 2000).

Van Wagoner et al (1988) classificou em três subdivisões em cada seqüência, sendo trato de sistema de mar baixo (lowstand systems tract), trato de sistema transgressivo (transgressive systems tract) e trato de sistemas de mar alto (highstand systems tract) em seqüências do tipo 1, e trato de sistemas de margem de plataforma (shelf-margin systems tract), trato de sistemas transgressivos e trato de sistema de mar alto em seqüências do tipo 2.

Segundo dito por Canuto & Santos (2000) uma seqüência deposicional representa um ciclo completo de deposição limitado acima e abaixo por discordâncias erosivas, tendo, portanto, sua duração máxima, medida entre as discordâncias e conformidades correlativas.

Vail et al. (1977) propuseram que as seqüências seriam marcadamente condicionadas pelas oscilações eustáticas, cujas amplitudes não seriam constantes ao longo do tempo e, apresentariam um forte caráter cíclico. Segundo Vail et al. (1991), os ciclos poderiam ser divididos em seis ordens de grandeza, de acordo com o tempo de duração, conforme ilustrado na tabela 1.

Ordem	Unidade	Duração	Causa
1ª	Superciclo	> 50 m.a	Formação e ruptura de Supercontinentes
2ª	Conjunto de Sequências	50 - 5 m.a	Transição RIFT-DRIFT
3ª	Sequência	5 - 0,5 m.a	Variação na taxa de acreção da crosta oceânica
4ª	Parassequência	0,5 - 0,1 m.a	Variações glácio-eustáticas stresses intraplacas
5ª	Camada	< 0,1 m.a	Variações orbitais da Terra / Ciclo de Milankovitch

Tabela 1 – Ordem de Grandeza das Sequências retirado de Cainelli & Feijó 2005

Os tratos de sistemas definidos foram desenvolvidos para um cenário envolvendo uma margem com quebra de plataforma, incluída em margem continental passiva, onde o talude da clinoforma apresenta-se inclinado o suficiente para permitir o desenvolvimento de grandes falhas e a formação de sistemas de leques submarinos (Myers & Milton 1998).

Quanto as bacias em rampa ou intracratônicas, vários trabalhos se propuseram a adaptar estes conhecimentos aplicados a bacias de margens continentais passivas para as bacias intracratônicas. Quanto a Bacia do Paraná, caracteristicamente glaciada durante o Neoproterozóico, verifica-se a existência de tratos de sistemas de mar baixo (lowstand) que geralmente são difíceis de se distinguir em outras Bacias Intracratônicas, e representam o principal problema em utilizar os conhecimentos de estratigrafia de sequência realizados pelos modelos propostos pelo Grupo EXXON.

5. Materiais e Métodos

5.2. Atividades de Campo

Este trabalho é baseado, fundamentalmente, no levantamento de perfis geológicos ao longo de estradas que cruzam a faixa de afloramentos do Subgrupo Itararé, nas regiões das cidades de Tatuí, Sorocaba, Araçoiaba da Serra, Ipero e Sorocaba, no centro-leste do Estado de São Paulo.

Os perfis foram confeccionados com base nas descrições de afloramentos, que foram lançados sobre a base topográfica utilizada, composta pelas folhas Tatuí (MI-2765/3), Boituva (MI-2765/4), Salto de Pirapora (MI-2791/2), Sorocaba (MI-2792/1), Itu (MI-2766/3) todas na escala 1:50.000.

Para correção dos perfis quanto a limitações geométricas devido às circunstâncias geológicas e imprecisão de dados para a sua execução foi proposto para amenizar essas limitações seguir as formulas definidas por Saad (1977), que propôs algumas correções que devem ser feitas devido às limitações topográficas (relevo suave e baixos ângulos de mergulho médio) do Grupo Tubarão (Rocha-Campos 1967), incluindo a utilização de sobrelevação vertical.

A escala horizontal adotada é 1:50.000 e a vertical, incluindo a sobrelevação necessária, 1:1000.

A sobrelevação, de 50 vezes, justifica-se pelo fato de que a utilização do mergulho original das camadas, em torno de 1° (Canuto *et al.* 2001), torna impossível a análise das feições estruturais importantes. Com a sobrelevação o ângulo de mergulho torna-se mais acentuado, porém proporcionalmente aos demais elementos em estudo, facilitando sua observação. Para a correção dos valores dos ângulos de mergulho, foi utilizado o método de Smith (1925), mostrado a seguir.

$\text{Cotg } a = (\text{cotg } c) / \text{sen } \alpha$, onde:

a = ângulo de mergulho aparente

c = ângulo de mergulho real, que é de 1°

α = ângulo formado entre a direção geológica e a direção do perfil.

Assim, obteremos o valor de a que será utilizado no cálculo do ângulo de mergulho aparente sobrelevado, dado pela fórmula:

$\text{tg } b = n \cdot \text{tg } a$, onde

a = ângulo de mergulho aparente conhecido na formula anterior.

n = sobrelevação, que é de 50 vezes

b = ângulo de mergulho aparente sobrelevado

Dessa forma, chegou-se a determinados valores em graus para os ângulos de mergulhos aparentes sobrelevados, valores estes que foram utilizados na construção dos perfis, um em cada trecho de mudança acentuada de direção das estradas.

Os afloramentos foram analisados através de técnicas convencionais de análises de fácies, com o intuito de se reconhecer suas associações e tratos de sistemas.

A classificação de fácies, bem como suas associações, seguiu a metodologia e a nomenclatura utilizada por Canuto *et al.* (2001). Neste trabalho, os autores estudaram sedimentos do Subgrupo Itararé na sua faixa de afloramentos nos estados do Paraná e

Santa Catarina, e classificaram fácies de acordo com as litologias, texturas, estruturas sedimentares.

Foram ainda coletadas amostras de arenitos, para confecção de lâminas delgadas.

5.3. Trabalhos de laboratório

Foram desenvolvidas atividades de laboratório, envolvendo a análise de lâminas petrográficas de arenitos, visando o estudo microscópico da porosidade, composição, granulação, cimentação e morfologia dos grãos destes arenitos. Foram utilizados microscópios "Olympus BX40" para a visualização das principais feições microscópicas e também o microscópio ZEISS AXIOPLAN2 do Laboratório de Petrologia do IGc, para a determinação da porosidade através da técnica de contagem de pontos, utilizando uma rotina de 300 pontos na lâmina com lente convergente 20x e espaçamento de aproximadamente 0,25 mm, estes pontos sendo dispostos em uma malha regular. E para a contagem dos pontos foi utilizado um contador diferencial de células "CP-2029 Phoenix".

No DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo) foram consultados poços da região, os resultados obtidos nestas duas etapas ao lado de outros trabalhos prévios sobre a hidrogeologia da região permitiram avaliar preliminarmente a potencialidade dos arenitos da região como aquíferos a serem utilizados pela população local.

5.4. Trabalhos de escritório

Desenvolveu-se trabalhos relativos à pesquisa bibliográfica visando um maior conhecimento quanto a área de estudo, sedimentação glacial, estratigrafia de seqüências, hidrogeologia local, geologia regional e outros temas que foram propostos no trabalho.

Foram construídos perfis geológico-topográficos, correspondentes às seções estudadas, utilizando-se o método de Smith (1925), já aplicada com sucesso em Saad (1977), Santos (1979), Canuto (1985 e 1993) e Canuto *et al.* (2001).

Através destes perfis foram construídas colunas litoestratigráficas locais mais completas, que posteriormente foram integradas.

6. Desenvolvimento do Trabalho

6.1 Cronograma De Atividades

ATIVIDADES	mar-05	abr-05	Mai-05	jun-05	jul-05	ago-05	set-05	out-05	nov-05	dez-05
Revisão Bibliográfica	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Trabalhos de Campo			●			●		●		
Trabalhos de Escritório	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Atividades Laboratoriais								●	●	
Projeto Inicial	●									
Relatório Parcial						●				
Monografia									●	
Apresentação e Defesa										●

6.2. Atividades Realizadas

6.2.1 Atividades de Campo

Foram realizadas cinco etapas de campo para a confecção desta dissertação, sendo estes contabilizando um total de aproximadamente trinta horas de campo, tempo este que se mostrou suficiente para esta caracterização geológica da área.

As seções analisadas no estudo incluem os percursos entre o entroncamento da Rodovia Castello Branco para a Rodovia SP-75 (vulgo Castelinho), seguindo até Sorocaba, na saída desta cidade foi seguido o rumo da Rodovia SP-270 (Raposo Tavares) em sentido a Itapetininga, a qual foi percorrida até o acesso a SP-141 nas proximidades de Capela do Alto, esta última rodovia foi percorrida até seu destino final nas proximidades da cidade de Tatuí (Fig.1).

6.2.2. Atividades de Escritório

Foram desenvolvidas atividades de escritório como a organização dos dados bibliográficos, dos dados de campo, confecção de perfis, colunas geológicas, e elaboração de relatórios, com a finalidade de se obter os objetivos da presente dissertação.

6.2.3. Atividades de Laboratório

Foram realizadas análises microscópicas em quatro lâminas do ponto SP-75-7 em diferentes cotas do afloramento (0m,2m,4m,6m,10m, sendo o zero em relação a posição da estrada), descrevendo relações texturais, de granulação, composicionais, morfologia dos grãos e maturidade textural. Sendo analisada ainda a contagem de poros de duas destas lâminas (0m e 10m) afim de se caracterizar mais precisamente a quantidade de poros destas lâminas.

7. Resultados Obtidos

7.2. Descrição dos Afloramentos Visitados

7.2.1 Perfil 1 – Senador José Ermírio de Moraes, SP-75, rumo a Sorocaba

Ponto SP-75-01 - (0260471 / 7408696)

Km 12,5 / hodômetro = 0

Embasamento constituído de filitos de cor avermelhada; neste ponto não ocorrem rochas sedimentares.

Ponto SP-75-02 – (0258534 / 7407120)

Hodômetro = 2,5 km

Contato entre embasamento cristalino e arenito fino, vermelho, de aparência maciça, incluindo fragmentos irregulares do embasamento (mais claros) com espessura de cerca de 20 cm (foto 1 – Anexo II). Sobrepõe-se ao arenito (para a esquerda na foto) camada irregular, deformada, composta de interlaminação de arenito fino (esbranquiçado) com laminação cruzada e siltito avermelhado maciço, que, originalmente, teria sido formado através da alternância de processos de tração e decantação, apresenta-se agora fragmentado e misturado, mostrando dobras e falhas, perfazendo uma espessura média

de cerca de 30 cm. Sobre essas interlaminações deformadas, ocorre, até o canto superior esquerdo da foto (foto 1), um ritmito regular formado por siltito esbranquiçado e argilito vermelho com clastos dispersos. O ritmito se apresenta semi-intemperizado, não sendo possível serem observadas adequadamente estruturas sedimentares. Sobre esse conjunto sedimentar ocorre arenito fino maciço, bem selecionado, sem estruturas sedimentares observáveis. As interlaminações deformadas, entre o arenito vermelho e o ritmito, apresentam planos descontínuos onde são observadas estruturas do tipo "*sliken sides*"; o contato entre o sedimento e o embasamento é liso e polido. Não foram observadas estrias.

A ocorrência sedimentar sobreposta ao embasamento se estende por cerca de 30 m, observando-se que os sedimentos parecem cobrir, no esquema geral do afloramento, uma estrutura em forma de vale "em U" (foto 02 – Anexo II); no flanco oeste, entre o embasamento e o ritmito ocorre folhelho com aspecto maciço e clastos dispersos, com espessura de cerca de 4 m.

Ponto SP-75-03

Hodômetro = 2,6 km

Ocorre arenito maciço, fino a médio, sem estruturas sedimentares aparentes, com solo arenoso na parte superior (nos 5 metros superiores do afloramento);

Ponto SP-75-04

Hodômetro = 2,9

Arenito maciço cinza, bem selecionado, pouco alterado, mais quartzoso que o anterior.

Ponto SP-75-05 (0257027 / 7405932)

Km 7

Embasamento Cristalino (Grupo São Roque).

Ponto SP-75-06

Km 8

Ritmitos regulares compostos de siltito e argilito, não se distinguindo estruturas sedimentares nas lâminas, com arenitos finos, maciços, intercalados,

Ponto SP-75-07 (0256185 / 7405248)

Hodômetro = 5,6 (Viaduto Tereza C. G. De Luca)

Arenito branco fino a muito fino, mal selecionado, aspecto maciço e clastos dispersos de siltito sustentados pela matriz, além de concreções. Apresentam marcas onduladas assimétricas decimétricas (Foto 3 – Anexo II).

Megascopicamente pode-se observar que o corpo arenítico apresenta mergulho visível na Foto 4 (Anexo II) e é composto por várias camadas distintas, como se vê na Foto 5 (Anexo II), caracterizando-se o topo de uma camada.

Ponto SP-75-08 – (0253829 / 7403421)

Hodômetro = 8,7 km até 9,0 km

Interlaminado composto por arenito fino com laminação cruzada e argilito com laminação horizontal. São observados icnofósseis em forma de “tubos” inclinados e subverticais (Foto 6 – Anexo II).

7.2.2 Perfil 2 – Rodovia Raposo Tavares, SP-270, até o acesso à rodovia SP-141

Trecho Inicial

Hodômetro = 19,6 km – Ponto de controle

Entroncamento da SP-75 com a SP-270 (Rodovia Raposo Tavares). No trecho inicial deste perfil, entre os quilômetros 99 e 101, ocorrem rochas do embasamento cristalino (Grupo São Roque). Em continuidade, até o km 107, não existem afloramentos.

Ponto SP-270-01– (0231324 / 7395073)

Km – 119

Intercalações de camadas tabulares decimétricas a métricas de arenito maciço a gradacional, e folhelhos a siltitos maciços, com espessuras centimétricas a decimétricas, que se estendem por pelo menos 500 m.

Ponto SP-270-02 – (0230071 / 7394249)

Diamictito lenticular siltico arenoso, com canais centimétricos a métricos, clastos de 3 a 4 cm com camadas centimétricas a decimétricas, de matriz siltico-arenosa, com forma lenticular. Alguns lobos de fluxo apresentam direção de movimento N40°W, com mergulho para NW.

Ponto SP-270-03 – (0229534 / 7393922)

Ocorre neste ponto o contato entre diamictito arenoso amarelado maciço a estratificado na base, com intercalações de siltito, pouco clastos, sendo um deles um matacão granítico; abaixo deste, ocorre um diamictito siltico esverdeado, maciço, com poucos clastos.

Ponto SP-270-04 – (0229017 / 7393764)

Km – 122

Siltito maciço na base (1 m), seguido de arenito fino lenticular (1,5 m), através de contato brusco; acima deste (Foto 7 – Anexo II), ocorrem interlaminações siltico-argilosas (3 m), onde são encontradas concreções fossilíferas contendo escamas e impressões de vísceras de peixes fósseis (Foto 8 – Anexo II); sobre esse conjunto sedimentar ocorre siltito arenoso maciço (3 m).

Ponto SP-270-05 – (0229017 / 7393764)

Km 122,5

Siltito argiloso maciço. Argila contendo foraminíferos, observados em amostras do afloramento, apresentando níveis mais cimentados com continuidade lateral (Fotos 9 e 10).

Ponto SP-270-06 – (0228166 / 7393624)

Km - 123

Siltito amarelado a esverdeado maciço, com algumas intercalações mais argilosas esverdeadas centimétricas.

Ponto SP-270-07 – (0227763 / 7393572)

Diamictito lenticular com sistemas de juntas verticais a inclinadas (foto 11 – Anexo II). Estruturas lenticulares podem ser observadas na foto 12 (Anexo II).

Ponto SP-270-08 - (0227088 / 7393417)

Km - 124

Diamictito maciço acinzentado com clastos milimétricos a decimétricos em matriz argilosa; o diamictito inclui bolas de areia com diâmetros observados de até 1m.

Ponto SP-270-09 – (0226301 / 7393555)

Diamictito lenticular, com matriz arenosa, coloração amarelada a acinzentada na forma de variação de cor entre diferentes canais (foto 13 – Anexo II). Ocorrem clastos centimétricos a decimétricos constituídos de material do embasamento e intrabaciais (siltito), paralelos ao fluxo. O afloramento estende-se por 700m.

Ponto SP-270-10 – (0225868 / 7393606)

Diamictito lenticular siltico-arenoso amarelado (1 m), sobreposto por arenito médio a grosso (1 m) mal selecionado, estratificado (Foto 14 – Anexo II), com estratificação cruzada e camadas centimétricas que se truncam; o arenito apresenta ainda níveis mais silticos e é encimado por diamictito siltico lenticular (4 m).

Ponto SP-270-11 – (0225121 / 7393709)

Siltitos e arenitos finos lenticulares, de cor esverdeada (Foto 15 – Anexo II), em fluxos canalizados (lobos) entrecortantes, truncantes. O arenito é muito fino com laminação horizontal descontínua e levemente irregular.

Ponto SP-270-12 – (0223441 / 7394018)

Km - 128

Arenito grosso maciço na base, passando, por transição, para cima, a arenito fino a médio, seguido de diamictito arenoso lenticular com clastos decimétricos, cortado por canal decamétrico de diamictito também arenoso.

Ponto SP-270-13 – (0223441 / 7394018)

Km – 128,5

500 m adiante do afloramento anterior, ocorre diamictito arenoso lenticular, com intercalações decimétricas descontínuas de areia, e acima, por contato brusco, passa a ocorrer um conjunto de camadas centimétricas de diamictito mais fino lenticular.

7.2.3 Perfil 3 – Rodovia Senador Laurindo Minhoto SP-141, a partir do entroncamento com a Rodovia Raposo Tavares, até Tatuí

Ponto SP-141-01 – (0222161/7394600)

Afloramento próximo a entrocamento das rodovias SP-270 e SP-141, semi-interperizado com aproximadamente 1m de altura e 100m de extensão.

Ocorre diamictito alaranjado, de matriz silto-arenosa, estratificado, com camadas deformadas, mostrando variação de cor. São observados clastos centimétricos dispersos, enquanto que os de tamanho milimétricos são abundantes (foto 16 – Anexo II). Estruturas na forma de pequenas dobras. Alternam-se, localmente, camadas centimétricas mais arenosas e argilosas.

