

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
**Campus de Rio Claro (SP)**

**LITOFÁCIES E RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS DA  
FORMAÇÃO AQUIDAUANA NO NORDESTE DA  
BACIA DO PARANÁ – SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO  
(MG)**

**GUSTAVO HENRIQUE FERREIRA**

Rio Claro – SP

2011

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
**Campus de Rio Claro (SP)**

**LITOFÁCIES E RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS DA  
FORMAÇÃO AQUIDAUANA NO NORDESTE DA BACIA  
DO PARANÁ – SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO (MG)**

**GUSTAVO HENRIQUE FERREIRA**

Orientador: José Alexandre de Jesus Perinotto

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de  
Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de  
Geociências e Ciências Exatas – UNESP, campus de  
Rio Claro, como parte das exigências para o  
cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de  
Curso no ano letivo de 2011”*

Rio Claro – SP  
2011

551.7     Ferreira, Gustavo Henrique  
F383L     Litofácies e relações estratigráficas da Formação  
            Aquidauana no nordeste da Bacia do Paraná - São Sebastião  
            do Paraíso (MG) / Gustavo Henrique Ferreira. - Rio Claro :  
            [s.n.], 2011  
            60 f. : il., figs., fots., mapas

            Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geologia) -  
            Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de  
            Rio Claro  
            Orientador: José Alexandre de Jesus Perinotto

            1.Geologia estratigráfica. 2. Fácies sedimentares. 3.  
            Ambientes glaciais. 4. Sistema Outwash. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

**À Cibebe e Juliano.**

## AGRADECIMENTOS

A conclusão dessa jornada não seria possível sem os incentivos e participação da minha família. Agradeço muito a minha mãe, que sempre buzina no meu ouvido para que eu estudasse e tomasse um rumo na vida, pela educação que me deu e os exemplos de vida que fizeram com que eu me espelhasse. Ao meu irmão, pelo exemplo e determinação, por apresentar e orientar-me no “mundo da universidade”. À minha avó Ercelide e tia Silvana, pelo apoio financeiro que propiciou grande parte da minha estadia em Rio Claro. E ao meu cachorro Newton, meu cão-cão, que tornou o passar dos dias mais alegres e ótima companhia.

Agradeço ao Dr. Perinotto, pela sua paciência, incentivo e orientação que propiciou a execução desse trabalho, além de todo o aprendizado científico e pessoal.

Agradeço a FAPESP, pelo suporte financeiro durante minha iniciação científica que culminou com a execução desse trabalho.

Durante a graduação, diversas foram as pessoas que me auxiliaram. Gostaria de registrar meus agradecimentos aos professores Arthur, Washington, Antenor, Elias (*in memória*) e a hoje também professora, Carolina Del Roveri, que tanto dispendeu seu tempo para me ajudar e a todos da sala.

Aos meus grandes amigos da república Dendágua, Lili, (Daniel de Souza), que me infernizou a vida e segundo consta roubava meu nescau; ao Gordo Baleia (Rafael Carreira), pela “parceragem” e por me mostrar os benefícios do estilo de vida “Homer Simpsons”, ao Rigonight (Fernando Rosa) pelas brejas nos botecos e malandragem nada refinada. Aquela casa foi palco de tantos episódios grotescos e absurdos que nos deu a experiência e a maturidade de encarar a vida de uma maneira menos séria, mais alegre, provando que tudo pode ser motivo para rir, basta achar um ponto de vista privilegiado. Grato a vocês também pelos diversos bordões inesquecíveis que farão me lembrar desse tempo tão bom!

Agradeço por ter conhecido meus amigos da república Blackout, o nobre Matsu, Felipe e Bruno. Obrigado pela amizade, companheirismo e pelas muitas piadas e risadas que demos nessa casa e por outras que ainda virão.

Gostaria de agradecer a Ana Paula Saragossa, por sua dedicada atenção, carinho e apoio nesses últimos anos de graduação.

Agradeço aos meus amigos de sala. Juntos, fizemos esses cinco anos passarem tão depressa. Foram tantas viagens, tantos foras, tantas palhaçadas e micos, que ficarão

para sempre em nossa memória. Dos amigos de sala, gostaria de agradecer em especial a Carolina, por sua paciência e dedicação nos diversos trabalhos que fizemos juntos; ao Rodrigo, pela amizade e por me auxiliar em diversas dificuldades, também a Júlia, Barbara, Filipe, Adriano, Nicolas (Argentino de los tráficos), Vamp, meu muito obrigado.

Aos funcionários da UNESP, pela atenção que vocês me deram quando precisei, em especial ao motorista Douglas, pelos papos durante as viagens, pelo incentivo e torcida para que todos nós prosperássemos.

Por fim, agradeço a Deus, pela oportunidade de caminhar ao lado de tantas pessoas especiais que fizeram ser o caminho percorrido muito mais especial que o objetivo final. Muito obrigado.

**“O que é real? Como se define real? Se você está falando do que pode ser cheirado, provado e visto, então real é simplesmente um sinal elétrico interpretado pelo seu cérebro.”**

*(Morpheus, no filme Matrix)*

## RESUMO

A Formação Aquidauana é caracterizada por arenitos de granulação variável, lamitos e diamictitos com abundância de material argiloso, cores típicas vermelho tijolo, de origem glacial, fluvial e lacustre. É equivalente cronoestratigráfica do Grupo Itararé, de idade neocarbonífero, que sob o ponto de vista exploratório, tais unidades representam importantes intervalos da bacia, tendo associadas a elas diversas ocorrências de bens minerais e recursos energéticos como petróleo, água subterrânea, carvão, sendo necessários para a prospecção e exploração desses recursos um bom entendimento da estratigrafia e paleogeografia. Com o levantamento de seções colunares representativas da área foi possível caracterizar as fácies sedimentares, seu empilhamento e associação. Foi realizada ainda uma tentativa de correlação estratigráfica que apresentou grande dificuldade uma vez que ambientes glaciais exibem grande descontinuidade lateral das fácies além da complexa relação dos processos geradores. Como resultado foram obtidas oito fácies sedimentares, suas relações verticais e laterais, e seus processos geradores. Propõe-se que o ambiente de sedimentação na área de estudo é o flúvio-glacial, caracterizado por sistemas aluviais formados por água de degelo que transportam os sedimentos que se depositam em planícies na frente da geleira (*outwash* distal). Análises petrográfica de lâminas delgadas mostraram que o processo de transporte era ineficiente. Os grãos possuem contatos pontuais a lobulares caracterizando uma boa porosidade e permeabilidade a rocha, variando estas qualidades em função da maior ou menor presença de matriz. A presença de óxido de ferro depositada entre a borda de recristalização e o mineral feldspático indica que possivelmente essa rocha já apresentava uma rubefação primária, intensificada pela percolação de fluido alcalino.

**Palavras-Chave:** Formação Aquidauana, Glacial, Fácies, Estratigrafia.

## ABSTRACT

The Aquidauana Formation is characterized by sandstones of variable granulation, mudstones and diamectites abundant in clay, typical colors like brick red (vermelho tijolo) of glacial, fluvial and lacustrine origin. It's chronostratigraphic equivalent to the Itarará group from the Neo Carboniferous age, that under the exploratory view, such units represent important intervals in the basin, occurring together with them minerals as well as energy resources as petroleum, underground water and coal – what requires a great paleogeography and stratigraphy knowledge for its exploration. By gathering information from the columnar sections of the area, it was possible to characterize the sedimentary facies, the stacking pattern as well as the association. It was also made an attempt of stratigraphic correlation, which showed great difficulties since glacial environments present a great lateral discontinuity of the facies besides the complex relationship process of formation. As a result, it was obtained 8 sedimentary facies, the lateral and vertical relations and genesis process. It is proposed that the sedimentary environment in the study area is the fluvio glacial, characterized by alluvial systems formed by defrosted water which transport the sediments that are deposited in plains in front of the glacier (distal outwash). Petrographic thin section analysis showed that the transportation process was ineffective. The grains present punctual to lobular contacts, characterizing good porosity and permeability to the rock, varying these qualities according to more or less existence of matrix. The presence of Iron Oxide deposited between the recrystallization border and feldspathic mineral indicates that this rock has possibly presented a primary rubefaction, intensified by alkaline fluid percolation.