Ponto SP-141-02 – (0221636/7395136)

Diamictito siltico-arenoso com clastos centimétricos raros e aspecto maciço. O diamictito apresenta espessura em torno de 4 m (Foto 17 – Anexo II). Muitos clastos milimétricos.

Ponto SP-141-03 – (0221271/7395511)

Diamictito lenticular alaranjado a avermelhado. Clastos com dimensões maiores que 7 cm, sendo parte destes ligeiramente orientados (Foto 18 – Anexo II). Podem ser observados diferentes fluxos lenticulares, podendo ser diferenciados como mostrado nas figuras em anexo. (anexo III – Esquema 1.)

Ponto SP-141-04 – (500 m do anterior SP-141-03)

Diamictito lenticular alaranjado a avermelhado, com níveis mais arenosos e clastos abundantes.

Ponto SP-141-05 – (0220808/07396005)

Diamictito lenticular com clastos abundantes e “bolas de areia” de diâmetros métricos (Foto 19 – Anexo II).

Ponto SP-141-06 – (0220603/07403770)

Ponto de Controle, sem afloramento.

Ponto SP-141-07 – (0220603/07403770)

Ponto de Controle, sem afloramento; apenas solo arenoso.

Ponto SP-141-08 – (0220603/07403770)

Intercalações centimétricas de argilito e siltito, de coloração avermelhada; afloramento semi-intemperizado, fato que mascara possíveis estruturas sedimentares.

Ponto SP-141-09 – (0220603/07403770)

Arenito lenticular, fino a médio, bem selecionado, com clastos dispersos do próprio arenito. Ocorrência de duas camadas sobrepostas (foto 20 – Anexo II) que podem ser diferenciadas através da granulometria, sendo a superior mais fina que a inferior e com estratificação mais bem definida.

Ponto SP-141-10 – (0219425/07408377)

Ponto de Controle – Empresa Ikroma, km 15, em frente a ponto de ônibus. Não há afloramento.

Ponto SP-141-11 – (0217622/07409919)

Interlaminação de siltitos maciços a laminados horizontalmente e arenitos finos a muito finos, com laminação cruzada lenticular, ora mais argiloso, ora mais arenoso. Nas porções mais grossas aparecem ainda porções mais argilosas formando pequenos bolsões de folhelho.

Ponto SP-141-12 –

Correspondente ao Ponto SP-141-08.

Ponto SP-141-13 – (0221886/07402505)

Diamictito lenticular siltico argiloso, com camadas decimétricas descontínuas de areia intercaladas (foto 21).

Ponto SP-141-14 – (0222108/07402379)

Na base ocorre espessura aproximada de 4 m mostrando interlaminação de folhelho (lâminas de 2 a 3 cm, com laminação horizontal) e arenito fino (camadas de até 10 cm com laminação cruzada); o material é semi-intemperizado. Para cima, por transição, ocorre espessura aproximada de 2 m composta por siltito maciço a laminado horizontalmente.

200 m adiante, ocorre arenito muito fino a siltico com estratificação cruzada hummocky.

Ponto SP-141-15 – (0219571/07403452)

Interlaminação de siltito argiloso e arenito fino, com laminação horizontal no primeiro e cruzada no segundo (Foto 22 – Anexo II). São observadas gretas de contração (Foto 23- Anexo II)

Ponto SP-141-16 – (0219257/07403939)

No chão, lado esquerdo do leito da estrada, ocorrem 3 m de folhelho esverdeado maciço e localmente com laminação horizontal insipiente. Subposto a ele ocorrem cerca de 2 m de folhelho maciço a laminado com clastos caídos até centimétricos.

Ponto SP-141-17 – (0219173/07404102)

Intercalações centimétricas a decimétricas de diamictito e folhelho. A maioria dos contatos é brusca. Alguns são transicionais de folhelho para diamictito, para cima; o folhelho contém clastos milimétricos (Foto 24 – Anexo II). O que se observa, então, é a passagem gradacional de folhelhos com clastos passando para cima a diamictito (chuva de detritos?).

Ponto SP-141-18 – (0218837/07404718)

Interlaminado formado por siltito argiloso com laminação horizontal e arenito fino com laminação cruzada truncante, lembrando estratificação cruzada hummoky.

Ponto SP-141-19 – (0218692/07404936)

Diamictito lenticular, com matriz arenosa média a grossa e clastos milimétricos a decimétricos (Foto 26 – Anexo II). Direção de fluxo perpendicular à estrada em cuja margem aflora.

7.3. Perfil Geológico

Foram definidos e analisados três perfis geológicos desenvolvidos ao longo das rodovias SP-75, SP-270 e SP-141 (Figuras 2, 3, 4, 5 – Anexo IV). Dessas atividades foram obtidos dados que foram interpretados para cada um dos perfis, tendo sido encontradas algumas dificuldades que foram superadas na medida do possível, e resultados diagnósticos e suficientes para a elaboração do arcabouço cronoestratigráfico que se pretendia obter quando da proposta do trabalho foram conquistados efetivamente.

Duas situações foram apresentadas, relativas aos perfis selecionados e analisados. Uma referente à rodovia SP-75, e outra associada às rodovias SP-270 e SP-141, situações essas refletidas nas colunas estratigráficas construídas, que se encontram discutidas no item referente às colunas estratigráficas, item 7.4.

7.4. Coluna Estratigráfica

Foram construídas três colunas estratigráficas, relativas aos perfis desenvolvidos ao longo das rodovias SP-75, SP-270 e SP-141.

Devido à sua maior proximidade com relação à borda da bacia, o perfil da SP-75 mostrou-se inadequado aos objetivos pretendidos originalmente, senão vejamos, a área na qual se inclui o perfil foi grandemente influenciada por falhas, as quais associadamente à baixa porcentagem de registro sedimentar preservado acabaram por inviabilizar a utilização do perfil relativamente à correlação e construção de seção estratigráfica composta.

Como se pode concluir através do reconhecimento de diversos lineamentos importantes indicados pela rede de drenagem, além do encaixe de rios importantes como, por exemplo, o rio Sorocaba, que mostram seu curso controlado por essas estruturas, podem ser sugeridas diversas falhas ao longo do perfil (Figura 2 – Anexo IV). Por outro lado, a dificuldade maior diz respeito à ausência de grande parte do registro sedimentar

na área, não havendo então camadas guias que possam ser utilizadas na reconstrução estratigráfica através da retificação das falhas. Somente na coluna do próprio perfil, entre os pontos 7 e 8, estão ausentes cerca de 60 m de espessura da sucessão sedimentar (Fig. 8 - Anexo IV). As únicas conclusões que podem ser tiradas se referem aos sedimentos observados na base da coluna sedimentar, sobre o embasamento, e o topo da coluna representativa do perfil SP-75.

Já os perfis das rodovias SP-270 e SP-141, apresentam um índice relativamente bom de preservação sedimentar, o que permitiu a elaboração de uma análise adequada e construção do arcabouço cronoestratigráfico para a região na qual ocorrem esses perfis (Figuras 3,4,5,7,9 - Anexo IV).

7.5. Análise Petrográfica

7.5.1. Análises Microscópicas

SP-75-7 (0m)

10 % Matriz, 1% Cimento (Ferruginoso), 9% Poros, 80% Arcabouço

Composição : 65% Quartzo, 25% Feldspato, 10% Fragmentos Líticos, <1% muscovita.

Granulometria: Arcabouço alcançando dimensões superiores a 1mm enquanto a matriz entre 0,25 mm e 0,1 mm

Morfologia dos Grãos: Pobre Seleção, os grão são sub-angulares, pouco a sub-esféricos. Os grãos estão em contato tangencial.

Textura: Maciça

Maturidade Textural : Sub-maturo

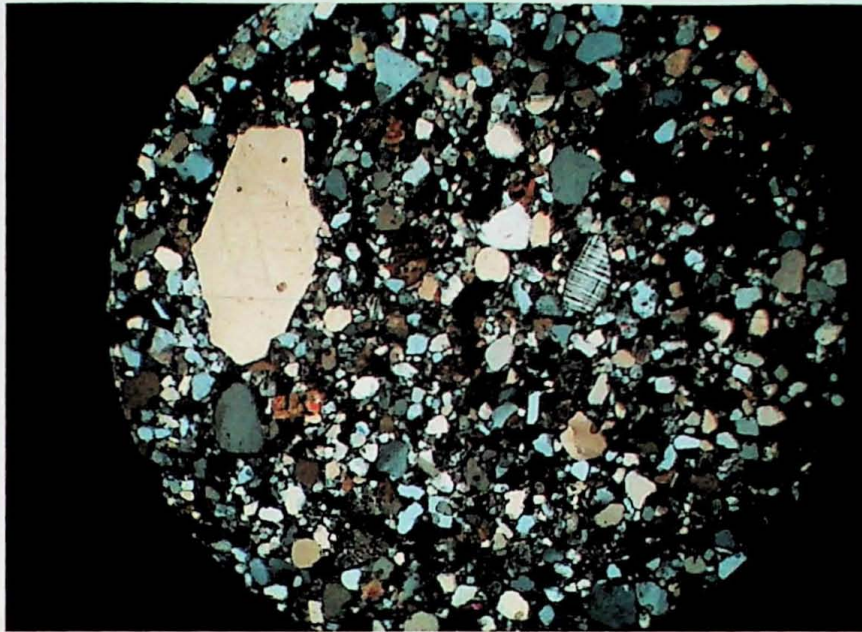


Foto do Microscópio 1 – Lâmina SP-75-7-0m, com aumento de 5x e polarizador cruzado.

SP-75-7 (2m)

10 % Matriz, 1% Cimento (Ferruginoso), 8% Poros, 81% Arcabouço

Composição : 65% Quartzo, 30% Feldspato, 5% Fragmentos Líticos, <1% muscovita.

Granulometria: Arcabouço alcançando a dimensões de 0,5 mm enquanto a matriz entre 0,25 mm e 0,1 mm

Morfologia dos Grãos: Pobre Seleção, os grão são sub-angulares, pouco a sub-esféricos. Os grãos estão em contato tangencial.

Textura: Maciça

Maturidade Textural : Sub-maturo



Foto do Microscópio 2 – Lâmina SP-75-7-0m, com aumento de 5x e polarizador cruzado.

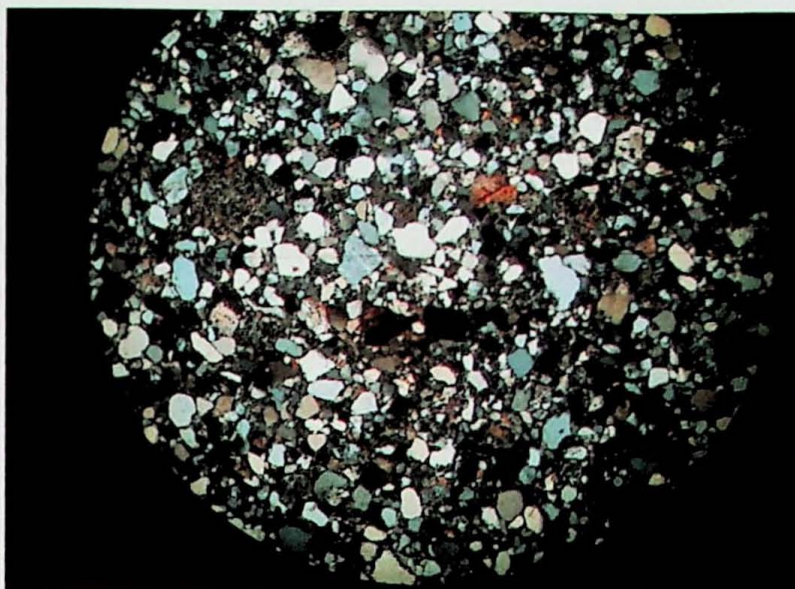


Foto do Microscópio 2 – Lâmina SP-75-7-2m, com aumento de 5x e polarizador cruzado.

SP-75-7 (6m)

8 % Matriz, 2% Cimento (Ferruginoso), 8% Poros, 82% Arcabouço

Composição : 60% Quartzo, 25% Feldspato, 12% Fragmentos Líticos, > 3% muscovita.

Granulometria: Arcabouço alcançando a dimensões de 0,8 mm enquanto a matriz entre 0,25 mm e 0,1 mm

Morfologia dos Grãos: Pobre Seleção, os grão são sub-angulares, pouco a sub-esféricos. Os grãos estão em contato tangencial.

Textura: Maciça

Maturidade Textural : Sub-maturo

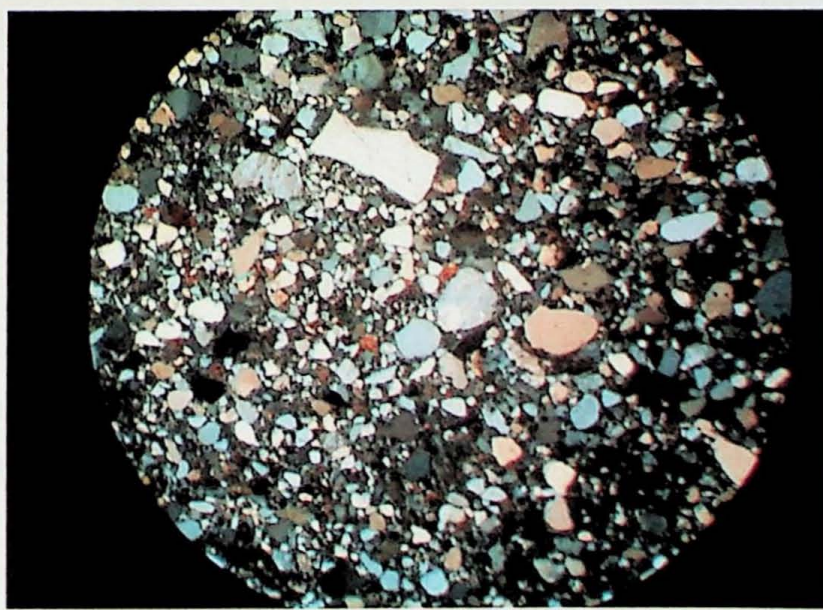


Foto do Microscópio 3 – Lâmina SP-75-7-6m, com aumento de 5x e polarizador cruzado.

SP-75-7 (10m)

1% de cimento (Ferruginoso), 10% Poros, 89% Arcabouço

Composição : 58% Quartzo, 25% Feldspato, 12% Fragmentos Líticos, 5% muscovita.

Granulometria: Arcabouço alcançando a dimensões de 0,4 mm

Morfologia dos Grãos: Bem Selecionado, os grão possuem alta esfericidade e sub-arredondados. Os grãos apresentam-se imbricados.

Textura: Maciça

Maturidade Textural : Maduro

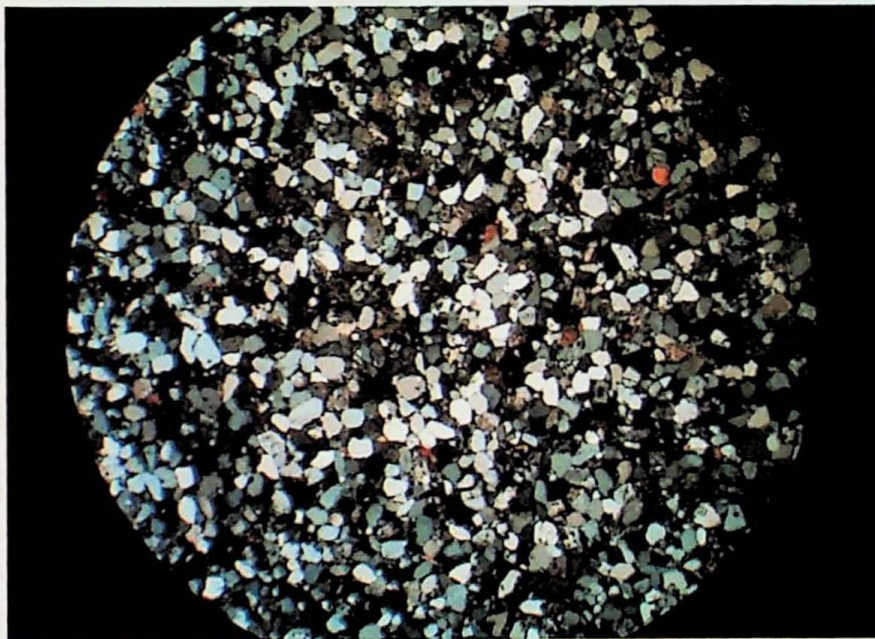


Foto do Microscópio 4 – Lâmina SP-75-7-10m, com aumento de 5x e polarizador cruzado.

7.5.2. Contagem de Poros

SP-75-7 (0m)

Foram analisados 300 pontos da lâmina, em cinco seções transversais onde se obteve os seguintes valores para a porosidade.

100 pontos – 09 Poros / 91 de não poros
200 pontos – 17 Poros / 183 de não poros
300 pontos - 26 Poros / 274 de não Poros

Resultado Final: 8,6 % de Porosidade

SP-75-7 (10m)

Foram analisados 300 pontos da lâmina, em cinco seções transversais onde se obteve os seguintes valores para a porosidade.

100 pontos – 12 Poros / 88 de não poros
200 pontos – 20 Poros / 180 de não poros
300 pontos - 30 Poros / 270 de não poros

Resultado Final: 10% de Porosidade

8. Interpretações do Resultados Obtidos

8.2. Fácies reconhecidas

Para a definição de fácies sedimentares que ocorrem na área do estudo, foi adotada a nomenclatura de fácies proposta por Canuto *et al.* (2001).

Os perfis geológicos desenvolvidos ao longo das rodovias selecionadas apresentam tipos sedimentares que permitiram a identificação e definição de 23 facies sedimentares, descritas e interpretadas a seguir.

8.1.1. Facies compostas por Diamictitos

- 1) Facies diamictito maciço (DM)

Exemplo: Ponto 2 - SP-141

Interpretação: Durante fase de recuo de gelo, grande quantidade de detritos podem ser abandonados por icebergs, formando depósitos conhecidos como **chuva de detritos** (*rain out*) (Canuto 1993).

2) Facies diamictito maciço compactado deformado (DMCD)

Exemplo: Ponto 3 - SP-270

Interpretação: Sedimentos formados e deformados na base da geleira, associados a sedimentos inconsolidados do substrato, também deformados pela sobrepassagem da geleira, processo esse que pode causar mistura das litologias, originando tills de deformação. No caso, tem-se um **tilito de deformação** (Bennett & Glasser 1997; Canuto & Santos no prelo).

3) Facies diamictito com intercalação de folhelhos (DM/F)

Exemplo: Ponto 17 - SP-141

Interpretação: diamictito depositado através de **fluxo coesivo de detritos**, intercalado a folhelho depositado por decantação no dia a dia da bacia (Canuto 1993).

4) Facies diamictito lenticular com camadas descontínuas de areia (DLCDA)

Exemplo: Ponto 13 - SP-141

Interpretação: diamictito depositado através de **fluxo coesivo de detritos**, em talude relativamente irregular, causando a formação de lobos laterais e sobrepostos amalgamados (Canuto 1993).

5) Facies diamictito lenticular com “bolas” de areia (DLBA)

Exemplo: Ponto 8 - SP-270

Interpretação: diamictito depositado através de **fluxo coesivo de detritos** em talude irregular, englobando fragmentos de camadas de areia que escorregaram conjuntamente e foram deformados (Canuto 1993).

6) Facies diamictito lenticular (DL)

Exemplo: Ponto 7 - SP-270; Ponto 12 – SP-270

Interpretação: diamictito depositado através de **fluxo coesivo de detritos**, em talude irregular, com corpos arenosos que foram arredondados devido ao movimento de fluxo (Canuto 1993).

8.1.2. Facies compostas por Arenitos

7) Facies arenito com fragmentos do embasamento (AFE);

Exemplo: Ponto 2 - SP-75

Interpretação: fragmentos do embasamento arrancados do substrato pela geleira e depositados juntamente com material arenoso inicialmente lavado por correntes de águas de degelo e posteriormente depositado por escorregamento juntamente com os fragmentos de embasamento.

8) Fácies arenito maciço selecionado (AMS);

Exemplo: Ponto 4 - SP-75

Interpretação: Arenito maciço tabular, provavelmente depositado inicialmente em região marinha costeira e posteriormente redepositado por **fluxo gravitacional fluidificado** (Lowe 1976; Canuto 1993).

9) Fácies arenito maciço gradacional (AMG);

Exemplo: Ponto 12 – SP-270

Interpretação: Correspondem a **turbiditos** (Canuto 1993; Shanmugam et al. 1995).

- 10) Fácies arenito e ritmito intercalados (ARI);

Exemplo: Ponto 6 – SP-75

Interpretação: Provavelmente associados a **turbiditos**, alternados com sedimentação de decantação do dia a dia da bacia sedimentar; como os ritmitos são regulares, caracterizando sazonalidade, podem representar **varvitos sem clastos caídos**.

- 11) Fácies arenito fino com marcas onduladas assimétricas (AFMOA);

Exemplo: Ponto 7 – SP-75

Interpretação: **Fluxo gravitacional fluidificado** (Lowe 1976; Canuto 1993).

- 12) Fácies arenito gradacional intercalado a folhelhos (AGF)

Exemplo: Ponto 1 – SP-270

Interpretação: Provavelmente associados a **turbiditos**, alternados com sedimentação de decantação do dia a dia da bacia sedimentar (Canuto 1993; Shanmugam *et al.* 1995).

- 13) Fácies arenito com estratificação cruzada tangencial (AECTg)

Exemplo: Ponto 10 – SP-270

Interpretação: arenitos associados à região de antepraia, sujeitos à atuação de tempestades.

- 14) Fácies arenito com estratificação cruzada hummocky (AECH)

Exemplo: Ponto 11 – SP-270

Interpretação: origem associada, provavelmente, a ondas de tempestade, em ambiente marinho costeiro, em região de antepraia (Canuto *et al.* 2001).

15) Fácies arenito lenticular (AL)

Exemplo: Ponto 9 – SP-141

Interpretação: Fluxo gravitacional fluidificado (Lowe 1976; Canuto 1993).

8.1.3. Facies compostas por Folhelhos

16) Facies folhelho maciço (FM)

Exemplo: Ponto 16 – SP-141

Interpretação: material em suspensão depositado em zona de planície de lama (Canuto 1993).

17) Fácies folhelho maciço com clastos (FMC);

Exemplo: Ponto 2 – SP-75; Ponto 16 – SP-141

Interpretação: material em suspensão depositado em zona de planície de lama; os clastos dispersos caíram de icebergs devido à desagregação da frente da geleira, na borda de corpo d'água (Boulton & Deinoux 1981; Canuto 1993).

8.1.4. Facies compostas por Siltito

18) Facies siltito maciço (SM)

Exemplo: Ponto 6 – SP-270

Interpretação: deposição de material em suspensão. Depositado em zona de transição entre a parte inferior de antepraia e planície de lama (Canuto 1993); pode também ser depositado em ambiente lacustre; o diagnóstico ambiental é feito com base em associação de facies.

8.1.5. Facies compostas por Interlaminado

19) Facies interlaminado (I)

Exemplo: Ponto 15 – SP-141

Interpretação: alternância de processos de tração e suspensão. Depositado em planície de maré (Canuto 1993).

20) Fácies interlaminado com camadas dobradas e rompidas (IDR);

Exemplo: Ponto 3 – SP-75

Interpretação: alternância de processos de tração e suspensão. Depositado originalmente em planície de maré (Canuto 1993). Outra possibilidade, no afloramento que serviu de exemplo, o interlaminado pode ter sido formado por correntes de turbidez em lago formado logo após o recuo da geleira, que arou o embasamento. Posteriormente, o sedimento foi deformado por cisalhamento causado pela ressurgência da geleira que sobrepassou os mesmos.

21) Fácies interlaminado com icnofósseis (II)

Exemplo: Ponto 8 – SP-75

Interpretação: alternância de processos de tração e suspensão. Depositado em planície de maré (Canuto 1993).

8.1.6. Facies compostas por Ritmito Regular

22) Fácies ritmito regular (RR);

Exemplo: Ponto 6 – SP-75; Ponto 4 – SP-270

Interpretação: podem representar varvitos sem clastos caídos (Rocha-Campos & Sundaram 1981; Canuto 1985; Canuto 1993).

23) Fácies ritmito regular com clastos (RRC);

Exemplo: Ponto 2 – SP-75

Interpretação: podem representar varvitos sem clastos caídos (Rocha-Campos & Sundaram 1981; Canuto 1985; Canuto 1993)

8.3. Associações de fácies identificadas

Com o estudo da sucessão vertical das diversas fácies identificadas, foi possível dividi-las em quatro conjuntos ou associações de fácies. Seguindo critérios adotados por Canuto *et al.* (2001), as associações de fácies identificadas foram denominadas, de baixo para cima, de A1, A2, A3 e A4. No trabalho acima citado, os autores perceberam que essas associações eram recorrentes no tempo, sempre na mesma ordem.

Cada associação é formada por um conjunto de litologias, sendo que algumas só ocorriam em uma determinada associação, sendo chamadas de **fácies diagnósticas** e incluindo o símbolo (*), enquanto outras eram encontradas em mais de uma associação, não sendo consideradas diagnósticas (Canuto *et al.* (2001).

Como pode ser visto na coluna estratigráfica da Fig. 9 (Anexo IV), relativa ao perfil estudado, foram identificados dois conjuntos completos formados, da base para o topo, pelas associações A1, A2, A3 e A4 e, abaixo desse conjunto, ocorre a parte superior de um outro conjunto, possivelmente representativo da associação A4.

As associações de fácies são as seguintes, considerando-se a coluna estratigráfica composta:

Conjunto basal

A1: Fácies DMCD

A2: Fácies SM, AL, DL, AGF E RR* (Varvito)

A3: Fácies SM* (contendo fósseis marinhos)

A4: Fácies DL, AECTg, DL e AECH*

Conjunto superior

A1: Fácies DLBA, DL, AMG, DLCDA (não foi detectada fácies diagnóstica, mas sua posição abaixo da associação A2, muito bem definida, a credencia a associação A1)

A2: Fácies AECH, I, AL, DM/F e FMC*

A3: Fácies FM*

A4: Fácies I*

Conjunto parcial (base da seção colunar)

Nesta posição estratigráfica, ocorre diamictito lenticular que, possivelmente esteja associado a uma Fácies interlaminação, pertencente à parte superior de outro conjunto sedimentar depositado anteriormente aos dois completos sobrejacentes. Entretanto, como não se encontra associado a nenhuma litofácies diagnóstica, pode, na verdade, pertencer a qualquer uma das quatro associações de fácies descritas.

Com relação à coluna estratigráfica construída para o perfil da rodovia SP-75, foram definidos algumas fácies adicionais, que são incluídas nas associações de fácies da seguinte forma:

A1: Fácies AFE*

A2: Fácies FMC*, RRC* e AMS

A3: Não observado

A4: Fácies II*

8.4. Tratos de sistemas identificados

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, que seria um indicativo do tempo geológico. Seu sentido foi então 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 (1987) 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 quatro tipos de tratos de sistemas associados à curva eustática:

Trato de Sistema de Mar Baixo (TSMB)

Trato de Sistema de Mar Alto (TSMA)

Trato de Sistema de Margem de Plataforma (TSMP)

Trato de Sistema Transgressivo (TST)

Essa é, no entanto, uma classificação geral, de forma que, antes de aplicar os conceitos da Estratigrafia de Sequências a uma bacia sedimentar, deve-se considerar as condições tectônicas, o fluxo de sedimentos, a fisiografia e o clima (Posamentier & James 1993; Canuto *et al.* 2001).

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 proposta por Canuto *et al.* (2001), os quais apresentam repetição na seção colunar construída.

- a) Trato de Sistema de Mar Baixo (TSMB)** – 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 sequência então iniciada. Na superfície estriada depositam-se tills de alojamento, preenchendo irregularidades do substrato. A partir do início de seu recuo, a geleira passa a depositar, por fusão, uma espessa pilha de tills de ablação, que, embora colocada em área de declive baixo, dada a sua condição de total encharcamento, pode deslizar talude abaixo em forma de fluxos tabulares e/ou canalizados de detritos de dimensões variáveis. O degelo em áreas proglaciais permite que os detritos abandonados pelo gelo sejam lavados, formando-se, um sistema flúvio-deltáico que prograda rumo à borda da bacia, 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, descritas anteriormente. Os sedimentos que deslizam talude ou rampa abaixo, por sobrepassagem (*bypass*) através de vales incisos ativos, formam leques de talude e de assoalho de bacia compondo leques submarinos.

b) Trato de sistemas transgressivos (TST) - a desagregação da geleira, após seu avanço na plataforma interna, pode perdurar até mais tardiamente 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 caracteriza-se 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 glácio-marinhos. 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.

c) Trato de sistemas de mar alto (TSMA) - 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.

- d) **Trato de sistemas regressivos glácio-isostáticos (TSRGi)** - 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 glácio-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 glácio-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.

8.5. Arcabouço seqüencial

As características sedimentares que compõem as fácies definidas, bem como suas associações e os tratos de sistemas deposicionais reconhecidos indicam a existências, na área do estudo, de duas seqüências de 3ª ordem completas, sobrepostas a uma outra incompleta (Fig 9 – Anexo IV).

8.6. Estudo preliminar do potencial hidrogeológico

Foram analisados 24 poços cadastrados no Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE), localizados na área de estudo, sendo as características de cada um assim como suas coordenadas seguem em Anexo (Anexo V).

Foram encontrados 7 (sete) poços diretamente de caráter Cristalino, 7 (sete) poços ligados apenas ao Aqüífero Tubarão, 8 (oito) na interface entre Grupo Tubarão e Cristalino, além de dois poços cacimba diretamente sobre o aluvião (gráfico 1).

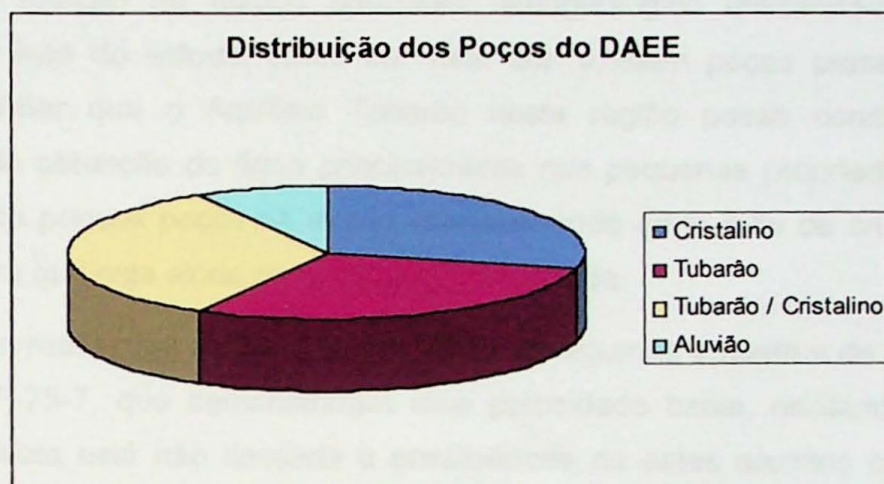


Gráfico 1 – Distribuição dos Poços analisados do DAEE na região de estudo.

Destes poços que utilizavam em conjunto ou somente o aqüífero Tubarão obteve-se uma vazão média de 10 m³/h, sendo que em alguns destes poços como os de propriedade da SABESP estas informações não eram citadas.

9. Conclusões

As seqüências de 3ª ordem reconhecidas na área do estudo apresentam espessuras da ordem de 80 a 100 metros, perfeitamente compatíveis com sua posição em região de borda de bacia sedimentar, bem como se considerando o fato de se tratar de uma bacia intracratônica.

O fato de que a Bacia do Paraná constituiu-se, durante o permocarbonífero, de uma bacia glaciada, faz com que ela possa apresentar espessuras relativamente grandes de sedimentos associados a trato de mar baixo (Canuto *et al.* 2001), diferentemente do que tem sido observado em bacias não glaciadas.

Com relação ao estudo preliminar hidrogeológico utilizando-se amostras de arenitos da área do estudo, tendo em vista que existem poços presentes na área é possível afirmar que o Aquífero Tubarão nesta região possa constituir uma fonte alternativa de obtenção de água principalmente nas pequenas propriedades, entretanto existem ainda poucos poços na região, demonstrando certa falta de credibilidade neste aquífero, para que seja ainda mais perfurado e utilizado.

Foram realizadas análises petrográficas de algumas amostras de arenito retiradas do ponto SP-75-7, que demonstraram uma porosidade baixa, oscilando de 8 a 12%, apesar de baixa está não descarta a possibilidade de estes arenitos constituírem uma rocha fonte para bons aquíferos.

Considerando-se os resultados obtidos, conclui-se que os objetivos inicialmente pretendidos foram satisfatoriamente alcançados.

10. Referências Bibliográficas

- Almeida F.F.M. 1946. A rocha "Moutonnée" de Salto, Estado de São Paulo. Boletim de Geologia e Metalurgia, 5:112-123.
- Andrade., S.M. Soares., P.C. 1971. Geologia de semi-detálhe do centro-leste de São Paulo, Relatório Petrobrás. 407p
- Ashley, G.M. 1985. Introduction (to glacial sedimentary environments). In: Gail. M.Ashley, John Shaw, Norman Smith (Eds), Glacial Sedimentary Environments, SEPM Short Course 16, Tulsa, 1985: 1-6.
- Benn, D.I. Jackson, J.A. 1998. Glaciers and glaciation. Great Britain, Arnold Publisher, 734p.
- Bennett M.R. & Glasser N.F. 1997. *Glacial Geology. Ice Sheets and Landforms*. New York, John Wiley & Sons.
- 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.
- Cainelli., C. Feijo., F.J. 2005. Estratigrafia de Seqüências. Apostila Petrobrás.
- 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*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado. 187 p.
- Canuto J.R. 1993. *Fácies e ambientes de sedimentação da Formação Rio do Sul (Permiano), Bacia do Paraná, na região de Rio do Sul, Estado de Santa Catarina*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Tese de Doutorado. 164 p.
- Canuto J.R., Rocha-Campos A.C., Santos P.R. 1997. Sequence stratigraphy of the Itararé Subgroup (Late Paleozoic), Paraná Basin, in southern Paraná and northern Santa Catarina, Brazil. In: Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, 3, Barra do Garças, Atas, 18-19.
- Canuto J.R., Santos P.R. 2000. Material Didático da Disciplina GSA-0307 – Estratigrafia. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. 34p
- 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. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**(1).
- Catt., J.A. 1978. Glacigene Sediments, in R.W. Fairbridge and J. Bourgeois, The Encyclopedia of Sedimentology. Dowden Hutchison and Ross, Stroudsburg, Penns. 360-364p.

- Daemon, R.F. & Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 24, Brasília, *Anais*, 359-414.
- Fisher W.L. & McGowen J.H. 1967. Depositional systems in the Wilcox Group of Texas and their relationship to occurrence of oil and gas. Gulf Coastal Association of Geological Societies, *Transactions*, 17:105-125.
- Florêncio, R. V. S. 2000. *As argilas do subgrupo Itararé: potencialidades como matérias primas cerâmicas e como inertizadoras de resíduos industriais*. Inst. Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. Dissertação de Mestrado, 179 p.
- 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.
- Gama Jr E. G, Perinotto J. A., Ribeiro H.J.P.S., Padula E. E. K. 1992. *Contribuição ao Estudo da Ressedimentação no Subgrupo Itararé: Tratos de Fácies e Hidrodinâmica Depositional*. Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.* 22(2):228-236.
- Hayes, M.O. 1975. Morphology of Sand Accumulations in estuaries. In: E. Cronin (Ed) *Estuarine research V.2, Geology and Civil Engineering*: New York: Academic Press. 3-22.
- Lowe D.R. 1976. Grain flow and grain flow deposits. *Journal of Sedimentary Petrology*, 46:188-199.
- Massoli., M. 1991. Relação entre o Embasamento cristalino e os Sedimentos Basais do Subgrupo Itararé na região de Sorocaba- Salto de Pirapora, SP. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado. 94p.
- Melfi A.J. & Bittencourt I. 1962. Geologia e pedologia na bacia glacial no distrito de Sousas, Campinas, SP. *Bragantia*, Campinas 21(46).
- Mendes., J.C. 1984. Elementos de Estratigrafia, T.A.Queiroz, Ed. Da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Middleton, G.V. & Hampton, M.A. 1976. Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. In: Stanley, D.J. & Swift, D.J.P. (eds). *Marine sediment transport and environmental management*. New York, Wiley: 197-218.
- Milani, E.; França, A. B.; Cheiner, R. L. 1994. *Bacia do Paraná*. Boletim de Geociências da Petrobrás. 8(1): 69-82.
- Milani, E. J. & Zalán, P. V., 1999. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior Basins of South America. *Episodes*, 22(3): 199-205.