**Keywords:** Aquidauana Formation, Glacial, Facies, Stratigraphy.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	9
<b>3</b>	<b>MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO</b> .....	9
<b>3.1</b>	<b>Revisão bibliográfica</b> .....	10
<b>3.2</b>	<b>Etapas de campo</b> .....	11
<b>3.3</b>	<b>Interpretação dos dados</b> .....	13
<b>3.4</b>	<b>Relatório e trabalhos</b> .....	13
<b>4</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b> .....	13
<b>5</b>	<b>CONTEXTO GEOLÓGICO</b> .....	14
<b>5.1</b>	<b>Geomorfologia</b> .....	14
<b>5.2</b>	<b>Geologia Regional - Bacia do Paraná</b> .....	14
5.2.1	Aspectos Gerais .....	14
5.2.2	Estratigrafia .....	15
<b>6</b>	<b>FORMAÇÃO AQUIDAUANA</b> .....	18
<b>6.1</b>	<b>Características da Formação Aquidauana em São Sebastião do Paraíso, MG.</b> .....	19
<b>7</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	20
<b>7.1</b>	<b>Erosão e transporte glacial</b> .....	22
<b>7.2</b>	<b>Depósitos glaciais</b> .....	23
<b>7.3</b>	<b>Ambientes glaciais</b> .....	24
7.3.1	Ambiente Flúvio-Glacial .....	25
7.3.2	Ambiente Glácio-Lacustre .....	26
7.3.3	Ambiente Glácio-Marinho .....	27
<b>8</b>	<b>ANÁLISE DE FÁCIES</b> .....	28
<b>8.1</b>	<b>Descrição das Fácies</b> .....	29
<b>9</b>	<b>SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS COLUNARES</b> .....	35
<b>10</b>	<b>CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA</b> .....	46
<b>11</b>	<b>AMBIENTE DEPOSICIONAL</b> .....	49
<b>12</b>	<b>DESCRIÇÃO DE LÂMINAS DELGADAS</b> .....	51
<b>12.1</b>	<b>Interpretação e discussão do resultado das análises petrográficas</b> .....	56
<b>13</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	56
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	57
	<b>APÊNDICE A – COORDENADAS DOS PONTOS</b> .....	61

## **1 INTRODUÇÃO**

O presente relatório foi desenvolvido em cumprimento às exigências do trabalho de conclusão de curso. Refere-se a estudos geológicos, principalmente faciológicos e estratigráficos realizados no nordeste da Bacia do Paraná, tendo como objeto de estudo a Formação Aquidauana, na região de São Sebastião do Paraíso, MG.

A Formação Aquidauana é caracterizada por arenitos de granulação variável, lamitos e diamictitos com abundância de material argiloso, cores típicas vermelho tijolo, de origem glacial, fluvial e lacustre. É equivalente cronoestratigráfica do Grupo Itararé, de idade Neocarbonífera.

Para a reconstrução de ambientes deposicionais é fundamental o estudo e interpretação de fácies e processos sedimentares. Em ambientes glaciais ou influenciados por geleira as dificuldades de interpretação são maiores devidos a retrabalhamentos do material originariamente depositado e pela não continuidade lateral das fácies.

## **2 OBJETIVOS**

Com o levantamento de seções colunares representativas da área e suas correlações, pretende-se contribuir para a caracterização, relações estratigráficas e sistemas deposicionais da Formação Aquidauana na região de São Sebastião do Paraíso, MG.

## **3 MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO**

O método seguido neste projeto envolve o levantamento bibliográfico, campanhas de campo para coleta de dados das litofácies, confecção de seções para análise das variações laterais e verticais, relações de contato e geometria dos corpos, coleta de amostras, confecção e descrição de lâminas delgadas e documentação fotográfica. Os dados foram tratados em escritório de maneira a se produzir colunas estratigráficas, tabelas, perfis, visando à correlação lateral e vertical da unidade. Para tanto foram utilizados materiais e laboratórios da própria Unesp.

As etapas de trabalho envolveram a coleta de dados existentes na literatura juntamente com dados colhidos em campanhas de campo na região de São Sebastião do Paraíso. Os dados foram tratados em laboratório, arranjados na forma de perfis, seções, mapas e tabelas sendo assim analisados. Campanhas de campos já foram realizadas no decorrer do primeiro

semestre decorrente de pesquisa de iniciação científica realizada pelo autor onde se levantou um grande número de dados que suplementarão esse projeto.

As atividades desenvolvidas estão em conformidade com o cronograma estipulado inicialmente, sendo relacionados na tabela a seguir (Tabela 1):

**Tabela 1** - Plano de atividades

Atividades	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Revisão Bibliográfica	X	X	X	
Interpretação de dados	X	X	X	
Relatório Parcial		X		
Redação do texto final				X
Entrega do relatório final				X

### 3.1 Revisão bibliográfica

Realizada de modo constante ao longo do projeto, mas principalmente nos primeiros meses, a revisão bibliográfica foi efetivada de modo a proporcionar um melhor esclarecimento do objeto de estudo. Consistiu no levantamento de dados, como a reunião de documentação básica, análise e integração de dados já existentes, criação de um banco de dados com fotografias, figuras, mapas e seções.

Durante essa atividade, foram feitos resumos de dissertações e artigos e apresentados em reuniões com o grupo de estudo relacionado ao projeto maior sob coordenação do Prof. Dr. José Alexandre Jesus Perinotto (FAPESP, processo 2009/50876-4). Essa prática auxiliou no melhor entendimento dos diversos processos relacionados ao ambiente glacial bem como proporcionou a troca de experiências. Ainda nessas reuniões, através do levantamento bibliográfico, foram propostos roteiros para as etapas de campo com base nos mapas geológicos regionais que expunham a faixa de afloramento da unidade geológica em estudo.

### 3.2 Etapas de campo

As etapas de campo foram realizadas anteriormente ao período proposto para confecção do trabalho de conclusão de curso, uma vez que o autor possuía iniciação científica na área, e esses dados serviram de escopo para esse trabalho.

A primeira etapa consistiu de um reconhecimento da área de afloramento do Grupo Itararé e Formação Aquidauana passando pelas regiões de Rio Claro, Mogi-Mirim, Mococa, Monte Santo de Minas e São Sebastião do Paraíso. Nesse reconhecimento procurou-se observar as litologias associadas às unidades litoestratigráficas sob influência glacial, bem como texturas, estruturas deformacionais e deposicionais. Nessa etapa ainda, selecionou-se a região de São Sebastião do Paraíso como alvo de um estudo mais detalhado que é o que propõe esse trabalho.

A segunda e terceira etapas de campo se desenvolveram na área proposta ao estudo, envolvendo o levantamento de seções estratigráficas, análise de fácies, coleta de amostras para a confecção de lâminas delgadas e documentação fotográfica.

Os trabalhos de campo foram realizados nas datas expressas (Tabela 2).

**Tabela 2** - Trabalhos de campo

<b>Campo</b>	<b>Datas</b>
<b>Reconhecimento</b>	
1°	16/17/18 e 21/04/2010
<b>Detalhamento</b>	
2°	24 a 31/07/2010
3°	21 a 24/01/2011

A figura 1 mostra o mapa geológico da faixa aflorante das unidades litoestratigráficas que refletem influência glacial (PETRI & FULFARO, 1966; FARJALATT, 1970) nos estados de São Paulo e sul de Minas Gerais e os pontos visitados nas etapas de trabalho.