- Mitchum., R.M., Vail Jr., P.R., Thompson., S. 1977. The Depositional Sequence as a Basic Unit For Stratigraphic Analysis in C.E. Payton, ed. , Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration: AAPG Mimeo 26, 53-97.
- Myers K.J. & Milton N.J. 1998. Concepts and Principles of Sequence Stratigraphy. In D. Emery & K.J. Myers (eds.) *Sequence Stratigraphy*. Blackwell Science, 11-41.
- Oda., G.H. 1998. Contribuição a Hidrogeologia da região entre Salto de Pirapora e Itu (SP), Análise da produtividade, ocorrências e circulação das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Tubarão e Cristalino. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado. 100p.
- Petri, S. 1964. Grupo Tubarão. In: *Geologia do estado de São Paulo*. Boletim do Instituto Geográfico, **41**:56-63.
- Petri S. & Pires F.A. 1992. O Subgrupo Itararé (Permocarbonífero) na região do médio Tietê, Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.* **22**(3):301-310.
- Posamentier., H.W. Jervey., M.T. Vail., P.R. 1998. Eustatic Controls on Clastic Depositional I – Conceptual Framework, in C.K. Wilgus, B.S. Hating. C.G. St. C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ras & J.C. Van Wagoner. Eds., *Sea-Level Changes: AN Integrated Approach*: SEPM special Publication 42. 109-124p.
- Rocha-Campos A.C. 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: J.J. Bigarella, R.D. Becher, I.D. Pinto (eds.), *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 27-102.
- Rocha Campos A.C., Santos, P.R., 2000. Ação Geológica do Gelo. In: Wilson Teixeira; M.Cristina; M.Toledo; Thomas R. Fairchild; Fábio Taioli (Eds.). *Decifrando a Terra*. Oficina de Textos: 215-246.
- Saad A.R. 1977. *Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado. 107 p.
- Salveti 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., E.A. 1952. A Geomorfologia da região de Sorocaba e alguns dos seus problemas. *Boletim Paulista de Geografia*. São Paulo, **12**:3-29.
- Santos., P.R. 1979. *Distribuição estratigráfica, características e fácies de diamictitos e rochas associadas do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado. 135 p.
- Santos., P.R. 1987. *Fácies e evolução paleogeográfica do Subgrupo Itararé/Grupo Aquidauana (neopaleozóico) na Bacia do Paraná, Brasil.* Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Tese de Doutorado. 128 p.

- Santos., P. R. 1996. *Condicionamento geológico da sedimentação glacial :o Neopaleozóico da Bacia do Paraná e o Terciário da Antártida*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Livre Docência.
- Schneider., R.L., Mühlmann., H., Tommasi., E., Medeiros., R.A., Daemon., R.F., Nogueira., A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In SBG: Cong. Bras. Geol., 28, Porto Alegre. *Anais*, 1:41-65.
- Shanmugam G., Bloch R.B., Mitchell S.M., Beamish G.W.J., Hodgkinson R.J., Damuth J.E., Straume T., Syvertsen S.E., Shields K.E. 1995. Basin floor fans in the North Sea: sequence stratigraphic models vs. Sedimentary facies. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **79**: 477-512.
- Smith W.S.T. 1925. Na Apparent – Dip Protractor. *Econ.Geol.*, **20**:181-184
- Soares P.C. & Landim P.M.B. 1973. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In SBG: Cong. Bras. Geol., 27. Aracajú. *Anais*, 1:243-256.
- 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. *Rev. Bras. Geoc.*, **7**(2):131-149.
- Souza, P. A. 2000. Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero /Permiano, na porção Nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil). Inst. Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado, 199p.
- Suguio, K. 1980. Rochas Sedimentares, Ed. Edgard Blucher Ltda, EDUSP. São Paulo, 500p.
- Suguio, K. 1998. Dicionário de geologia Sedimentar. BCD União de Editoras, Rio de Janeiro, 1217p.
- Suguio, K. 2003. Geologia Sedimentar, Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1.º Edição.
- 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.
- 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 G. Einsele, W. Ricken, A. Seilacher (eds.), *Cycles and events in stratigraphy*. New York, Springer-Verlag, 617-659.

- Van Wagoner J.C., Posamentier H.W., Mitchum R.M., Vail P.R., Sarg J.F., Loutit T.S., Hardenbol 1. 1988. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.St.C. Kendall* H.W. Posamentier, C. A. Ross, J.C. Van Wagoner (eds.), *Sea-level Changes: An Integrated* 125:165-184. *Approach*. Tulsa, Special Publication of the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 42:39-45.
- Van Wagoner., J.C. Mitchum., R.M., Jr. Campion., K.M., Rahmanion., V.D. 1990. Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores, and Outcrops: AAPG Methods in Exploration Series 7, 55p.

ANEXOS

Anexo I – Figuras.....	I
Anexo II – Fotos	V
Anexo III - Esquemas	XIX
Anexo IV – Perfis e Coluna Estratigráfica.....	XXI
Anexo V – Fichas de Cadastramento de Poços no DAEE	XXXI
Anexo VI – Mapa com localização dos pontos e dos poços pesquisados no DAEE..	XXXIX

Anexo I – Figuras

Fig 1 – Ilustração da Bacia do Paraná.

Fig 2 – Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná com a sua litoestratigrafia.

Fig 3 – Mapa Geológico Regional, IPT (1981).



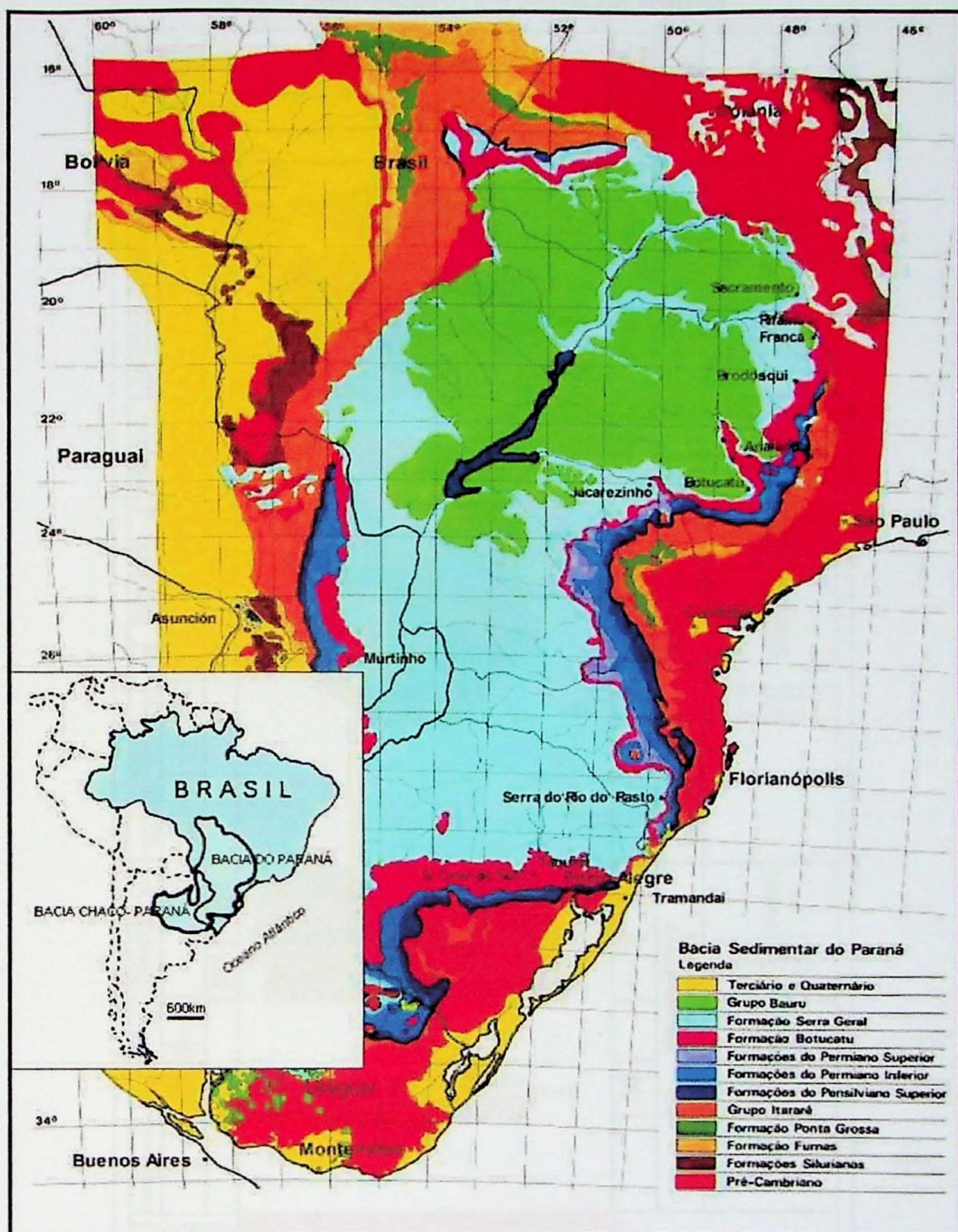


Fig 1 – Ilustração da Bacia do Paraná.

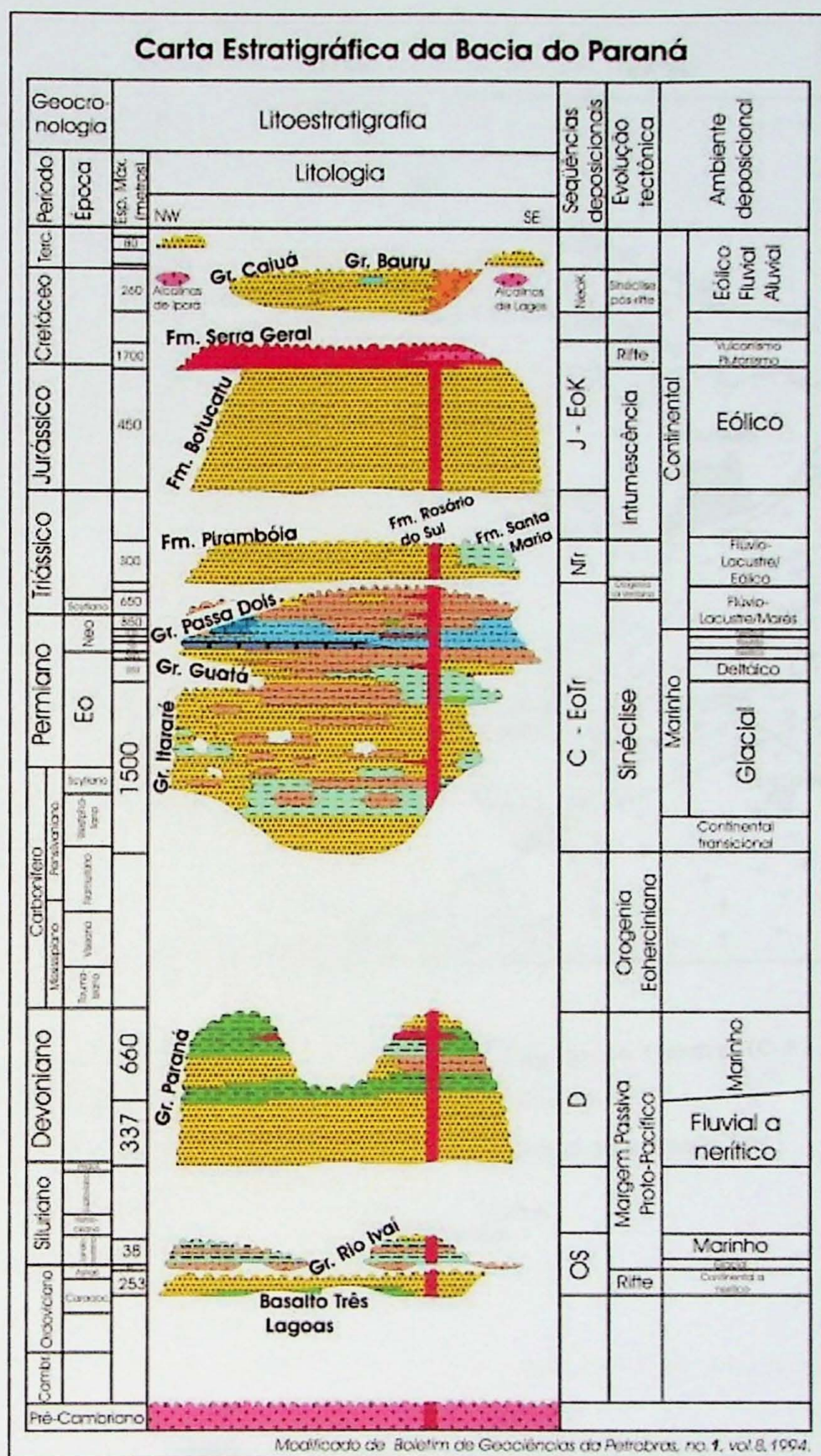


Fig 2 – Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná com a sua litoestratigrafia.

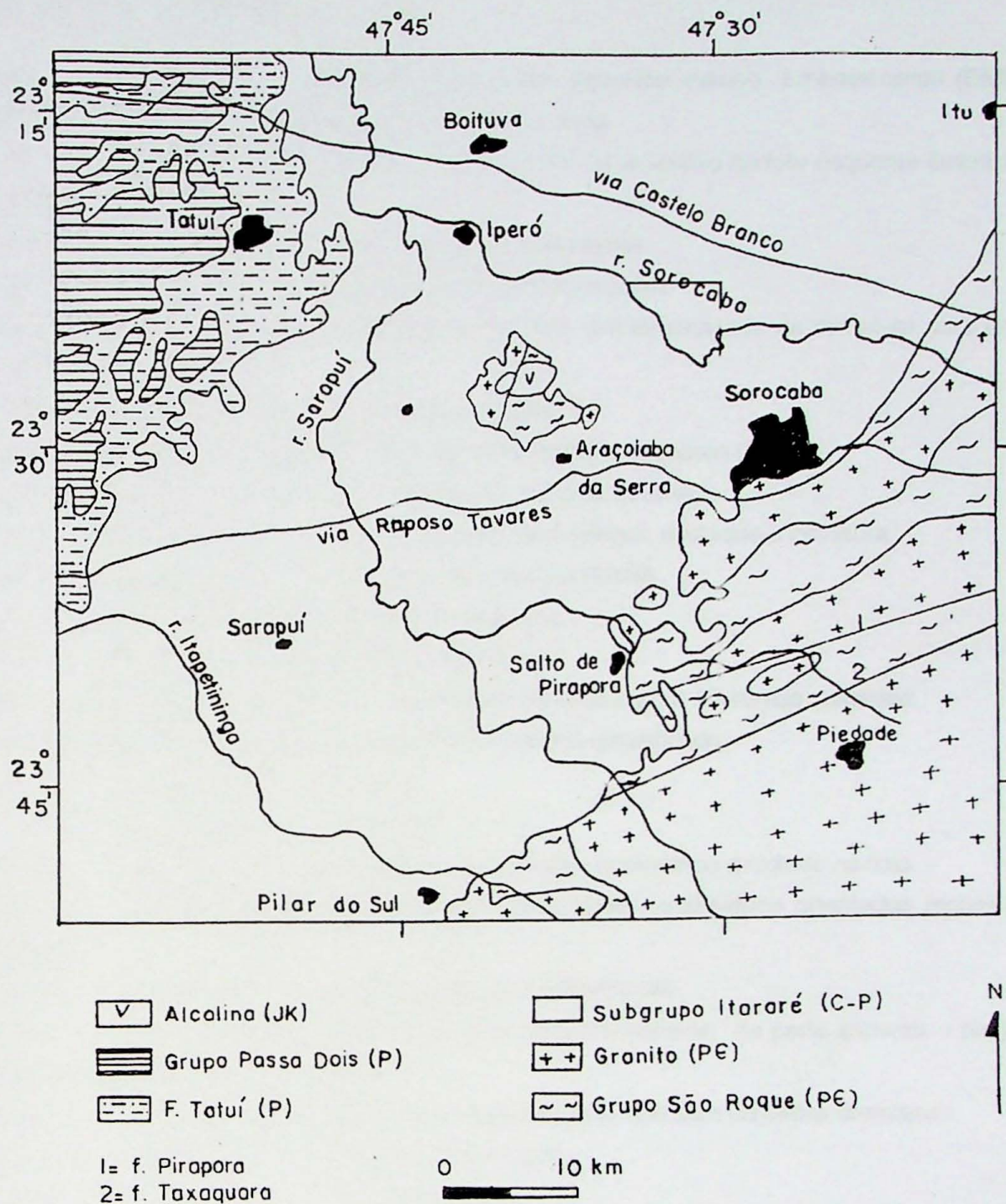


Fig 3 – Mapa Geológico Regional, IPT (1981).

Anexo II – Fotos

Foto 1 - Contato entre Embasamento com arenito vermelho maciço, Embasamento (EMB), Arenito Maciço (AreM), Interlaminado (int) e Ritmito (Rtm).

Foto 2 – Aspecto Geral do Afloramento do Ponto GTF 02, e abaixo da foto esquema ilustrativo das direções das estruturas.

Foto 3 – Arenito Branco com clastos dispersos e concreções.

Foto 4 – Em destaque linha de mergulho observada no arenito.

Foto 5 – Na foto maior estrutura de topo da camada que foi circulada na miniatura para uma melhor visualização.

Foto 6 – Interlaminado composto de arenito e argilito.

Foto 7 – Arenito (AreM) em contato com intercalações silto-argilosas (int).

Foto 8 – Concreções fossilíferas encontradas na camada de siltitos.

Foto 9 – Visão geral do afloramento com continuidade lateral, destaque a estrutura.

Foto 10 – Aspecto local do afloramento, nível mais cimentado.

Foto 11 – Sistema de Juntas no Diamictito Lenticular.

Foto 12 – Diamictito com lentes e clastos dispersos.

Foto 13 – Diamictito Lenticular, com variação de coloração entre diferentes camadas.

Foto 14 – Camadas truncantes e sigmóidais no arenito estratificado.

Foto 15 – Lente em Forma de Elipsóide.

Foto 16 – Clasto Milimétrico do Diamictito.

Foto 17 – Diamictito com aspecto maciço, com clasto centimétrico circulado na foto.

Foto 18 – Diamictito estratificado alaranjado, com clasto centimétrico orientados (ponta da lapiseira).

Foto 19 – “Bolas de Areia” inseridas no Diamictito Estratificado.

Foto 20 – Duas camadas de arenito que foram possível separar, na parte superior a porção mais fina e na inferior a mais grossa.

Foto 21 – Intercalações de camadas de composição mais fina com camadas arenosas.

Foto 22 – Intercalações de camadas de silte e argila.

Foto 23 – Estrutura de Gretas de Contração.

Foto 24 – Contato Brusco entre o Diamictito e Folhelho.

Foto 25 – Laminação truncante no Interlaminado.

Foto 26 – Diferentes Lobos de Fluxo Gravitacional no Diamictito e clasto decimétrico.

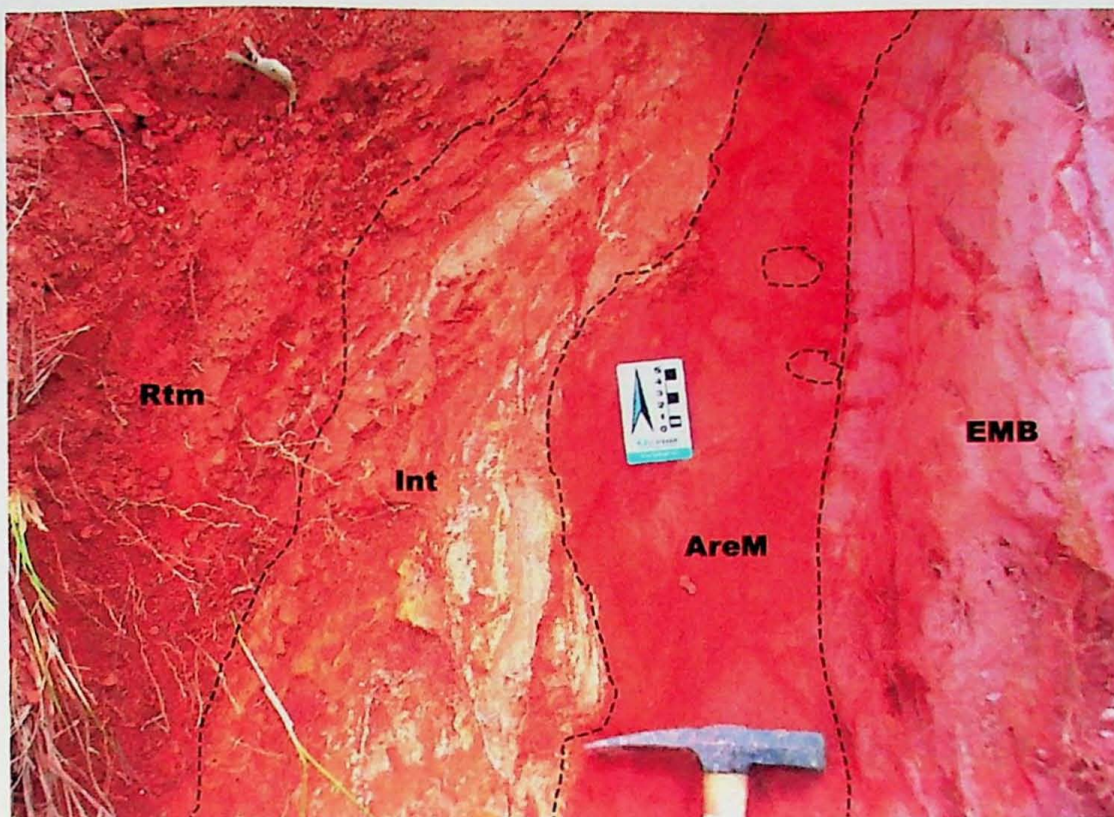


Foto 1 – Contato entre Embasamento com arenito vermelho maciço, Embasamento (EMB), Arenito Maciço (AreM), Interlaminado (int) e Ritmito (Rtm).

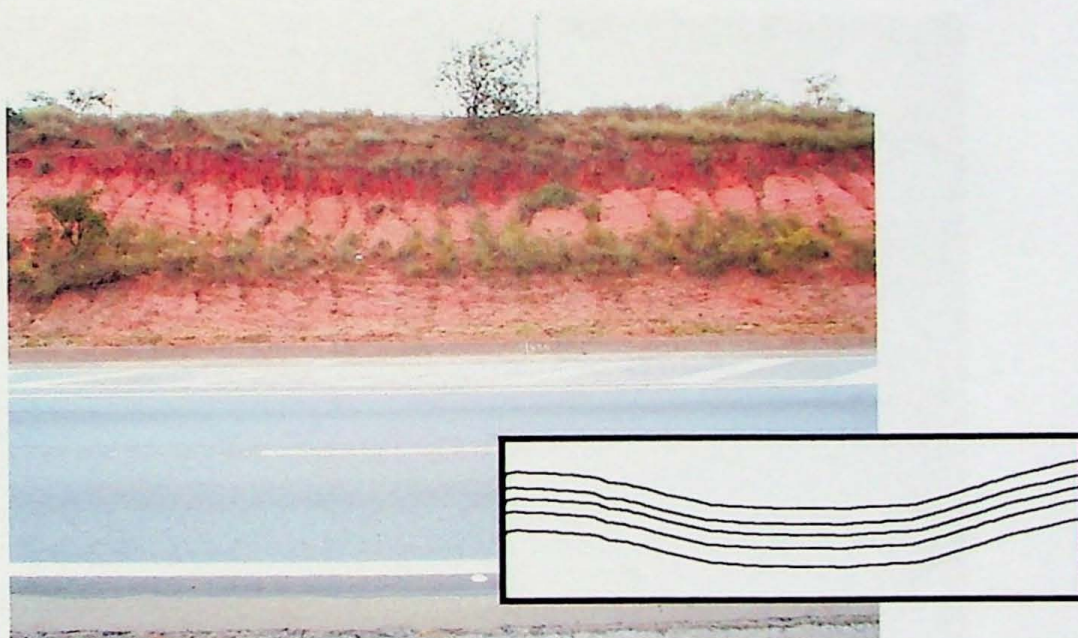


Foto 2 – Aspecto Geral do Afloramento do Ponto GTF 02, e abaixo da foto esquema ilustrativo das direções das estruturas.



Foto 3 – Arenito Branco com clastos dispersos e concreções.



Foto 4 – Em destaque linha de mergulho observada no arenito.

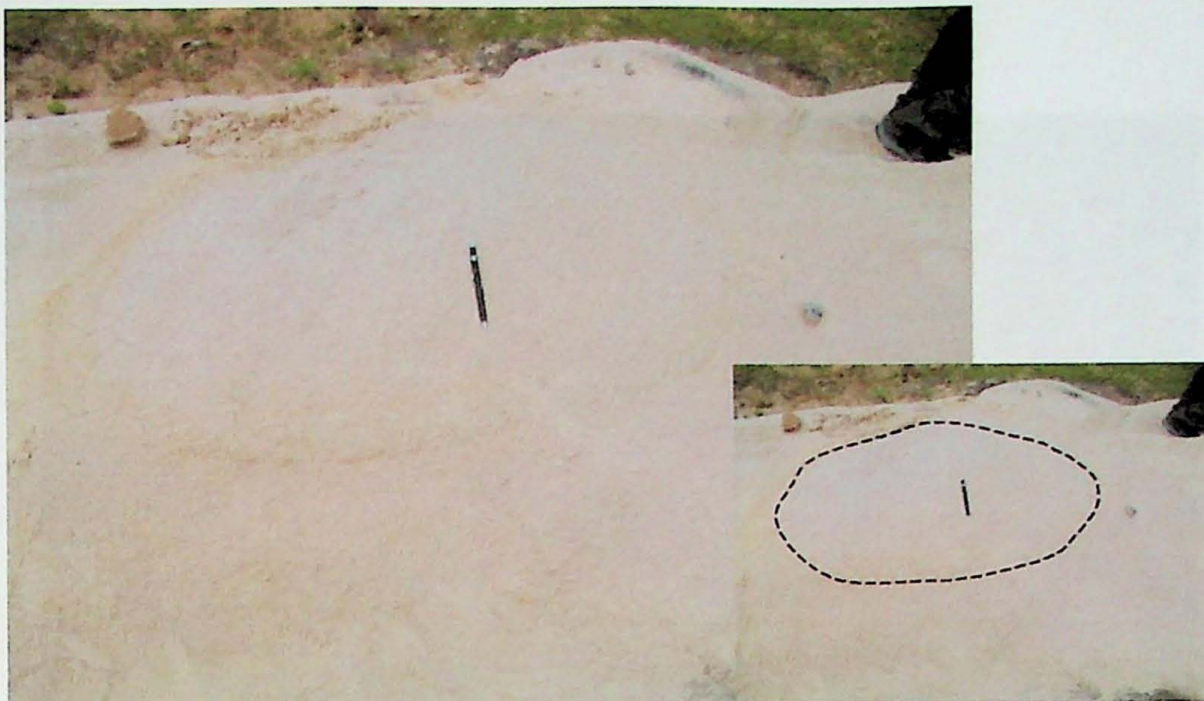


Foto 5 – Na foto maior estrutura de topo da camada que foi circulada na miniatura para uma melhor visualização.

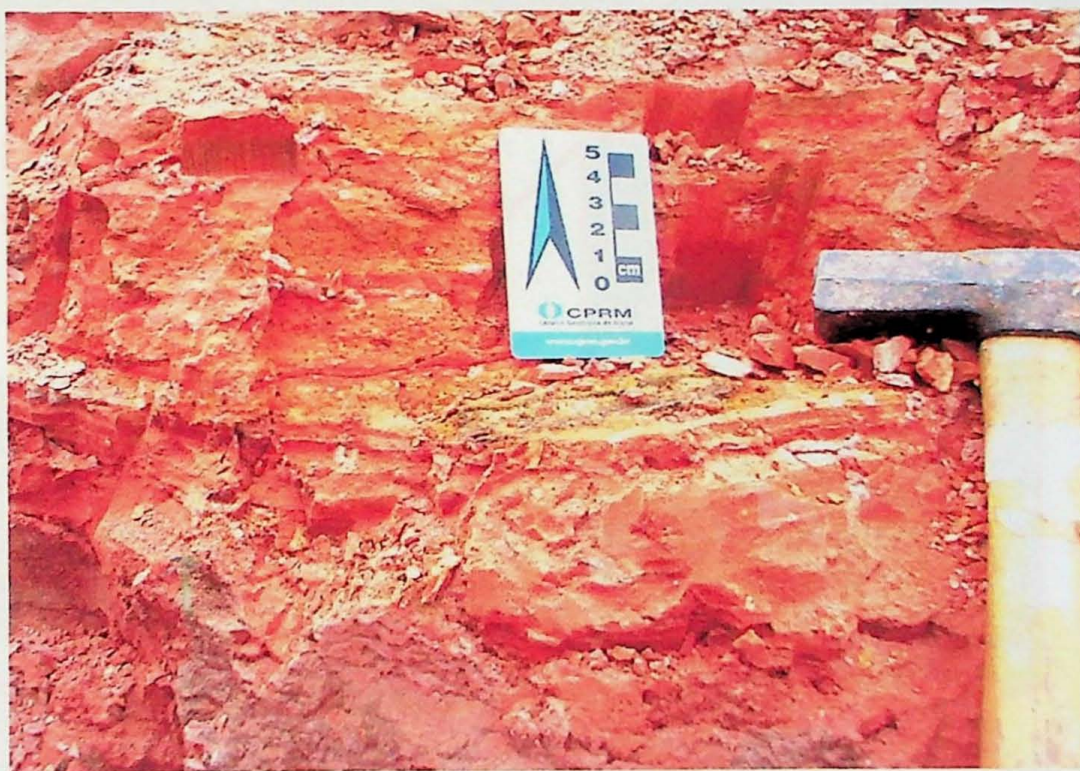


Foto 6 – Interlaminado composto de arenito e argilito.

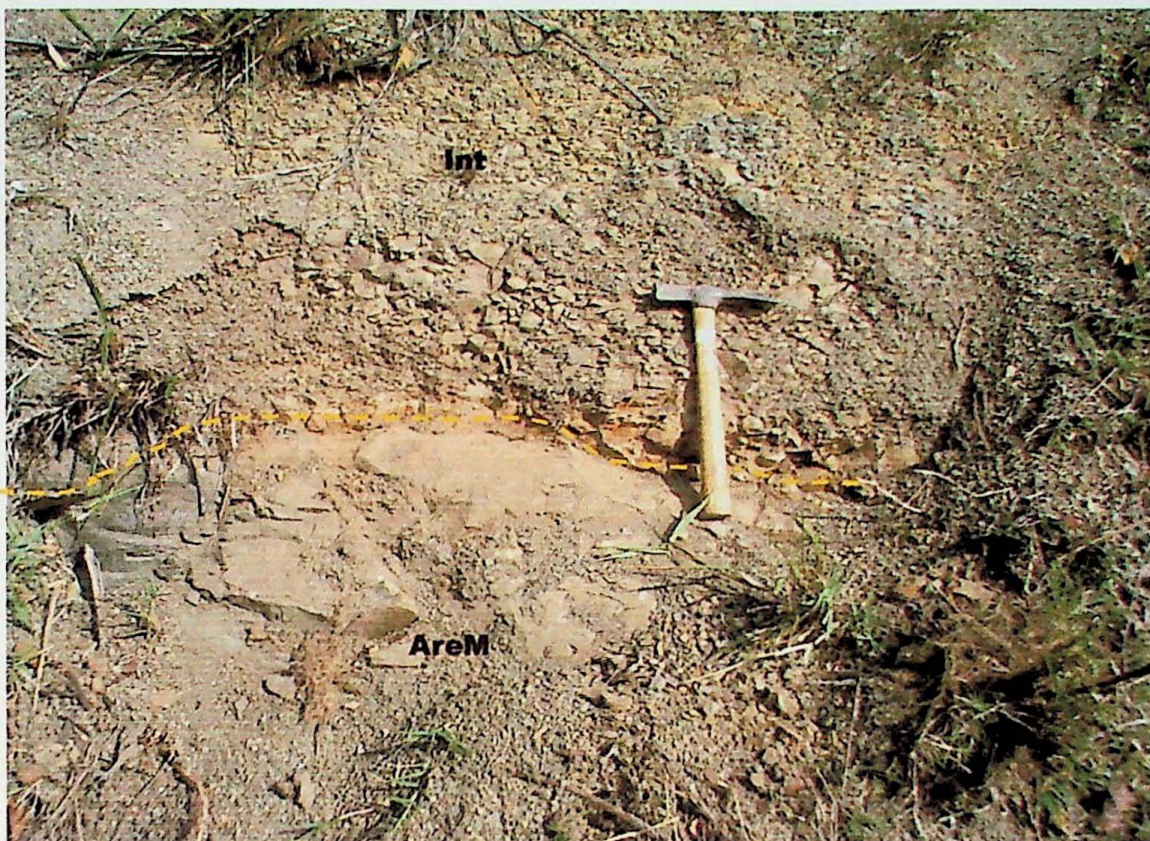


Foto 7 – Arenito (AreM) em contato com intercalações silto-argilosas (int).

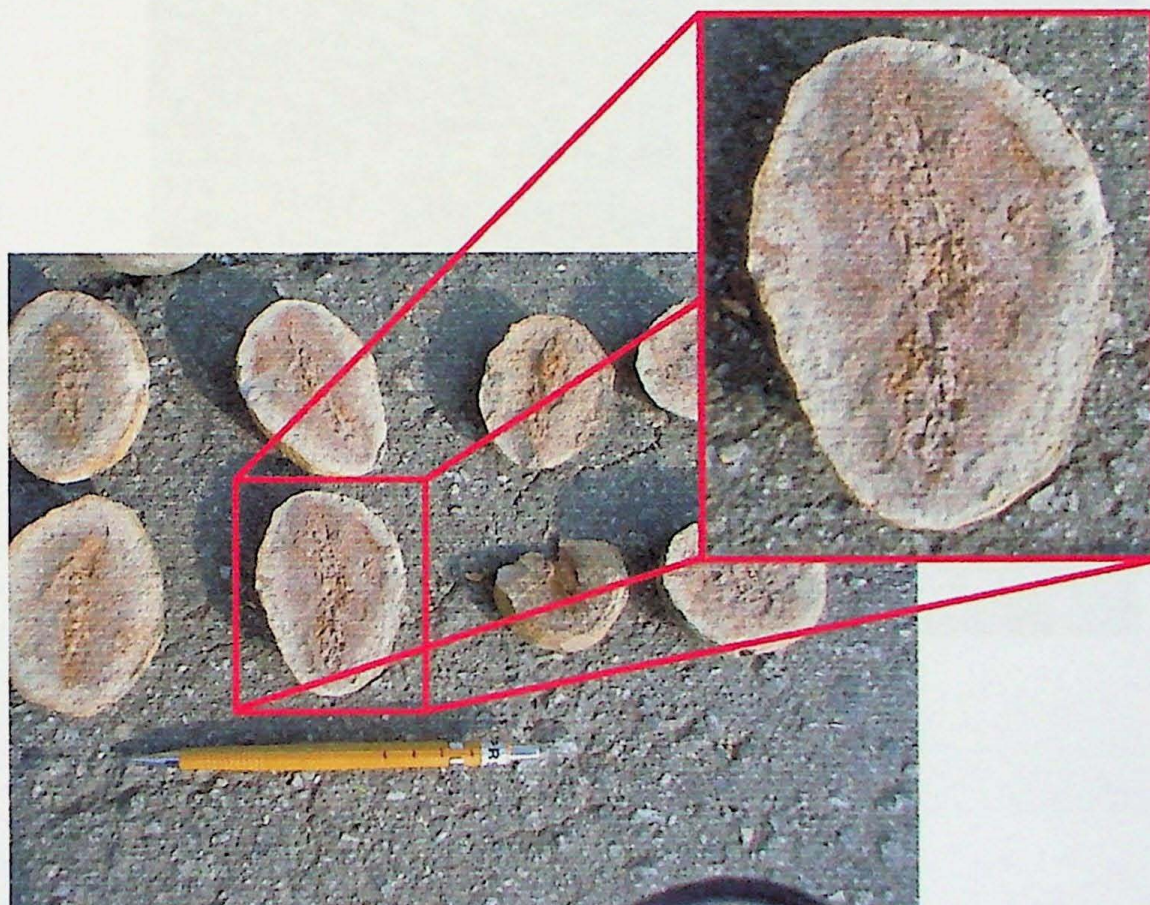


Foto 8 – Concreções fossilíferas encontradas na camada de siltitos.