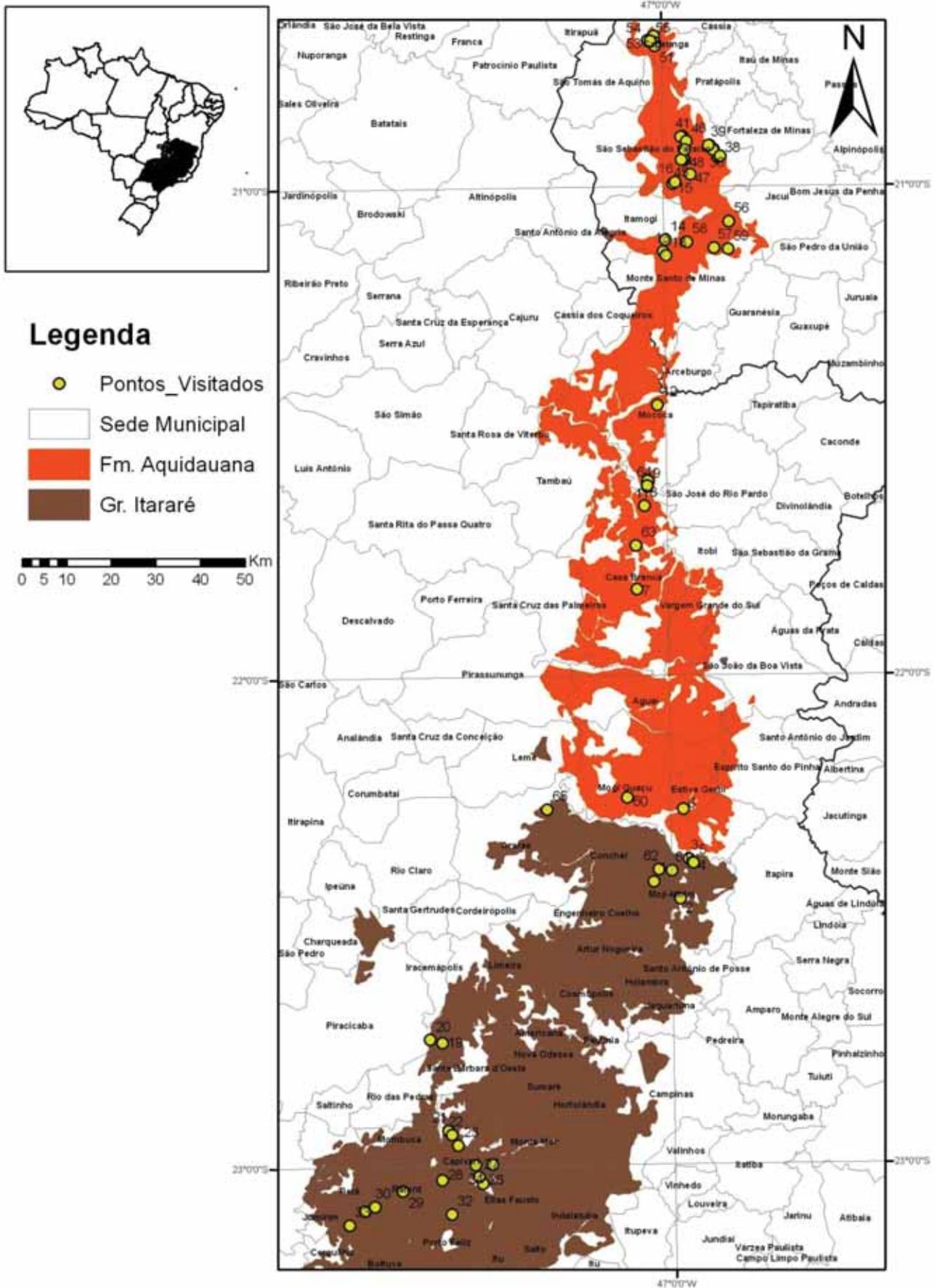


Figura 1 - Localização e distribuição espacial dos pontos visitados

### 3.3 Interpretação dos dados

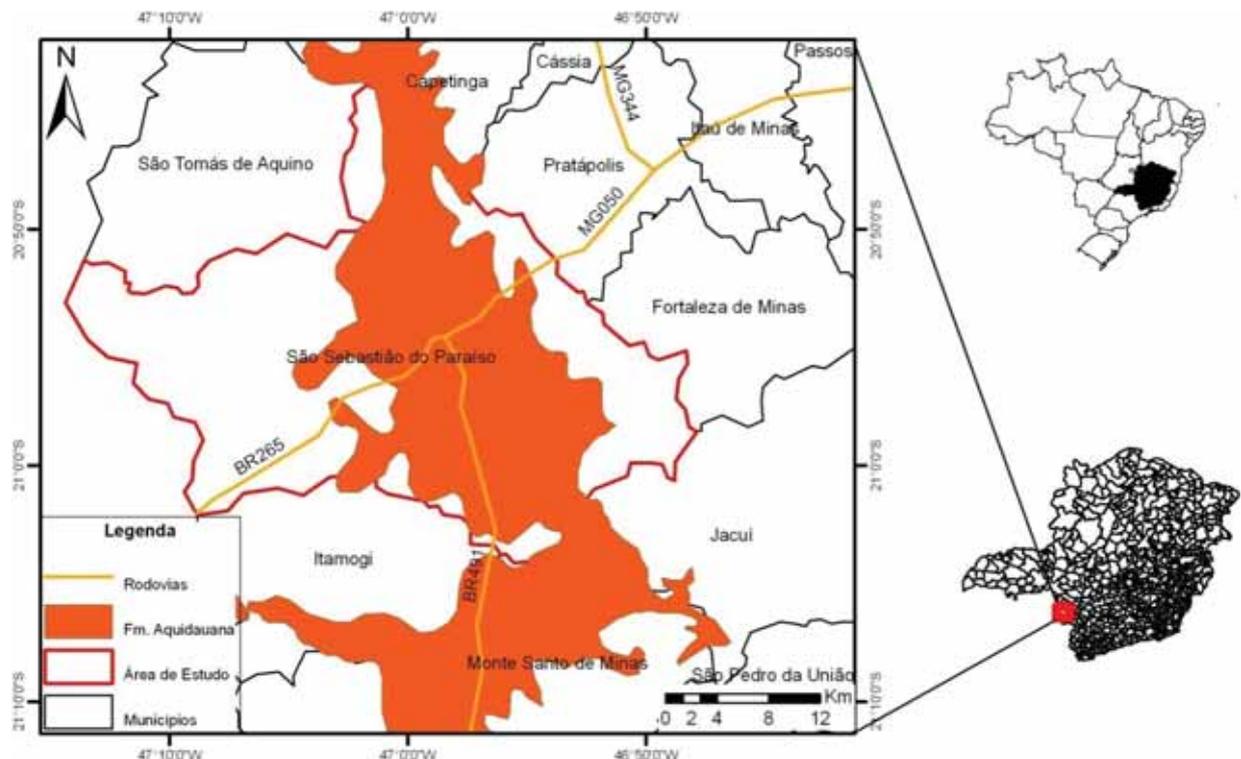
Os dados coletados em campo foram trabalhados em escritório, confeccionando mapas, seções colunares e criação de banco de dados juntamente com as análises de lâminas delgadas. Dispondo dos materiais acima se seguiu com correlações estratigráficas e proposta de um paleoambiente através da interpretação geral dos dados.

### 3.4 Relatório e trabalhos

Os dados obtidos nas etapas descritas anteriormente foram integrados e tratados em forma de seções colunares, fotos, tabelas e mapas sendo assim confeccionado este relatório, mostrando as atividades, produtos e resultados obtidos na execução do projeto.

## 4 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo localiza-se na região sul do Estado de Minas Gerais, em São Sebastião do Paraíso. Situa-se aproximadamente a 410 km de Belo Horizonte e 350 km da cidade de São Paulo, SP. O acesso à área pode se dar pelas rodovias MG-050 e BR-491. A região de estudo está inserida na folha São Sebastião do Paraíso - SF-23-V-A-VI-1(Figura 2).



**Figura 2** - Localização da área, vias de acesso e área de ocorrência da Formação Aquidauana.

## 5 CONTEXTO GEOLÓGICO

### 5.1 Geomorfologia

A área de estudo localiza-se na Depressão Periférica, estando situada ao norte da Zona do Mogi-Guaçu. É limitada a leste pelo Planalto Atlântico e a oeste pela província de Cuestas Basálticas (FIORI, 1977). Apresenta topos aplainados que são associados às litologias da Formação Aquidauana que foram conservados da atuação de processos erosivos. Estes sedimentos se dispõem quase que horizontalmente em camadas assentadas sobre o embasamento cristalino, formando assim feições de destaque como mesas, tabuleiros e até mesmo peões de pequenas dimensões (Figura 3).



**Figura 3** - Relevo residual da área sustentado por rochas areníticas da Formação Aquidauana.

### 5.2 Geologia Regional - Bacia do Paraná

#### 5.2.1 Aspectos Gerais

A Bacia do Paraná é uma ampla região sedimentar da América do Sul abrangendo porções territoriais do Brasil meridional, Paraguai oriental, nordeste da Argentina e norte do

Uruguai, totalizando uma área total que ultrapassa 1.500.000 quilômetros quadrados (Figura 4). A bacia exhibe uma forma ovalada com eixo maior N-S abrangendo uma sucessão sedimentar-magmática com idades entre o Neo-Ordoviciano e o Neocretáceo com uma espessura total máxima em torno dos sete mil metros, coincidindo geograficamente o depocentro estrutural da sinéclise com a região da calha do rio Paraná (MILANI *et al.* 2007).



**Figura 4** - Localização da Bacia do Paraná no Brasil. Adaptado de Milane (1997).

### 5.2.2 Estratigrafia

A Bacia do Paraná, como unidade autônoma de subsidência e sedimentação-magmatismo, perdurou do Neo-Ordoviciano até o final do Mesozóico. No transcorrer do tempo geológico, entre 450 Ma e 65 Ma, sucessivos episódios de sedimentação acomodaram seus depósitos no que viria a ser uma bacia de registro policíclico. Seis unidades de segunda ordem (MILANI, 1997) constituem o arcabouço estratigráfico na forma de pacotes rochosos envelopados por discordância de caráter inter-regional. Essas supersequências são: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). Algumas de suas características podem ser observadas na figura 5.