Foto 9 – Visão geral do afloramento com continuidade lateral, destaque a estrutura.



Foto 10 – Aspecto local do afloramento, nível mais cimentado.



Foto 11 – Sistema de Juntas no Diamictito Lenticular.



Foto 12 – Diamictito com lentes e clastos dispersos.



Foto 13 – Diamictito Lenticular, com variação de coloração entre diferentes camadas.



Foto 14 – Camadas truncantes e sigmóidais no arenito estratificado.



Foto 15 – Lente em Forma de Elipsóide.

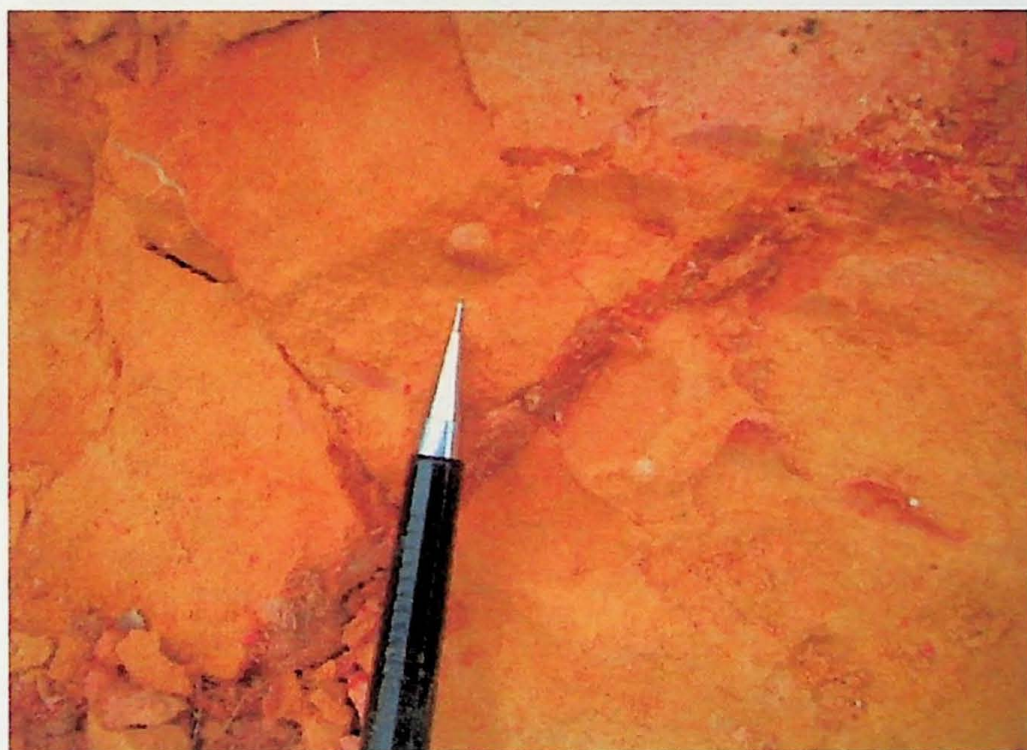


Foto 16 –Clasto Milimétrico do Diamictito.



Foto 17 – Diamictito com aspecto maciço, com clasto centimétrico circulado na foto.



Foto 18 – Diamictito estratificado alaranjado, com clasto centimétrico orientados (ponta da lapiseira).



Foto 19 – “Bolas de Areia” (tracejado vermelho) inseridas no Diamictito Estratificado.



Foto 20 – Duas camadas de arenito que foram possível separar, na parte superior a porção mais fina e na inferior a mais grossa.

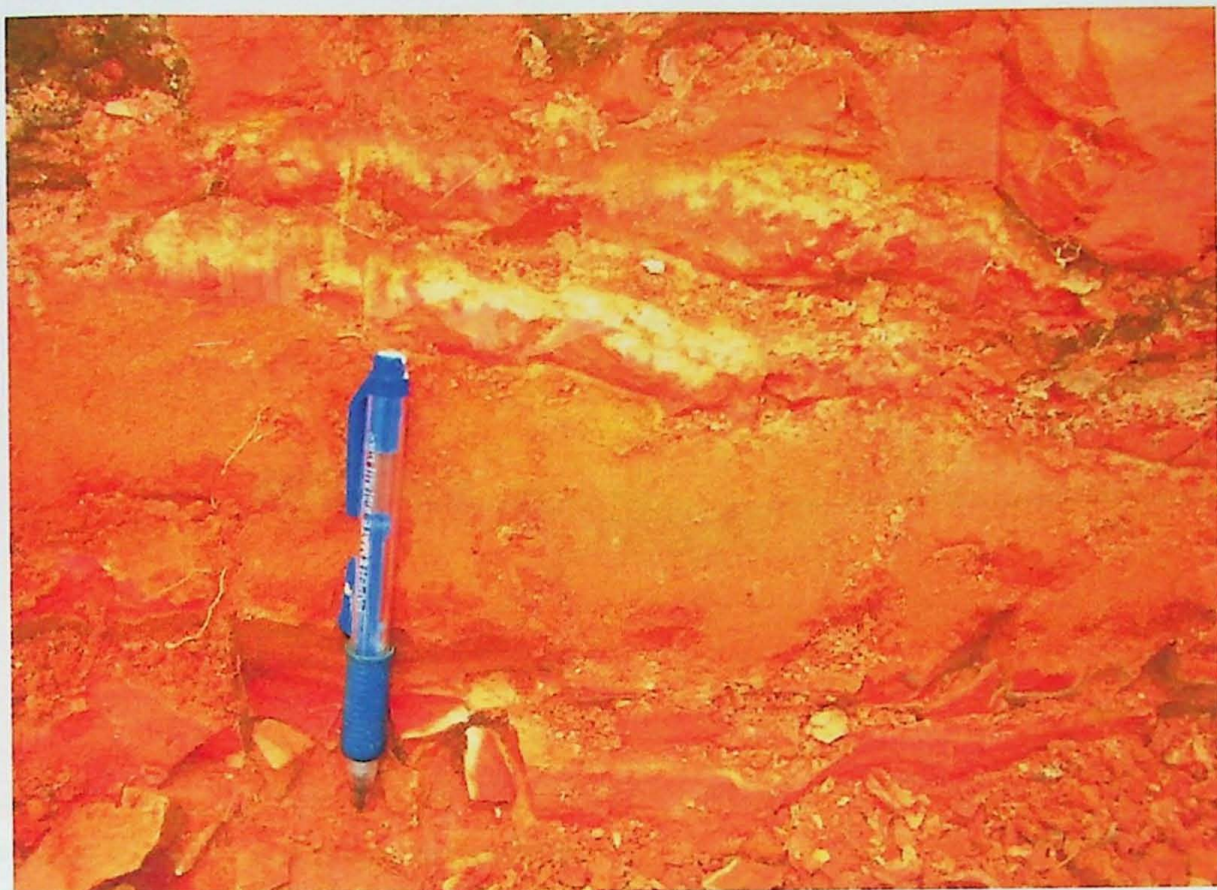


Foto 21 – Intercalações de camadas de composição mais fina com camadas arenosas.



Foto 22 – Intercalações de camadas de silte e argila.

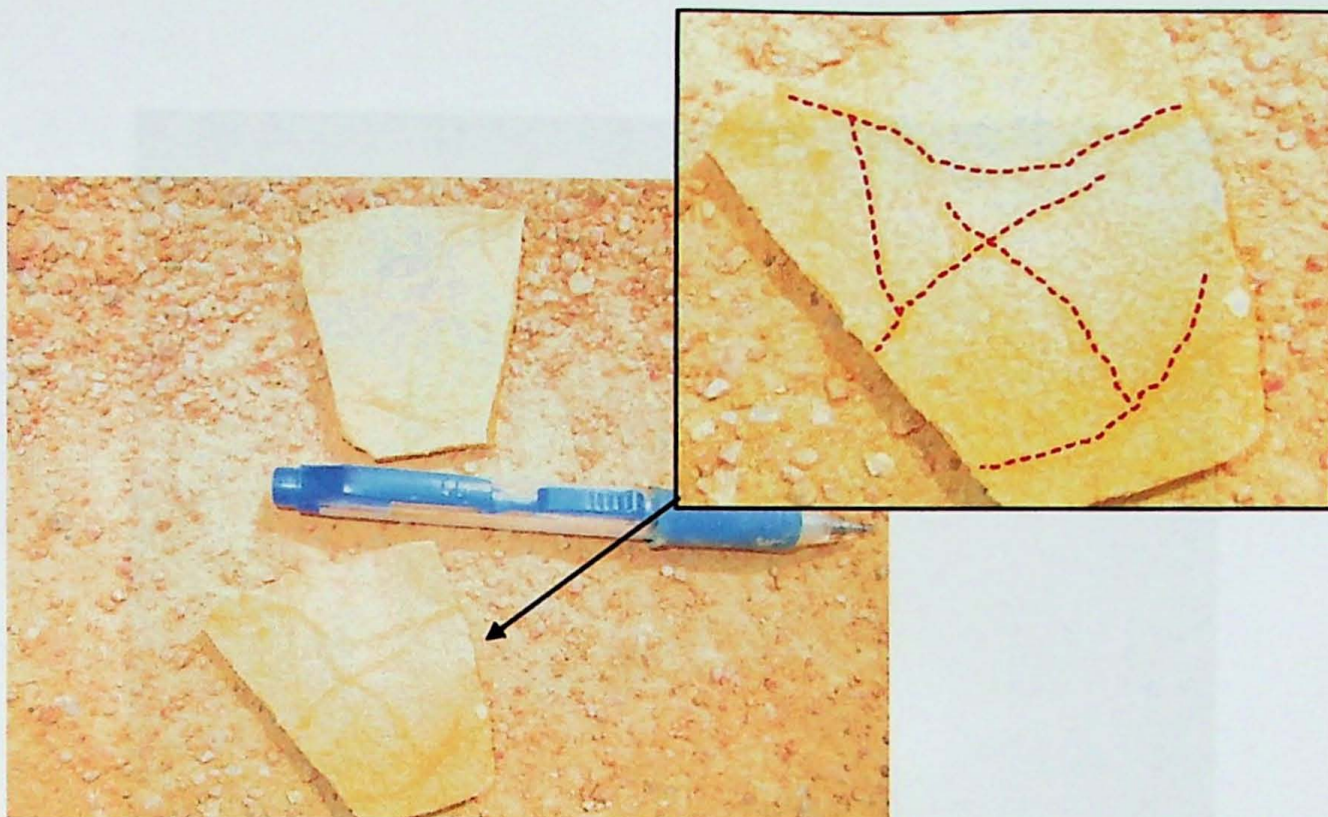


Foto 23 – Estrutura de Gretas de Contração.



Foto 24 – Contato Brusco entre o Diamictito e Folhelho.



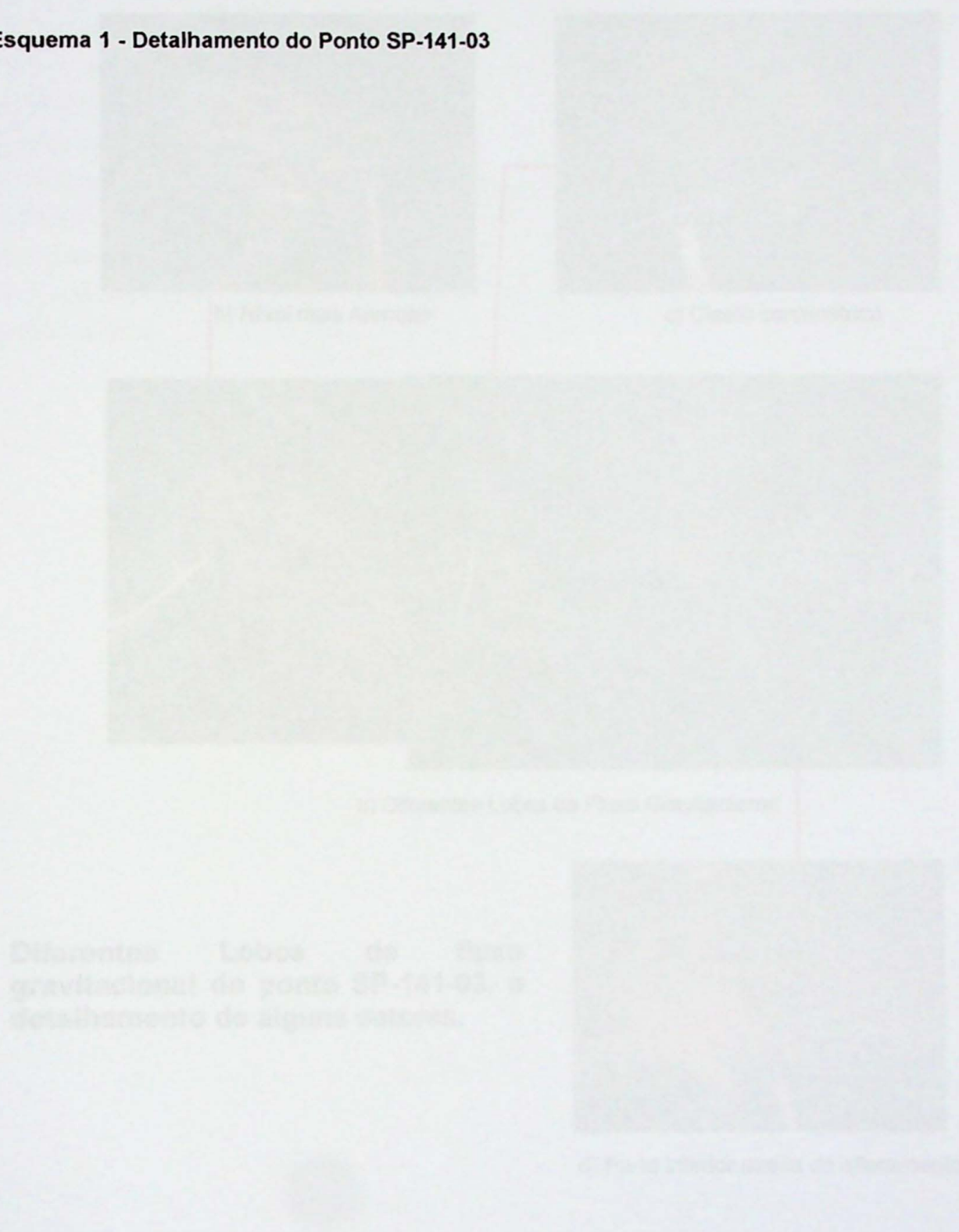
Foto 25 – Laminação truncante no Interlaminado.



Foto 26 –Diferentes Lobos de Fluxo Gravitacional no Diamictito e clasto decimétrico.

Anexo III - Esquemas

Esquema 1 - Detalhamento do Ponto SP-141-03



Esquema 1 - Detalhamento do Ponto SP-141-03



b) Nível mais Arenoso



c) Clasto centimétrico



a) Diferentes Lobos de Fluxo Gravitacional

Diferentes Lobos de fluxo gravitacional do ponto SP-141-03, e detalhamento de alguns setores.



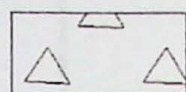
d) Parte Inferior direita do afloramento.