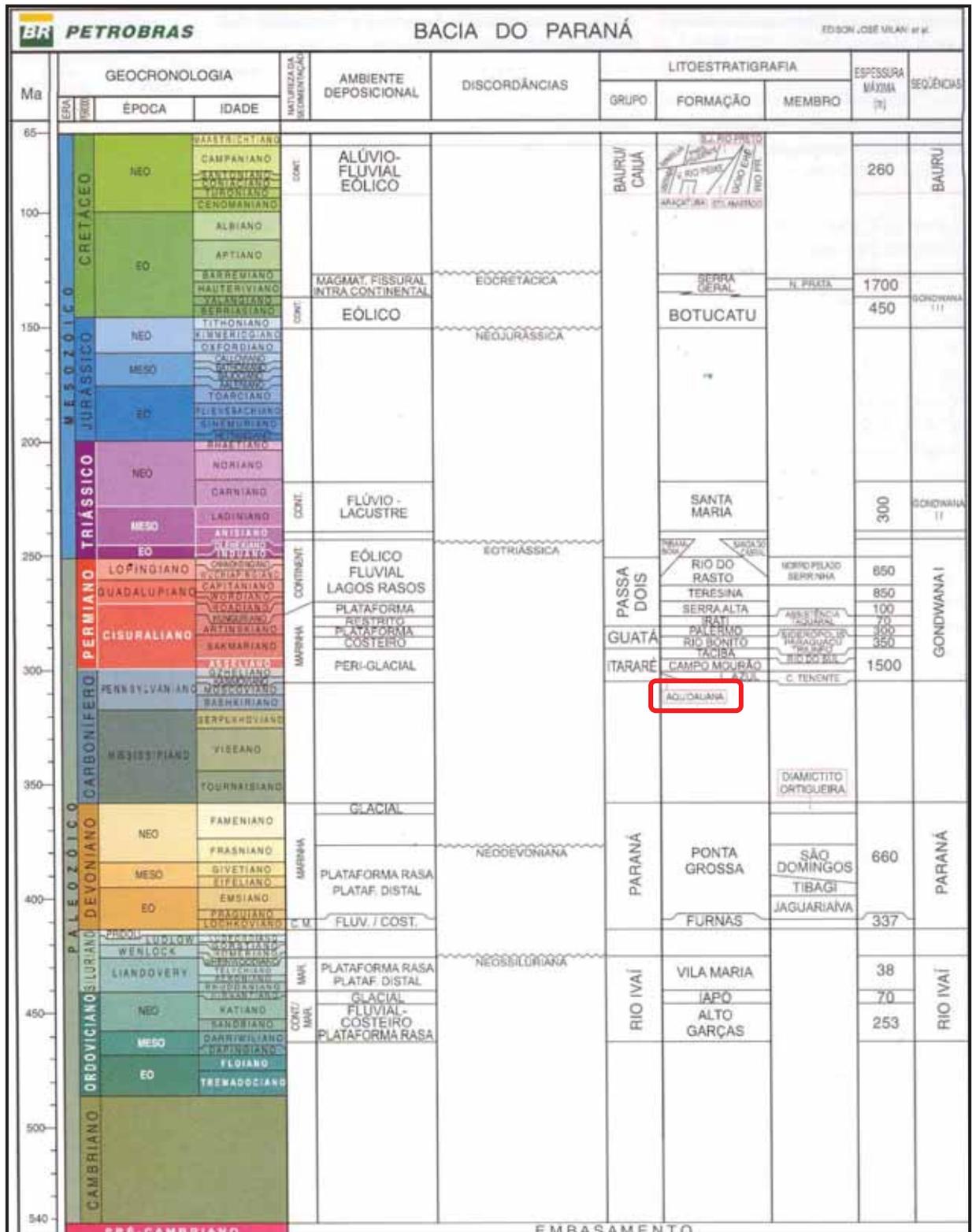


Figura 5 - Carta estratigráfica da Bacia do Paraná (MILANI *et al.*, 2007) com destaque para a Formação Aquidauana (retângulo em vermelho).

Das unidades que compõem essas superseqüências, com ênfase aquelas que afloram no flanco nordeste da bacia, são denominadas por:

- *Grupo Itararé e Formação Aquidauana (Carbonífero-Permiano)*: são constituídos por sedimentos predominantemente clásticos, de granulometria variada, desde muito fina a conglomerática. O Grupo Itararé contém testemunhos de glaciação, ingressões marinhas, restos das floras *Rhacopteris* e *Glossopteris*, e camadas de carvão.
- *Formação Tatuí (Eopermiano)*: composta por lamitos de cor marrom-arroxeadas, ocorrendo localmente arenitos muito finos amarelados.
- *Grupo Passa Dois (Permiano)*: no Estado de São Paulo constitui-se nas Formações Irati e Corumbataí. A primeira é dividida em dois membros, Membro Taquaral (caracterizado por argilitos, folhelhos e siltitos) e Membro Assistência (folhelhos pirobetuminosos associados a calcários, localmente dolomíticos). Neste último encontram-se fósseis de répteis *Mesossaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum*, assim como restos de peixes, vegetais, carapaças de crustáceos e palinóforos são relativamente comuns. A Formação Corumbataí, consiste em argilitos, folhelhos e siltitos arroxeados a avermelhados com intercalações de camadas de arenitos muito finos e bancos carbonáticos, por vezes ricos em oólitos e fragmentos de conchas (SCHNEIDER *et al*, 1974).
- *Grupo São Bento (Triássico-Jurássico)*: composto pelas Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral. Segundo Caetano-Chang (1997) domina na Formação Pirambóia arenitos finos com estratificações cruzadas de pequeno a grande porte, resultantes da deposição por dunas eólicas, intercalados por corpos tabulares de siltitos arenosos, exibindo incipiente estratificação plano-paralela, desenvolvida pela migração de ondulas eólicas em interdunas e lençóis de areia. Na porção NE do Estado de São Paulo, a Formação Pirambóia ocorre sobre o embasamento cristalino e em algumas áreas sobre a Formação Aquidauana. A Formação Botucatu é caracterizada por pacote de arenitos médios a finos, com elevada esfericidade, aspecto fosco, coloração rósea e estratificações cruzadas tangenciais de médio a grande porte. Estes litótipos são característicos do ambiente desértico que se desenvolveu no interior do continente ao longo de boa parte do período Mesozóico. Ao final desse ciclo, enquanto ainda perduravam as condições desérticas, iniciou-se a atividade vulcânica basáltica que deu origem à Formação Serra Geral que compreende uma seqüência de derrames de lavas basálticas, diques e soleiras de diabásio, com intercalações de lentes e camadas arenosas (SCHNEIDER *et al*, 1974).
- *Grupo Bauru (Neocretáceo)*: em Minas Gerais está subdividido em três formações: Formação Adamantina, relacionada a areias finas com intercalações argilosas e derrames alcalinos associados, Formação Marília, com arenitos quartzosos e conglomerados imaturos

e polimíticos, frequentemente com cimento carbonático e concreções, e Formação Uberaba, representada por arenitos com cimento calcítico e matriz argilosa associados à argilitos, siltitos e rochas vulcanoclásticas. Os sedimentos pertencentes a esta seqüência assentam-se sobre os basaltos da Formação Serra Geral, em discordância erosiva.

## 6 FORMAÇÃO AQUIDAUANA

O nome Aquidauana foi utilizado pela primeira vez por Lisboa (1909) na designação de sedimentos vermelhos que ocorrem no flanco oeste da Bacia do Paraná, mais precisamente no vale do Rio Aquidauana, sul de Mato Grosso. Milward (1935) interpretou a estratigrafia da área baseando-se em observações em Goiás e no trecho da então Estrada de Ferro Noroeste do Brasil (indicada por Lisboa como seção tipo), de Campo Grande para Aquidauana, julgou o arenito Aquidauana como representante em Mato Grosso do arenito das Torres, de Goiás, atribuindo-lhe idade Permiano, distinguindo o assim do arenito Botucatu.

Caster (1947) foi o primeiro a reconhecer a posição estratigráfica do arenito Torres (igual à Formação Aquidauana) sob depósitos do Grupo Passa Dois. Almeida (1948) confirmou essa correlação e sua posição subjacente ao Grupo Passa Dois, acentuando que no arenito Aquidauana não ocorriam indícios de origem glacial, considerando-o distinto da Série glacial Bela Vista. Em 1954, este reconheceu a existência de camadas glaciais e fluvio-glaciais no arenito Aquidauana.

Petri e Fulfaro (1966) referiram-se à existência de conglomerados polimíticos na Formação Aquidauana em Goiás e leste do Mato Grosso exibindo seixos facetados e estriados, podendo eventualmente corresponder a tilitos.

Farjalatt (1970) considerou os diamictitos do sul do Mato Grosso como depósitos subaquosos relacionados à glaciação, ao invés de verdadeiros tilitos, sugerindo que os principais processos para formação desses diamictitos seriam gelos flutuantes, correntes de turbidez e torrentes de lama.

Soares e Landim (1973) concordaram quanto à correlação feita por Almeida (1956) quanto à correlação das rochas existentes em Águas da Prata, Poços de Caldas e sul de Minas Gerais com as da Formação Aquidauana em Mato Grosso e Goiás, porém, consideraram-na como fácies de bordo do Itararé.

Fiori (1977) estudando afloramentos da Formação Aquidauana na região de Minas Gerais concluiu que as diversas litologias ocorrentes na mesma podem ser agrupadas em três associações faciológicas: clásticos finos (diamictitos, lamitos, siltitos, ritmitos e argilitos),

arenitos de granulação fina (arenitos, lamitos e conglomerados com matriz de areia fina a muito fina) e clásticos grossos (arenitos de granulometria média a muito grossa e conglomerados).

Guirro (1991) analisando fácies em afloramentos no sudeste de Mato Grosso, mais precisamente Serra da Petrovina e da Saudade, juntamente com nove testemunhos de quatro poços perfurados na borda norte da bacia mostrou que a deposição ocorreu num meio aquoso, onde o principal processo de deposição foram fluxos gravitacionais de sedimentos.

Gesiski (1996) descreveu a ocorrência de pavimentos estriados dentro de depósitos da Formação Aquidauana na borda ocidental da Bacia do Paraná, localizados nas porções central e sul do Estado de Mato Grosso do Sul. Tais estruturas foram produzidas durante o período de avanço glacial atuante na bacia à época da deposição do início do intervalo superior da formação. As geleiras foram as principais responsáveis pelo aporte de sedimentos na bacia, resultando na deposição de sequências progradacionais nas suas porções mais ocidentais, dominados por sistemas deposicionais continentais e transicionais (flúvio-eólico, flúvio-deltaico e marinho raso).

Perinotto (1997) analisou a geologia das margens norte e noroeste da Bacia do Paraná e descreveu a Formação Aquidauana como Grupo Aquidauana, sugerindo a possibilidade de uma subdivisão em duas formações: Nioaque (caracterizada por apresentar principalmente fácies relacionadas a fluxos gravitacionais associados a glaciação) e Torres (caracterizada por depósitos mais organizados, com associações faciológicas permitindo inferir ambientes costeiros e marinhos rasos, com mais distanciamento das influências glaciais).

Bravo (1997) estudando ocorrências da Formação Aquidauana na região de Monte Santo de Minas, MG caracterizou dez fácies que associadas, constituem três grupos litológicos maiores: arenitos conglomeráticos a muito finos; arenitos muito finos a siltitos; e diamictitos. A análise de fácies demonstrou que a Formação Aquidauana é caracterizada por espesso pacote sedimentar com litologias essencialmente arenosas de origem fluvial e diamictitos de provável origem glácio-marinha.

### **6.1 Características da Formação Aquidauana em São Sebastião do Paraíso, MG.**

A Formação Aquidauana é caracterizada por arenitos de granulação variável, lamitos e diamictitos com abundância de material argiloso, cores típicas vermelho tijolo, de origem glacial, fluvial e lacustre (FIORI, 1977). Em São Sebastião do Paraíso possui cerca de 12 km de largura estreitando-se próximo a Goianases, onde, com uma largura de cerca de 1 km,

estende-se para Cássia desaparecendo contra a Serra de Itambé. Sua espessura máxima é de cerca de 300 metros entre Mococa e Santa Rosa do Viterbo, diminuindo para 260 metros entre São Benedito das Areias e Cássia dos Coqueiros (SP). Já no estado de Minas Gerais, em Capetinga sua espessura reduz-se para 50 metros, desaparecendo a noroeste de Cássia e reaparecendo localmente na descida da Serra para a Usina de Peixotos (FIORI, 1977).

A Formação Aquidauana esta assentada discordantemente sobre o Embasamento Cristalino, e o contato superior se faz com a Formação Pirambóia, desde Cássia dos Coqueiros até Itirapuã. No vale do médio Piracicaba, interdigita-se com o Grupo Itararé (SOARES & LANDIM, 1973). As questão das relações Itararé – Aquidauana em São Paulo, foi abordada, entre outros, por Almeida *et al.* (1981) que consideraram que as “relações entre as formações Aquidauana e Itararé ainda não se acham definitivamente esclarecidas”.

## 7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

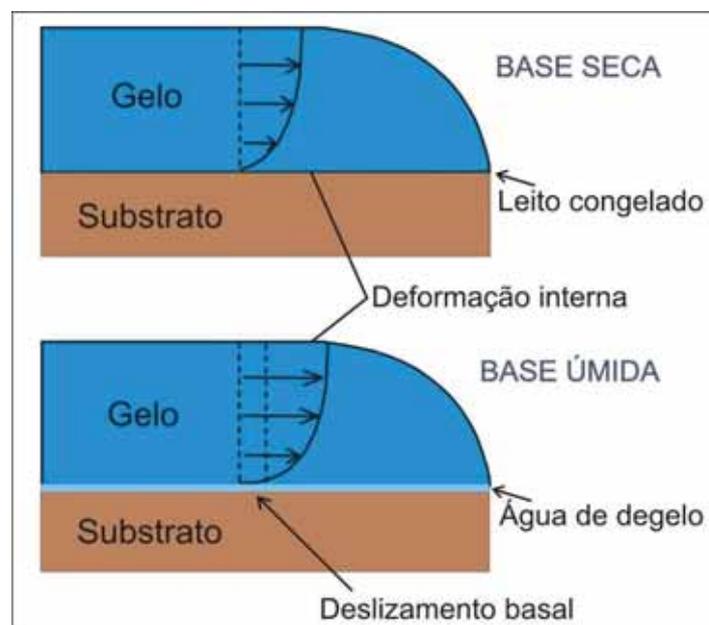
Atualmente mais restritos a picos de cadeias montanhosas e regiões polares, os ambientes glaciais ocupam cerca de 10% da superfície emersa da Terra, influenciando profundamente a atmosfera, condições climáticas e a circulação das águas dos oceanos. Em diversas épocas do passado geológico são encontrados registros de glaciações, como no Neoproterozóico e Fanerozóico (ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000). Entre os períodos Permiano – Carbonífero as geleiras recobriram grandes áreas do Supercontinente Gondwana, com espessuras variando de 2.000 a 3.000 metros e estendendo-se por uma área de até 10 milhões de quilômetros quadrados (SUGUIO, 2008).

Geleira é uma massa de gelo, formada pelo soterramento e recristalização de neve. Quanto à forma de ocorrência pode ser subdividida em geleiras de vale ou alpina - que ocupam depressões formadas nas cadeias de montanhas; e continentais - que desenvolvem-se sobre extensas áreas continentais ou ilhas junto aos pólos, podendo atingir o nível do mar (ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000).

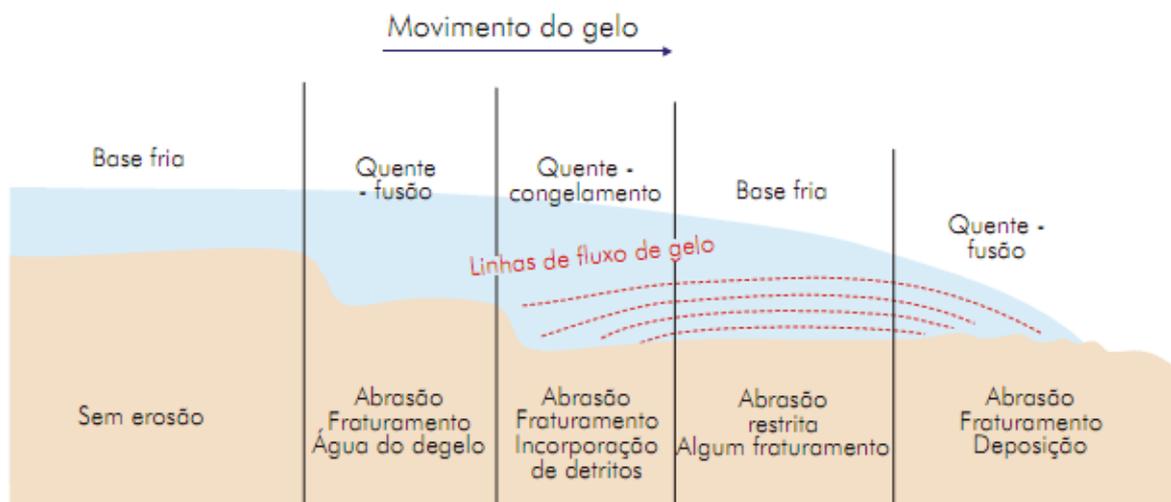
Geleiras podem se enquadrar ainda em dois regimes térmicos:

- ❖ geleira temperada ou de base úmida, havendo nível delgado de água de degelo em sua base formado por condições de temperatura e pressão favoráveis ao degelo. A geleira encontra-se desligada do substrato.
- ❖ geleira polar ou de base seca, quando a pressão é insuficiente para o degelo, predominando o congelamento, e as geleiras estão aderidas ao substrato, não havendo deslizamento basal.