Símbolos Utilizados nos Perfis e Colunas

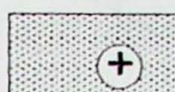
Anexo IV – Perfis e Coluna Estratigráfica

- 1) Símbolos Utilizados
- 2) Perfil na Rodovia SP-75
- 3) Perfil na Rodovia SP-270
- 4) Perfil na Rodovia SP-141
- 5) Perfil na Rodovia SP-141 com falhas corrigidas
- 6) Siglas Utilizadas nas Colunas
- 7) Coluna da SP-270 e SP-141
- 8) Coluna da SP-75
- 9) Coluna Geral

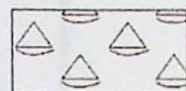
Simbolos Utilizados nos Perfis e Colunas



Diamictito Maciço



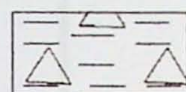
Arenito com Fragmentos do Embasamento



Diamictito Lenticular



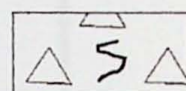
Arenito Fino com marcas onduladas assímetricas



Diamictito Maciço com Intercalações de folhelho



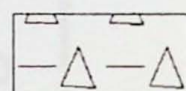
Interlaminado



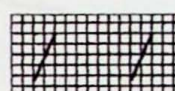
Diamictito Maciço Deformado



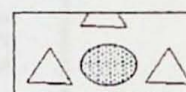
Interlaminado com camadas dobradas e rompidas



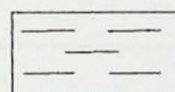
Diamictito Maciço Compactado



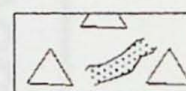
Interlaminado com Tubos de Icnofosseis



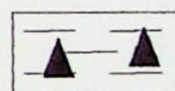
Diamictito Maciço com bolas de areia



Folhelho Maciço



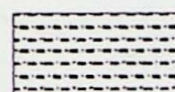
Diamictito Lenticular com camadas descontínuas de areia



Folhelho Maciço com clastos



Arenito com Estratificação Cruzada Hummocky



Siltito



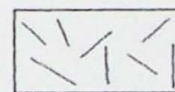
Arenito Lenticular



Ritmito Regular com clasto



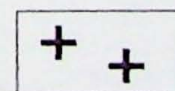
Arenito Maciço Gradacional



Solo



Arenito Maciço Selecionado



Embasamento

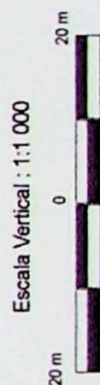
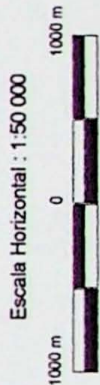
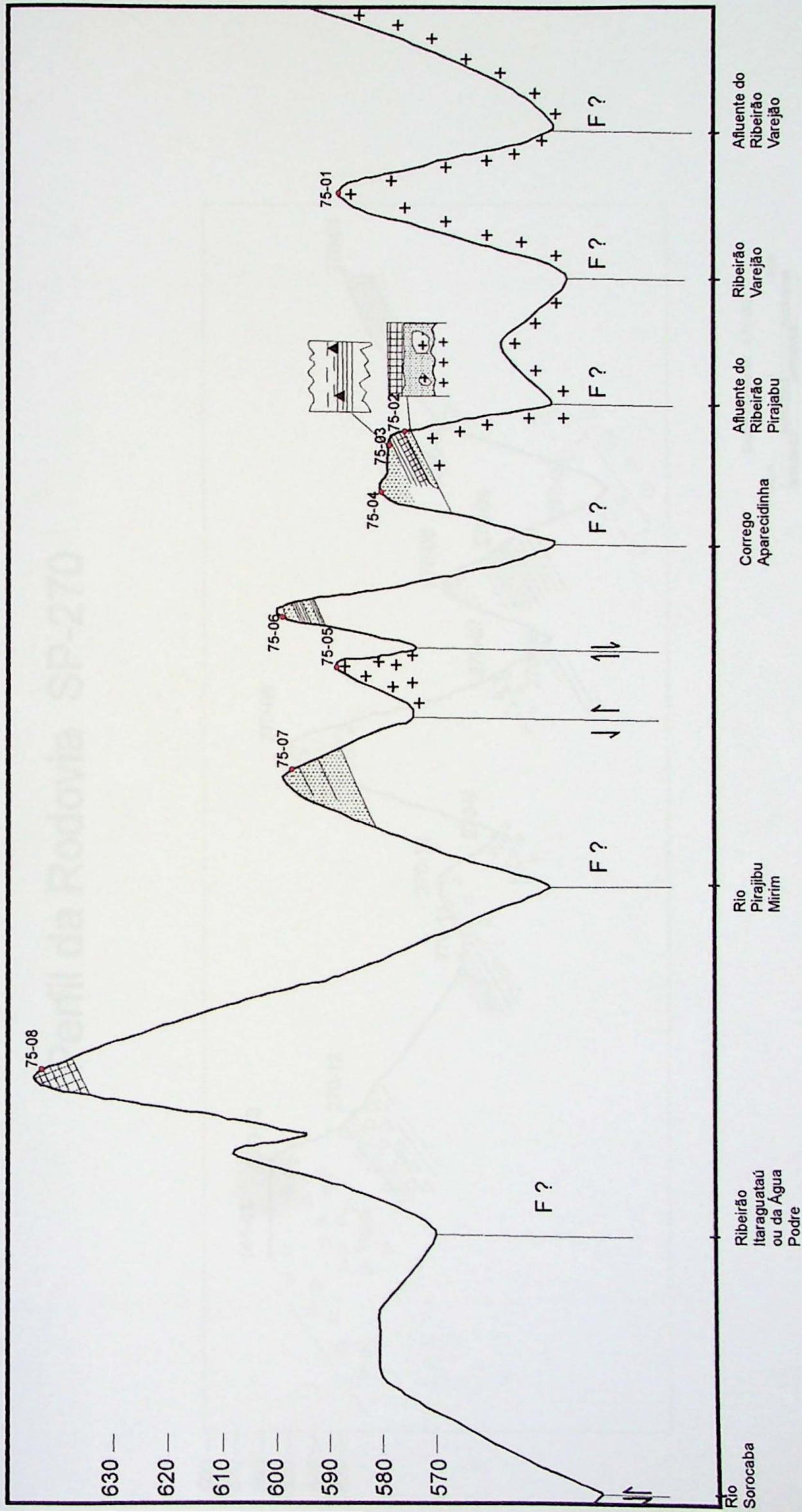


Arenito e Ritmito Intercalados

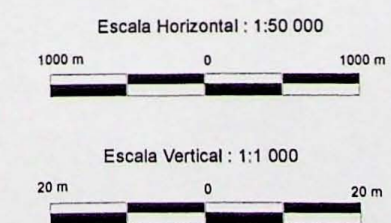
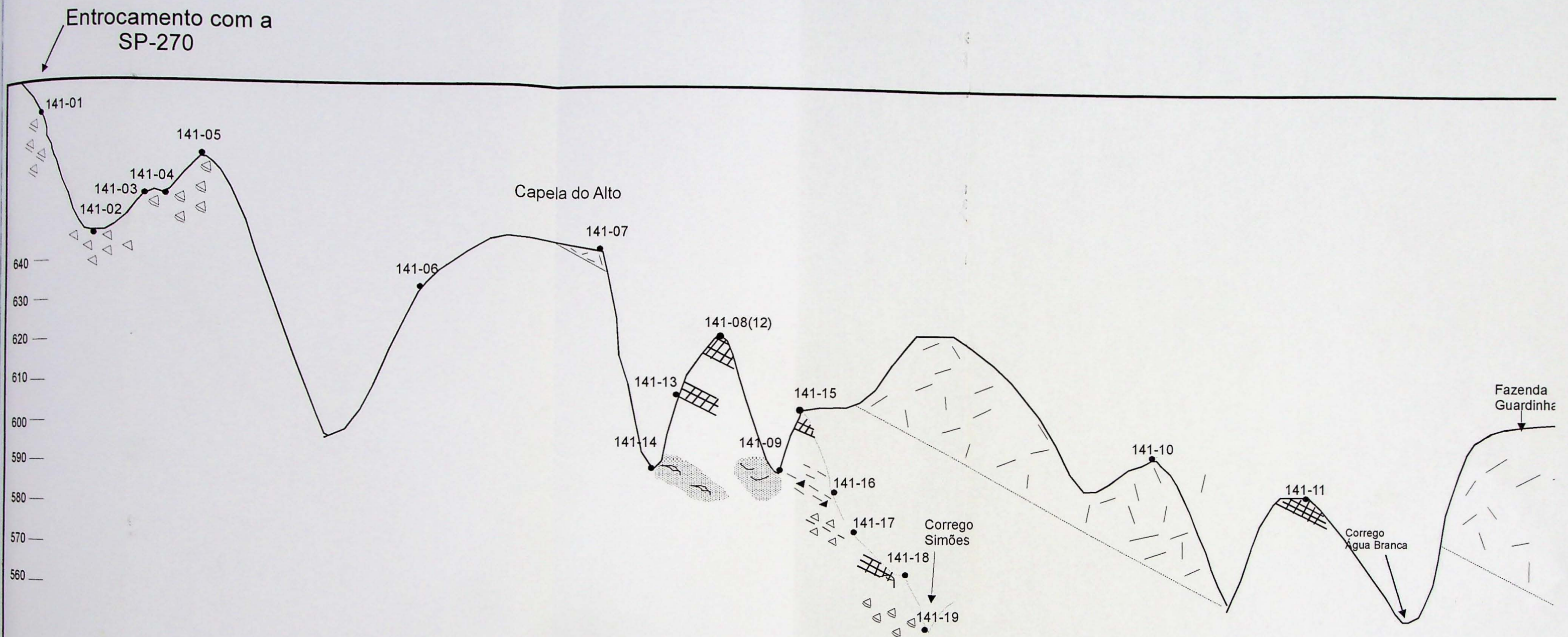


Arenito Gradacional com Folhelhos Intercalados

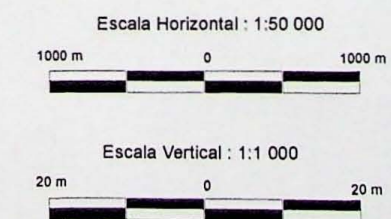
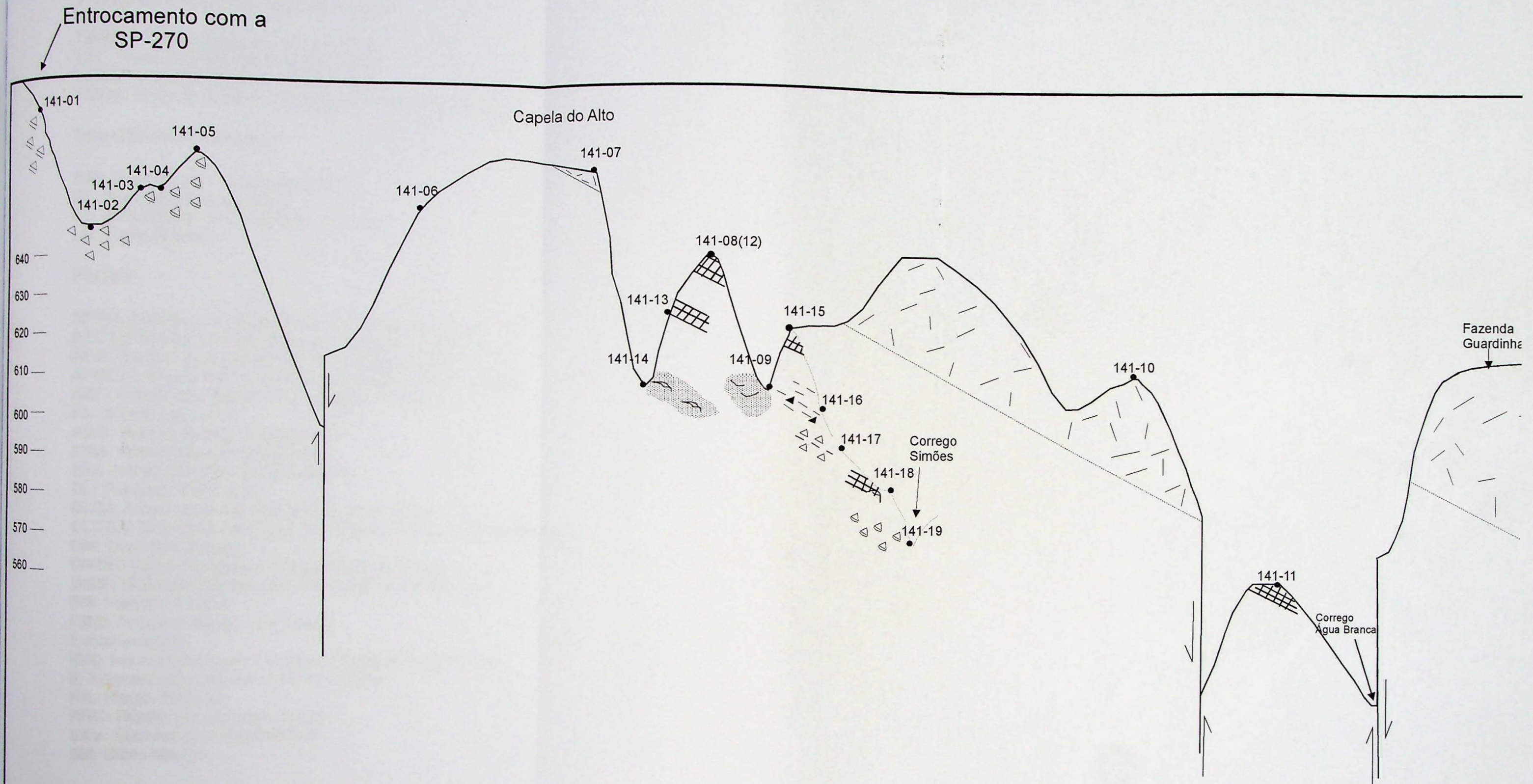
Perfil na Rodovia SP-75