As geleiras comumente apresentam um regime térmico complexo, sendo base seca em algumas porções e úmida em outras. O regime térmico basal das geleiras influencia diretamente o fluxo de gelo. O movimento é mais plástico em geleiras de base seca, devido à aderência desta ao substrato, enquanto que nas de base úmida, o movimento é preferencialmente por deslizamento, já que a água de degelo age como lubrificante (ASSINE & VESELY, 2008). A figura 6 abaixo denota as características do regime térmico basal e do fluxo de gelo associado e a figura 7 mostra como esses efeitos influenciam na intensidade e ocorrência dos processos erosivos e deposicionais subglaciais.



**Figura 6** - Regime de fluxo em geleiras de base seca e de base úmida (ASSINE & VESELY, 2008).

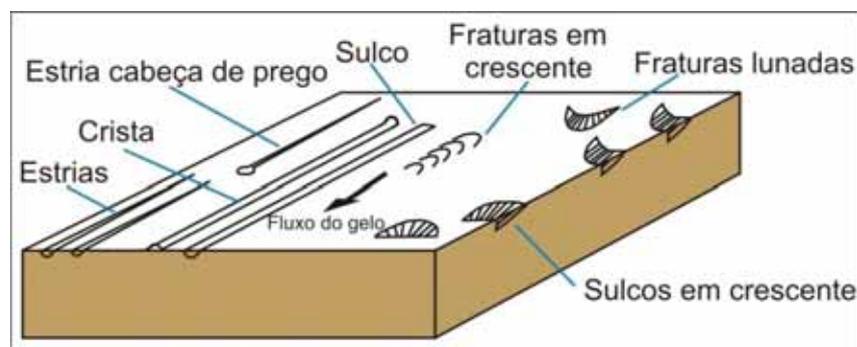


**Figura 7** - Relação entre o regime térmico de geleiras, erosão e sedimentação (BENNETT E GLASSER, 1996, apud ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000).

## 7.1 Erosão e transporte glacial

As geleiras possuem um alto poder de erosão e transporte de sedimentos. Os principais processos de erosão glacial são abrasão, remoção e ação da água de degelo.

Abrasão ocorre pelo movimento da geleira sobre o assoalho. A incorporação de partículas rochosas na base da geleira aliada à pressão do peso desta sobre o assoalho e a velocidade de movimentação é que vão configurar maior ou menor eficiência do processo (ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000). Essa abrasão pode gerar diferentes formas indicativas de fluxo muito importantes no reconhecimento de ambientes glaciais (Figura 8).

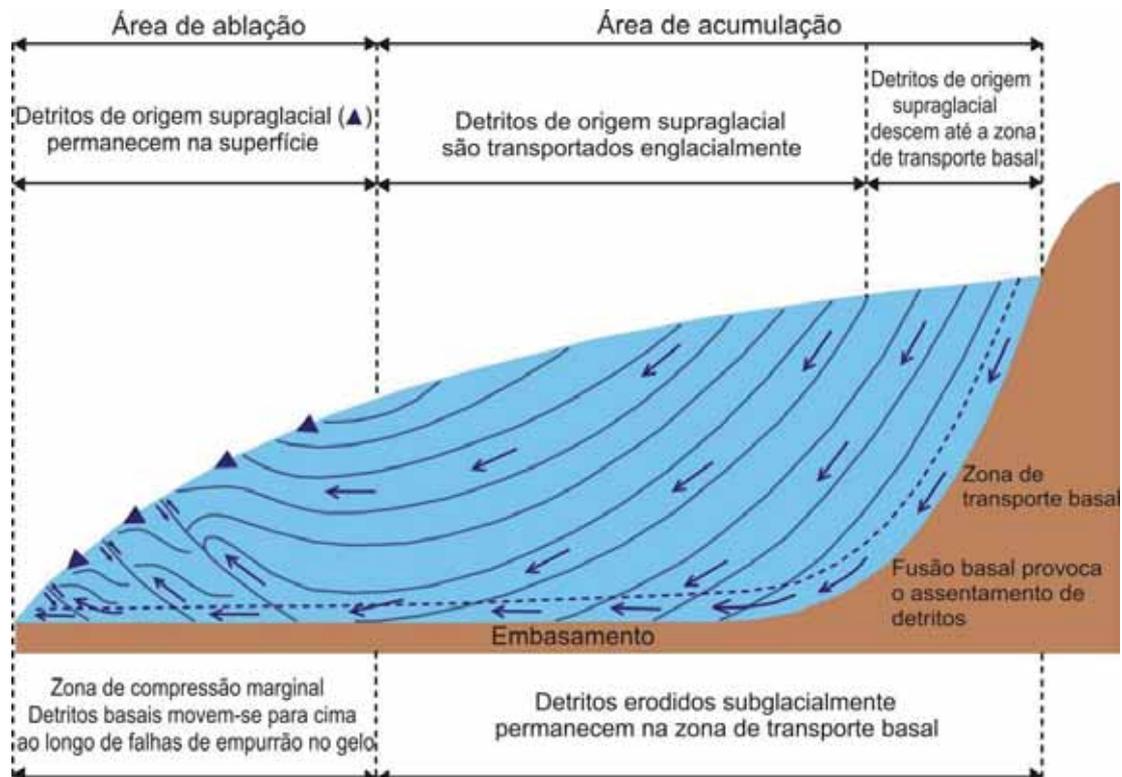


**Figura 8** - Formas indicativas de direção de fluxo em superfícies de abrasão glacial, modificado de EMBLETON & KING (1975), SHAW (1985) e MILLER (1996) por ASSINE & VESELY (2008).

Remoção (*plucking* ou *quarrying*) consiste na remoção de fragmentos rochosos maiores pelas geleiras aproveitando-se do fraturamento do substrato ou discontinuidades formadas pelo alívio de pressão causada pela erosão glacial.

A ação erosiva da água de degelo atua mecânica ou quimicamente. No primeiro assemelha-se à erosão fluvial, e no segundo a baixa temperatura da água propicia uma maior solubilidade de CO<sub>2</sub>, acidificando-a, aumentando a eficiência da erosão química (ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000).

O material transportado pela geleira possui imaturidade textural e mineralógica altas, uma vez que o gelo não é capaz de selecionar as partículas que transporta. Os sedimentos são provenientes do próprio substrato, incorporados nas porções basais, e a partir de encostas adjacentes em geleiras de vale (FLINT, 1957, apud ASSINE & VESELY, 2008). Essas partículas são transportadas nas zonas sub, supra ou englacial (Figura 9).



**Figura 9** - Transporte de detritos glaciais. Setas maiores mostram possíveis trajetórias de transporte de detritos em geleiras. Detritos de origem supraglacial podem ser transportados englacialmente (sem contato com o assoalho) e na zona basal (em contato com o assoalho) (BOULTON, 1993 apud ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000).

Por estar em contato direto com o substrato, a zona subglacial é a que transporta maior quantidade de partículas. Os depósitos glaciais possuem alta porcentagem de matriz siltica, resultado da cominuição de detritos transportados pelo gelo (ASSINE & VESELY, 2008).

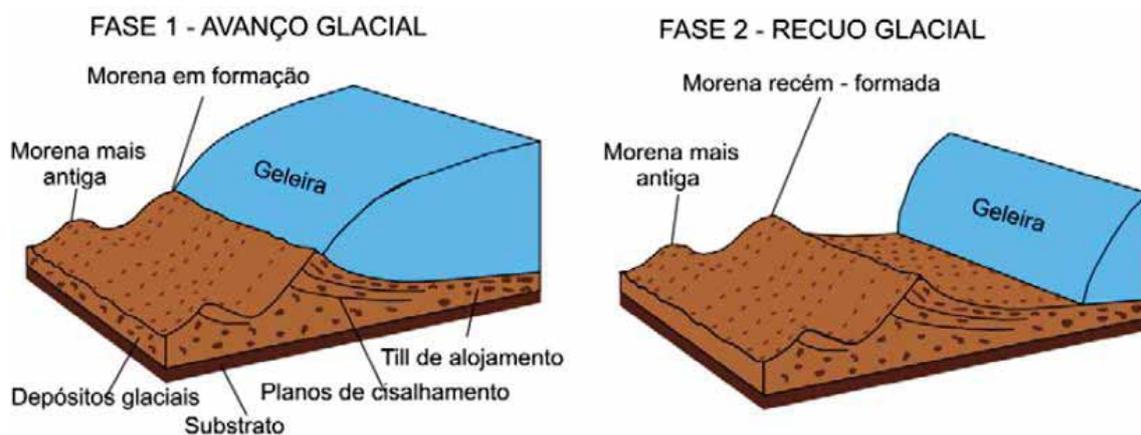
## 7.2 Depósitos glaciais

A sedimentação em ambientes glaciais pode ocorrer no avanço quanto no recuo da geleira. O mais importante ambiente de sedimentação glaciogênico é o subglacial. Esses sedimentos tendem a ficar alojados em irregularidades do substrato, sendo menos afetados por processos erosivos, e quando recobertos por novos sedimentos, passam a ter alto potencial de preservação (ASSINE & VESELY, 2008).

As morenas são as formas mais características de depósitos glaciais formados por ação direta das geleiras. São constituídas por sedimentos clásticos (*till*) geralmente grossos, com baixa seleção granulométrica, maciças e com abundância de clastos facetados, estriados ou não. Podem ser classificadas em terminais, laterais e medianas, de acordo com as diferentes

posições que ocupam em relação à geleira. *Till* refere-se a sedimento inconsolidado, não selecionado, constituído por matriz argilosa até arenosa, com fragmentos rochosos de grânulo a matacão, dispersos caoticamente. Por diagênese, esse sedimento se transforma na rocha denominada tilito. O termo tilito possui conotação genética, referindo-se a ambientes glaciais (ASSINE & VESELY, 2008).

As morenas laterais formam-se pelo acúmulo de detritos junto às paredes dos vales, mas, por vezes, assumem a forma de cristas, junto às margens laterais da geleira. Morenas medianas são feições sob forma de cristas alongadas, geralmente superficiais, que se estendem a partir da junção de geleiras de vale. Por fim, morenas terminais (Figura 10) constituem cristas que acompanham a margem frontal de geleiras de vale ou de mantos de gelo (ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000).



**Figura 10** – Modelo de formação das morenas terminais (ASSINE & VESELY, 2008).

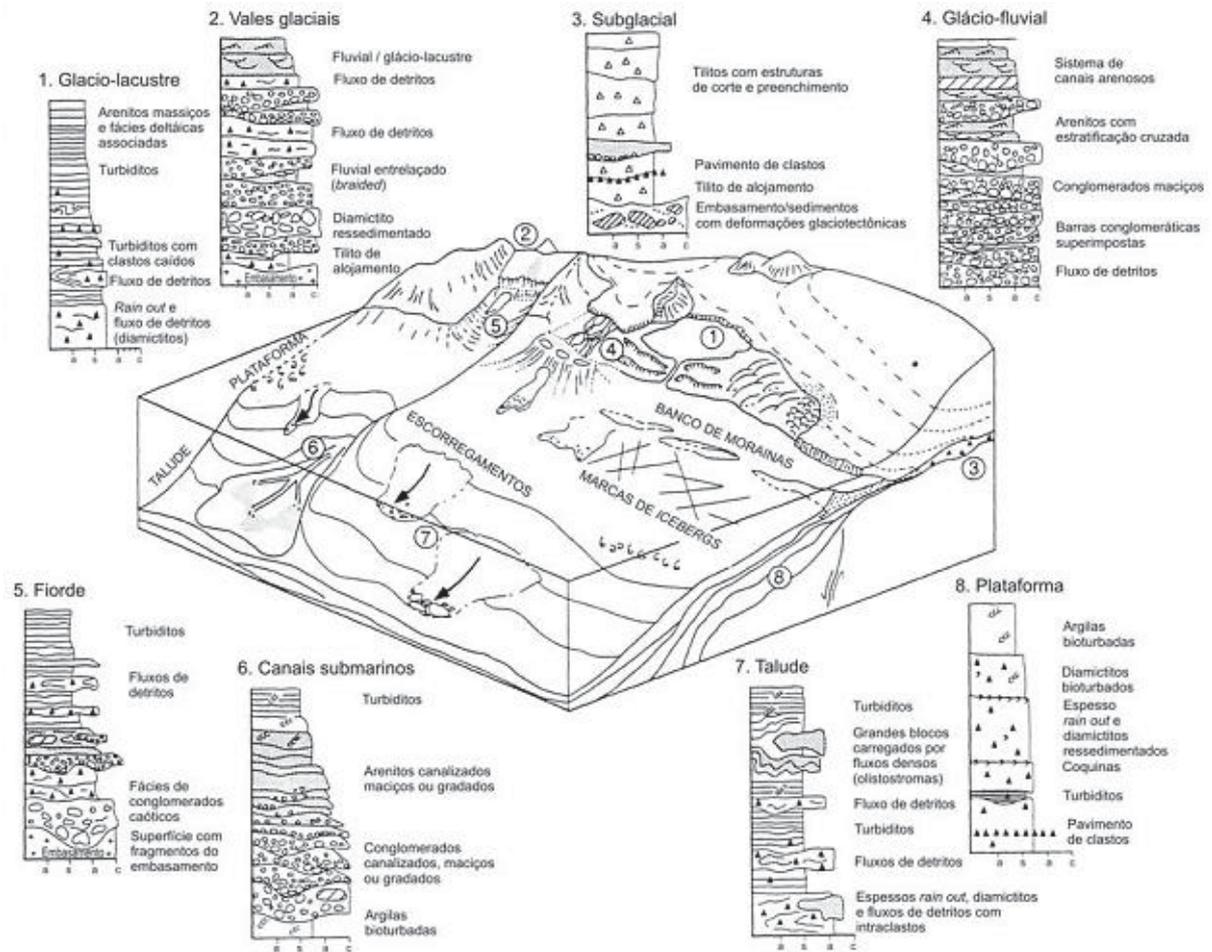
Drumlins são colinas de forma oval, de perfil assimétrico, com um dos lados abrupto, a montante, e outro mais suave, a jusante. São alongados paralelamente ao fluxo das geleiras. Embora controversa, sua origem é frequentemente atribuída à escultura dos sedimentos subglaciais durante o avanço de geleiras continentais (ASSINE & VESELY, 2008).

Em ambientes à frente das geleiras, como flúvio-glacial, glácio-lacustre ou glácio-marinho, os sedimentos são transportados e depositados por correntes de água de degelo e fluxos de gravidade, sem intervenção glacial direta (ASSINE & VESELY, 2008).

### 7.3 Ambientes glaciais

Diversos sistemas deposicionais associados configuram os ambientes glaciais. Podem ser separados em proglaciais - que sofrem influência direta de geleiras; e periglaciais - que não sofrem influência direta. Os sistemas deposicionais são formados por uma associação de

fácies assim como estruturas típicas que auxiliam na identificação de cada ambiente. A figura 11 exibe diversos ambientes glaciais com seu empilhamento modelo. Dentre os ambientes, serão descritos os ambientes flúvio-glacial, glácio-lacustre e glácio-marinho.



**Figura 11** - Principais ambientes glaciais com suas respectivas associações de fácies (Eyles, 1993).

### 7.3.1 Ambiente Flúvio-Glacial

Caracterizado como um ambiente proglacial, resulta da formação da água de degelo, pelo derretimento de geleiras que terminam em ambiente terrestre. Essa água transporta e deposita sedimentos na frente da geleira formando planícies de areia e cascalho denominados planície de *outwash*. Próximo à borda da geleira, o sistema flúvio glacial ocorre na forma de leques, resultado do desconfinamento de fluxos subglaciais. Processos de fluxo gravitacional e fluxo em lençol predominam, sendo responsáveis pela deposição de fácies conglomeráticas e de arenitos grossos (ASSINE & VESELY, 2008).

Os sedimentos de leques de *outwash* tendem a apresentar diminuição granulométrica, aumento da seleção e arredondamento dos grãos fluxo abaixo. À medida que a água é

capitada e canalizada a jusante, leques de *outwash* transicionam para rios entrelaçados (ASSINE & VESELY, 2008).