Perfil na Rodovia SP-141



Perfil na Rodovia SP-141 - Com correção das Falhas



SIGLAS UTILIZADAS NAS COLUNAS

Tratos de Sistemas Depositionais

TSMB : Trato de Sistemas de Mar Baixo

TST : Trato de Sistemas Transgressivos

TSMA : Trato de Sistemas de Mar Alto

TSRGI: Trato de Sistemas Regressivos Glácio Isostático

Superfícies e Limites

SIM: Superfície de Inundação Máxima

ST: Superfície Transgressiva

L1: Limite Inferior da Seqüência do Tipo 1

LS: Limite Superior

Fácies

AECH: Arenito com Estratificação Cruzada Hummocky

AECTg: Arenito com Estratificação Cruzada Tangencial

AFE: Arenito com Fragmentos do Embasamento

AFMOA: Arenito Fino com Marcas Onduladas Assímetricas

AGF: Arenito Gradacional Intercalado a Folhelhos

AL: Arenito Lenticular

AMG: Arenito Maciço Gradacional

AMS: Arenito Maciço Selecionado

ARI: Arenito com Ritmito Intercalados

DL: Diamictito Lenticular

DLBA: Diamictito Lenticular com Bolas de Areia

DLCDA: Diamictito Lenticular com Camadas Descontínuas de Areia

DM: Diamictito Maciço

DMCD: Diamictito Maciço Compactado Deformado

DM/F: Diamictito Maciço com Intercalações de Folhelho

FM: Folhelho Maciço

FMC: Folhelho Maciço com Clastos

I: Interlaminado

IDR: Interlaminado com Camadas Dobradas e Rompidas

II: Interlaminado com tubos de Icnofósseis

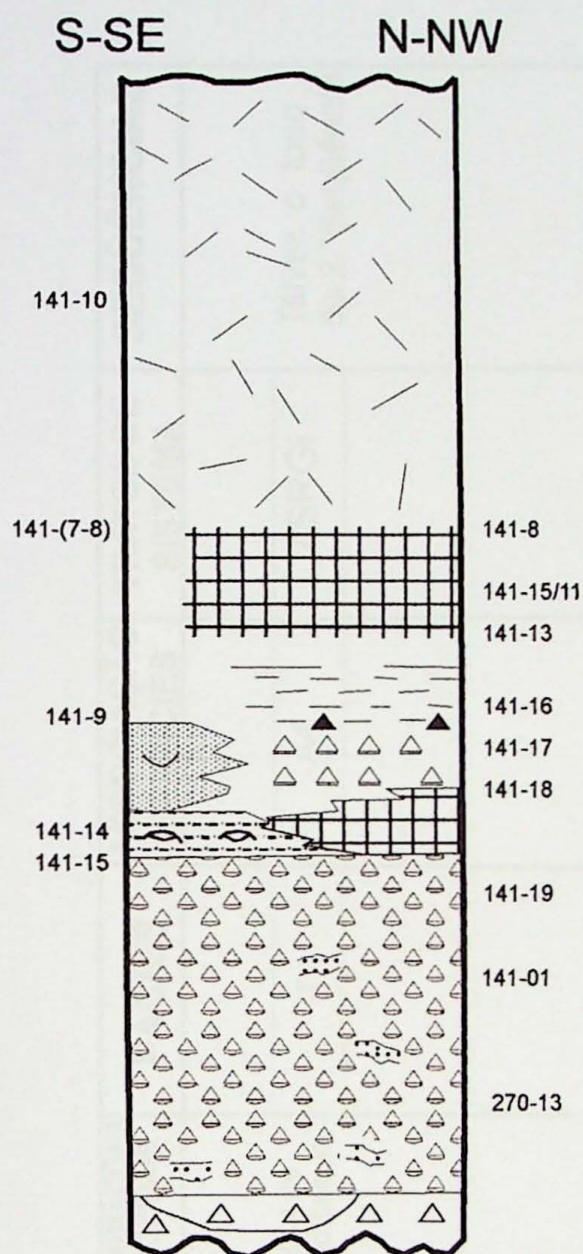
RR: Ritmito Regular

RRC: Ritmito Regular com Clastos

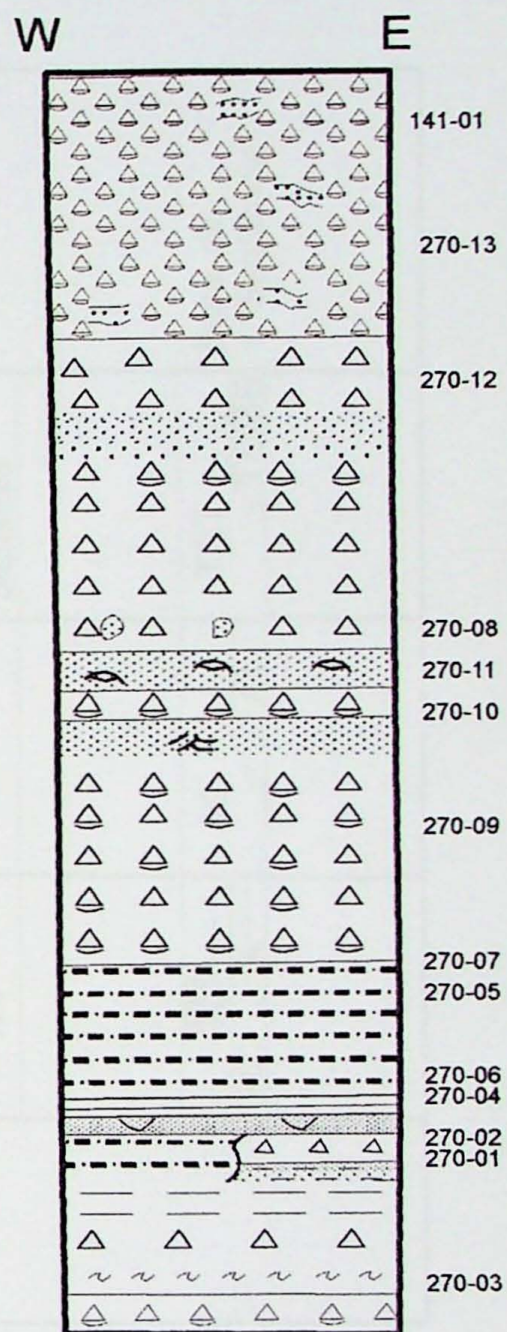
SAV: Solo Arenoso Avermelhado

SM: Siltito Maciço

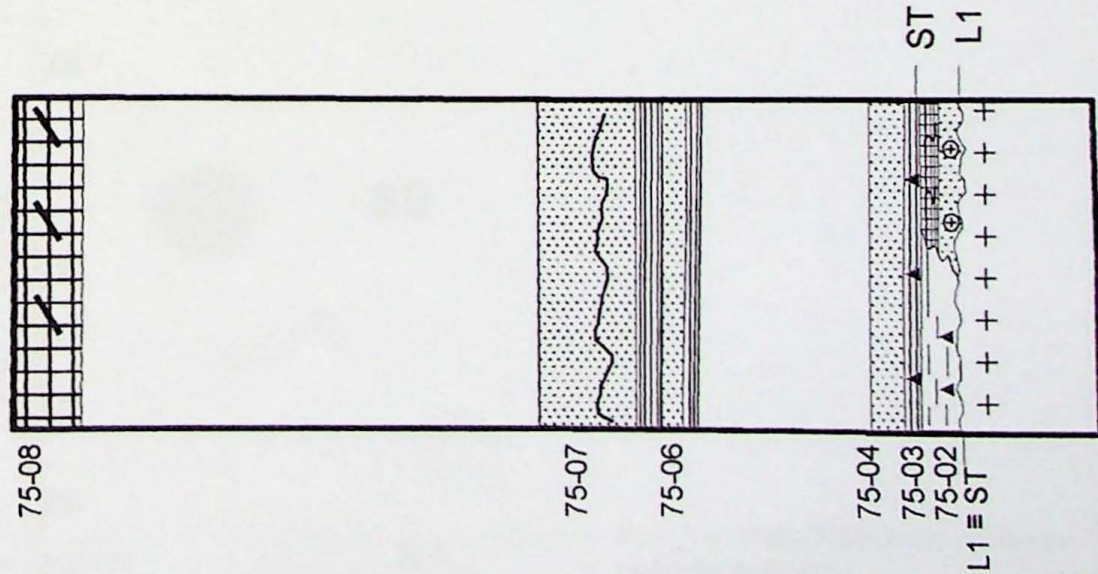
Coluna da SP-141



Coluna da SP-270



COLUNA DO PERFIL DA RODOVIA SP-75



INFORMAÇÕES ADICIONAIS	FÁCIES	ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	TRATOS DE SISTEMA	SEQÜÊNCIAS
Tubos de Icnofósseis	IT	A4	TSRGi	Talvez o topo da 2.ª Seqüência
	AFMO	? (Fluxos)	Pode ocorrer em qualquer Trato de Sistemas	Base da 1.ª Seqüência
	ARI			
	AMS	A2	TST	Base da 1.ª Seqüência
	RRC			
	FCC	A1	TSMB	

INFORMAÇÕES ADICIONAIS	FÁCIES	ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES	TRATOS DE SISTEMAS	SEQÜÊNCIAS	OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES
	SAA				
	I	A4	TSRGi		
		A3	TSMA		
Contato Transicional	FM				
	EMC				
Contato não Observado	AL  DM/F	A2	TST		
Contato não Observado	AECH  I				
	DLCDA			SC	
		A1	TSMB		
	DL				
	AMG				
	DL				
Contato não Observado	DLBA				
Poucos Clastos	AECH				
	DL				
	AECTg				
	DL	A4	TSRGi		
	SM	A3	TSMA		
	RR				
	AL				
	SM  DL	A2	TST		
	AGFI				
Cisalhamento na base do diamictito	DMCD	A1	TSMB		
Poucos Clastos	DL	A4	TSRGi (?)	SA	Possivel Trato TSRGi de uma seqüência anterior.

Anexo V – Fichas de Cadastramento de Poços no DAEE

Folha	179	42°	34'	Coordenada	46.5	740025
					14.5	2000
Proprietário	[Illegible]					
				Cota	200 m	
Tipo de Assolva Captação						
Profundidade	20 m					
Nível Estático	1 m		Nível Dinâmico		10 m	
Vazão Específica	10 m³					
Descrição do Poço						
3 - 100 m, Típico 20 - 100 m, Captação						

Folha	180	42°	34'	Coordenada	46.5	740025
					14.5	2000
Proprietário	[Illegible]					
				Cota	200 m	
Tipo de Assolva Captação						
Profundidade	20 m					
Nível Estático	10 m		Nível Dinâmico		10 m	
Vazão Específica	10 m³					
Descrição do Poço						
6-80 m, Captação / 10-20 m - Captação						

Folha	181	42°	34'	Coordenada	46.5	740025
					14.5	2000
Proprietário	[Illegible]					
				Cota	200 m	
Tipo de Assolva Captação						
Profundidade	100 m					
Nível Estático	10 m		Nível Dinâmico		10 m	
Vazão Específica	10 m³					
Descrição do Poço						
4-40 m, 100 m, Captação / 10-20 m e 100 m - Captação						

Folha :	ITU	n.º :	09	Coordenada	N-S :	740426
					W-E :	25683
Proprietário :	SAEE - SOROCABA					
				Cota :	600 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino / Tubarão					
Profundidade :	100 m					
Nível Estático :	1 m	Nível Dinâmico :	33 m			
Vazão Específica :	33 m³/d					
Descrição do Poço :	0 - 30m : Tubarão / 30 - 100m : Cristalino					

Folha :	ITU	n.º :	24	Coordenada	N-S :	740276
					W-E :	24994
Proprietário :	SEIREN DO BRASIL IND TEXTTEIS, LTDA					
				Cota :	548 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Tubarão / Diabásio					
Profundidade :	200 m					
Nível Estático :	15 m	Nível Dinâmico :	107 m			
Vazão Específica :	14,4 m³/h					
Descrição do Poço :	0-85 - Grupo Tubarão / 85-200 - Diabásio					

Folha :	ITU	n.º :	26	Coordenada	N-S :	740622
					W-E :	25919
Proprietário :	SAEE - Sorocaba					
				Cota :	625 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Tubarão / Cristalino					
Profundidade :	150 m					
Nível Estático :	3 m	Nível Dinâmico :	80 m			
Vazão Específica :	17,6 m³/d					
Descrição do Poço :	4-53 e 131-137:Grupo Tubarão / 53-131 e 137-150:Intr. Basáltica					

Folha :	ITU	n.º :	32	Coordenada	N-S :	740632
					W-E :	25951
Proprietário	: Proaroma Ind. Comércio Ltda.					
				Cota :	625 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino					

Folha :	ITU	n.º :	33	Coordenada	N-S :	740615
					W-E :	25971
Proprietário	: Proaroma Ind. Comércio Ltda.					
				Cota :	590 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino					

Folha :	ITU	n.º :	35	Coordenada	N-S :	740621
					W-E :	25987
Proprietário	: Proaroma Ind. Comércio Ltda.					
				Cota :	590 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino					

Folha :	ITU	n.º :	51	Coordenada	N-S :	739956
					W-E :	25054
Proprietário	: Aços Villares S.A.					
				Cota :		
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino					

Folha :	ITU	n.º :	57	Coordenada	N-S :	740430
					W-E :	25706
Proprietário	: SAEE - Sorocaba					
				Cota :		
Tipo de Aquífero Explorado:	Tubarão / Cristalino					
Profundidade	:	106 m				
Nível Estático	:	11 m	Nível Dinâmico	:	70 m	
Vazão Específica	:	11,16 m³/h				
Descrição do Poço	:	0-30 e 42-73 : Tubarão , 30-42 e 73-106 Granito				

Folha :	ITU	n.º :	69	Coordenada	N-S :	740735
					W-E :	25964
Proprietário :	Ouro Branco			Cota :		ND
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino (Basalto)					

Folha :	ITU	n.º :	200	Coordenada	N-S :	7407476
					W-E :	259298
Proprietário :	Real Hospedagem Ltda.			Cota :		613 m
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino					

Folha :	ITU	n.º :	204	Coordenada	N-S :	740309
					W-E :	25628
Proprietário :	Cláudio Rosa			Cota :		
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino					

Folha :	SOROCABA	n.º :	23	Coordenada	N-S :	739839
					W-E :	25402
Proprietário :	Sol Poente			Cota :		
Tipo de Aquífero Explorado:	Grupo Tubarão					
Profundidade :	80 m					
Nível Estático :	31 m	Nível Dinâmico :	36 m			
Vazão Específica :	9,9 m³/h					
Descrição do Poço :	0 - 80m : Grupo Tubarão					

Folha :	SOROCABA	n.º :	39	Coordenada	N-S :	739481
					W-E :	24515
Proprietário :	Sorocaba Refrescos			Cota :		630 m
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino					

Folha :	SOROCABA	n.º :	42	Coordenada	N-S :	739571
					W-E :	24853
Proprietário	: Hortelária Accor Brasil S/A					
				Cota :	620 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino					

Folha	:	SOROCABA	n.º	:	45	Coordenada	N-S	:	739536
							W-E	:	24533
Proprietário	:	Unimed de Sorocaba							
						Cota	:	624 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Grupo Tubarão / Cristalino								
Profundidade	:	204 m							
Nível Estático	:	32 m	Nível Dinâmico	:	97 m				
Vazão Específica	:	3,6 m³/h							
Descrição do Poço	:	0 - 36m : Grupo Tubarão / 36- 204 Cristalino							

Folha :	SOROCABA	n.º :	51	Coordenada	N-S :	739478
					W-E :	24524
Proprietário :	Mizubrás Transportes Ltda					
				Cota :	620 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Cristalino					

Folha :	SALTO DE PIRAPORA	n.º :	17	Coordenada	N-S :	73972
					W-E :	233750
Proprietário :	Epidio Ribeiro			Cota :	630 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Aluvião					
Profundidade :	10 m					
Nível Estático :				Nível Dinâmico :		
Vazão Específica :	1 m³/h					
Descrição do Poço :	Aluvião					

Folha :	SALTO DE PIRAPORA	n.º :	24	Coordenada	N-S :	739405
					W-E :	22964
Proprietário :	Epidio Ribeiro			Cota :	630 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Aluvião					
Profundidade :	6 m					
Nível Estático :				Nível Dinâmico :		
Vazão Específica :	1 m³/h					
Descrição do Poço :	Aluvião					

Folha :	BOITUVA	n.º :	14	Coordenada	N-S :	740200
					W-E :	22025
Proprietário :	SABESP			Cota :	620 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Grupo Tubarão					
Profundidade :	300 m					
Nível Estático :				Nível Dinâmico :		
Vazão Específica :						
Descrição do Poço :	0-300 Grupo Tubarão					

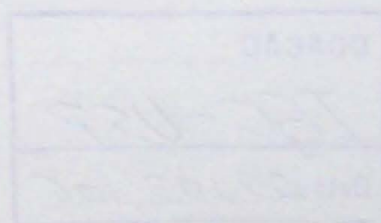
Folha :	BOITUVA	n.º :	15	Coordenada	N-S :	74021
					W-E :	21930
Proprietário :	SABESP			Cota :	600 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Grupo Tubarão					
Profundidade :	300 m					
Nível Estático :				Nível Dinâmico :		
Vazão Específica :						
Descrição do Poço :	0-300 Grupo Tubarão					

Folha :	BOITUVA	n.º :	16	Coordenada	N-S :	740110
					W-E :	22010
Proprietário	: SABESP			Cota :	640 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Grupo Tubarão					
Profundidade	:	300 m				
Nível Estático	:			Nível Dinâmico	:	
Vazão Específica	:					
Descrição do Poço	:	0-300 Grupo Tubarão				

Folha :	BOITUVA	n.º :	17	Coordenada	N-S :	740260
					W-E :	22085
Proprietário	: SABESP			Cota :	580 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Grupo Tubarão					
Profundidade	:	235 m				
Nível Estático	:			Nível Dinâmico	:	
Vazão Específica	:					
Descrição do Poço	:	0-235 Grupo Tubarão				

Folha :	BOITUVA	n.º :	64	Coordenada	N-S :	7408167
					W-E :	219211
Proprietário	: ALKROMA AGROP. LTDA			Cota :	550 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Grupo Tubarão					
Profundidade	:	146 m				
Nível Estático	:	46 m	Nível Dinâmico	:	72 m	
Vazão Específica	:	4,235 m³/h				
Descrição do Poço	:	0-146 Grupo Tubarão				

Folha :	BOITUVA	n.º :	65	Coordenada	N-S :	7408012
					W-E :	219058
Proprietário	: ALKROMA AGROP. LTDA			Cota :	552 m	
Tipo de Aquífero Explorado:	Grupo Tubarão					
Profundidade	:	108,5 m				
Nível Estático	:	21 m	Nível Dinâmico	:	62,27 m	
Vazão Específica	:	10,028 m³/h				
Descrição do Poço	:	0-108 Grupo Tubarão				

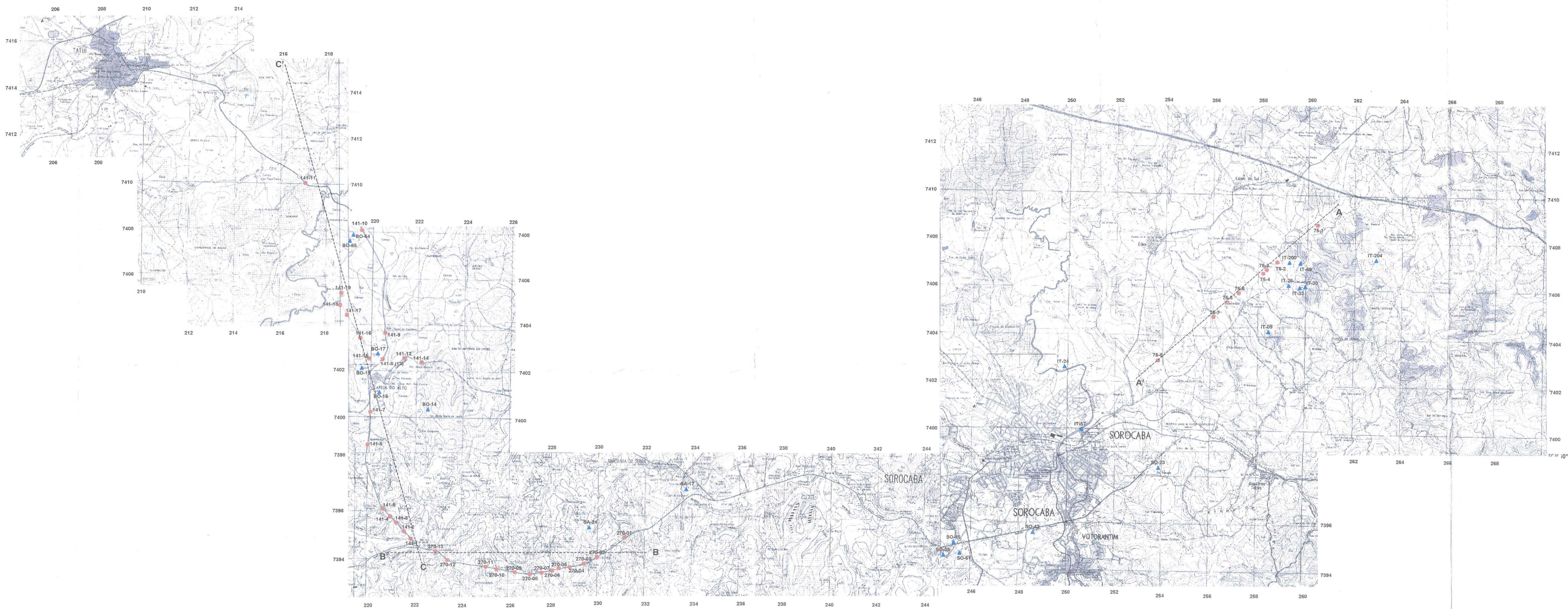


Folha : 86	Coordenada N-S : 748013
Proprietário : ALDRINA AGROP. LTDA	Coordenada W-E : 214038
Tipo de Adquirente Explorador:	Grupo Tubarão
Profundidade : 108,5 m	
Nível Estático : 21 m	Nível Dinâmico : 82,57 m
Vazão Específica : 10,028 m³/m	
Descrição do Poço : 0-108 Grupo Tubarão	

DOAÇÃO
<i>IGC-USP</i>
Data: <i>24/03/06</i>

Anexo VI – Mapa com localização dos pontos e dos poços pesquisados no DAEE

MAPA DOS PONTOS DESCRITOS E POÇOS CADASTRADOS NO DAEE



LEGENDA

- 75-XX Afloramento do Perfil da SP-75
- 270-XX Afloramento do Perfil da SP-270
- 141-XX Afloramento do Perfil da SP-141
- ▲ IT-XX Poço Cadastrado na Folha de Itu do DAEE
- ▲ SO-XX Poço Cadastrado na Folha de Sorocaba do DAEE
- ▲ SA-XX Poço Cadastrado na Folha de Salto de Pirapora do DAEE
- ▲ BO-XX Poço Cadastrado na Folha de Botuvera do DAEE
- Linha do Perfil

2000m 1000m 0 1000m 2000m

Folhas Utilizadas:
Itu, Sorocaba, Salto de Pirapora,
Botuvera e Itu

* Mapa Construído através da Montagem de Folhas na Escala 1:50 000