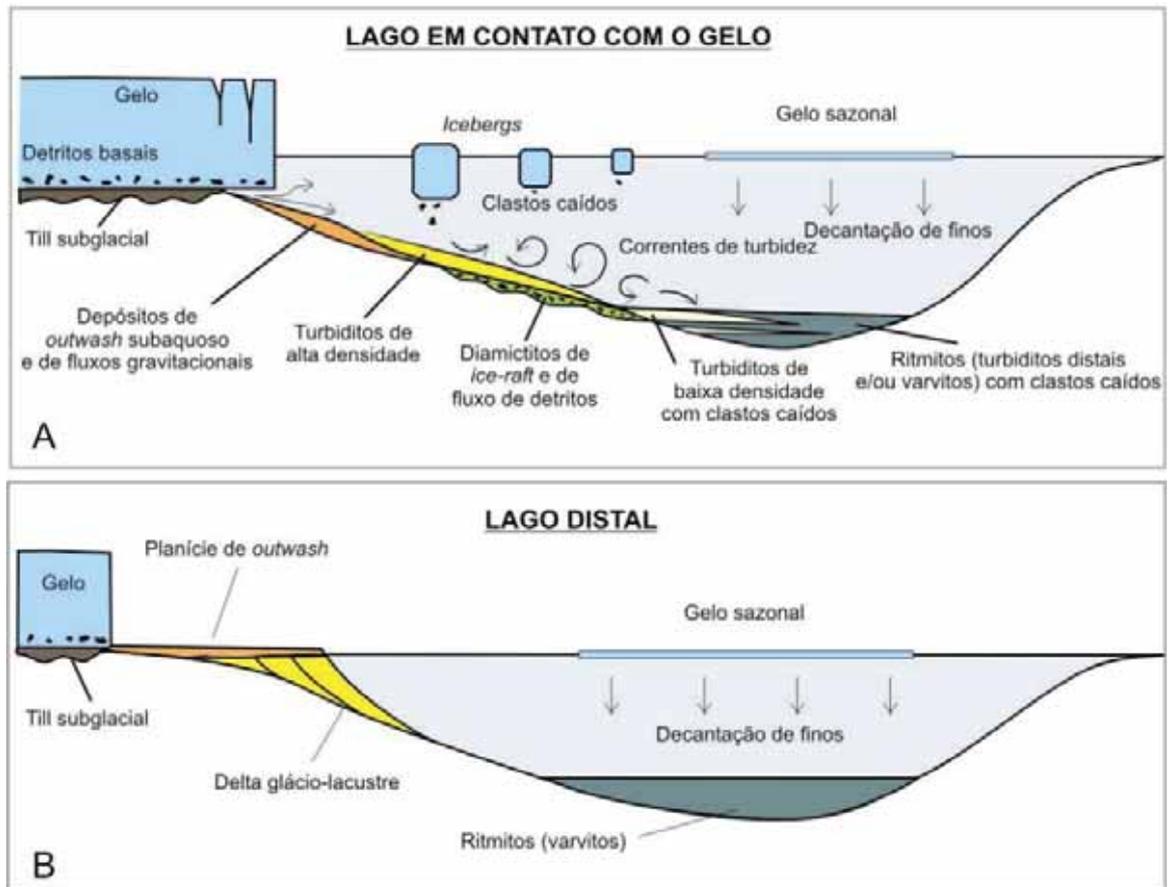
### 7.3.2 Ambiente Glácio-Lacustre

Lagos são comuns em regiões glaciais. São formados pelo represamento da água de degelo pelas próprias geleiras e depósitos de morenas.

Os lagos em contato com as geleiras (*ice-contact lakes*) possuem sedimentos derivados da desagregação de blocos da margem da geleira, queda de clastos de gelo flutuante, fluxos gravitacionais e correntes de fundo provenientes de túneis englaciais e/ou subglaciais. Blocos de gelo podem se desprender das margens formando icebergs que, com o derretimento, liberam detritos de diâmetros diversos produzindo distúrbios na estratificação de depósitos finos (ASSINE & VESELY, 2008).

Para os lagos situados à distancia das geleiras (*distal lakes*) a entrada de água e sedimentos se dá através de sistemas flúvio-glaciais, que podem deslocar-se junto à superfície, no meio ou rente ao fundo do lago, dependendo de sua densidade em relação à água, formando plumas de sedimento originando deltas glácio-lacustres (ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000). Muito característico desse ambiente são os varvitos, depósitos clásticos finos de aspecto rítmico (ritmito) compostos por estratos de siltito e argila alternados. Tais depósitos se formam pela variação sazonal. Quando verão, sistemas aluviais abastecem o lago, trazendo sedimentos que ficam em suspensão. As partículas mais pesadas, como areia muito fina e silte, depositam-se mais rápido, enquanto que a fração argila será depositada quando no inverno, a superfície do lago congelar impedindo a entrada de sedimentos (ASSINE & VESELY, 2008).

A figura 12 abaixo caracteriza a sedimentação em lagos glaciais em contato com as geleiras e lagos distais.

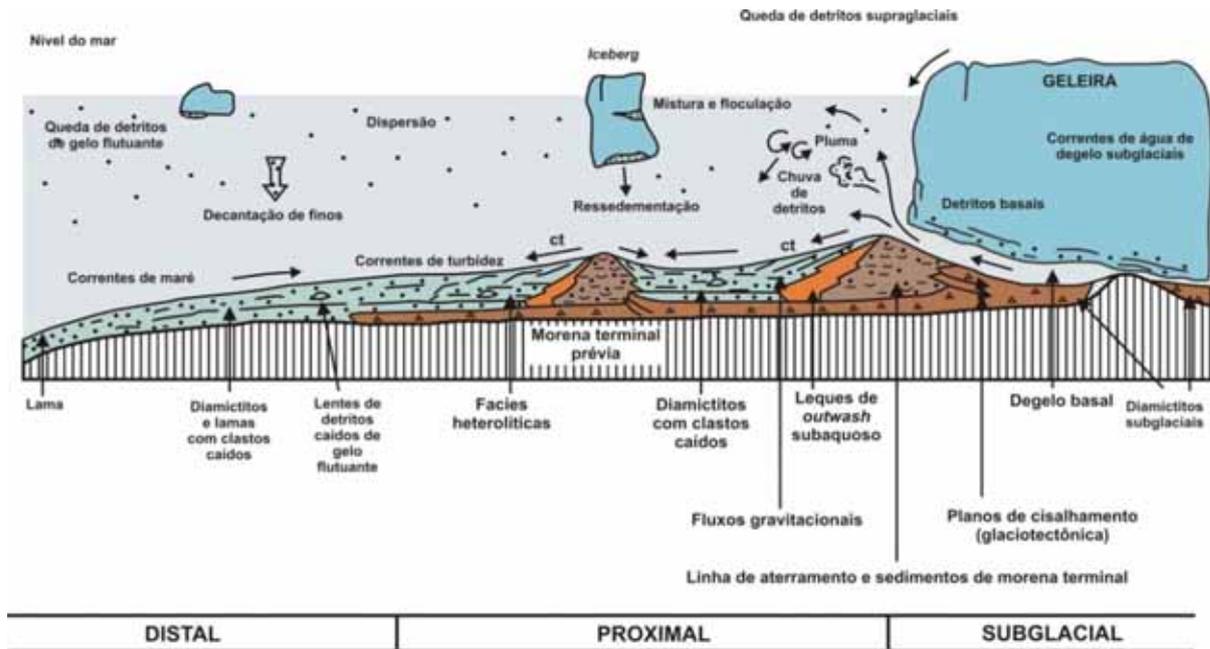


**Figura 12** - Formação e sedimentação de lagos glaciais: A) lagos em contato com a geleira; B) lagos distais (ASSINE & VESELY, 2008).

### 7.3.3 Ambiente Glácio-Marinho

Mais importante sítio de sedimentação glacial, no ambiente glácio-marinho a geleira atua como fonte de sedimentos e a deposição ocorre por processos atuantes no interior do corpo d'água. Fatores como a circulação marinha, regime térmico basal das geleiras, batimetria, energia das ondas e as características físico-químicas da água interferem na sedimentação glácio-marinha (ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000).

De acordo com sua posição em relação às geleiras, esse tipo de ambiente pode ser dividido em três tipos: 1) subglacial (processos de depósitos diretamente vinculados à dinâmica da geleira); 2) proglacial proximal (os processos sofrem grande influência da margem da geleira); 3) proglacial distal (onde dominam os processos marinhos). A figura 13 exhibe esses três ambientes de sedimentação com as fácies associadas.



**Figura 13** - Ambientes de sedimentação glácio-marinhos (modificada de HART & ROBERTS, 1994, por ASSINE & VESELY, 2008).

No ambiente glácio-marinho proximal há o contato direto do gelo com o mar fazendo com que os fluxos gravitacionais de massa provenientes das próprias geleiras penetrem diretamente no corpo de água marinho. Depósitos típicos desse ambiente são leques submarinos de seixos e areias, diamictitos, lamas e *till*. Esses depósitos exibem deformações glácio-tectônicas (ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000).

No ambiente glácio-marinho distal os depósitos mais comuns são relacionados à sedimentação de partículas em suspensão e chuvas de detritos (*rain-out*) liberados pelos icebergs. Ocorrem processos de baixa energia sendo mínima a influência da geleira. Os depósitos possuem alto potencial de preservação uma vez que ocorrem em grandes profundidades (ROCHA-CAMPOS & SANTOS, 2000).

## 8 ANÁLISE DE FÁCIES

Durante o levantamento das seções colunares nas atividades de campo, procurou-se identificar e caracterizar as fácies sedimentares com base nos atributos que a definem, como textura, estrutura, litologia e geometria dos corpos. As fácies foram classificadas segundo o código de Miall (1978, *apud* MIALL, 1985) tendo a tabela abaixo os principais tipos de fácies presente na área de estudo permitindo uma visualização rápida (Tabela 3):

**Tabela 3** - Fácies reconhecidas na área de estudo

<b>Fácies</b>	<b>Descrição</b>
<b>Gm</b>	Conglomerado maciço, sustentado por matriz arenosa com seixos e blocos facetados, com gradação normal
<b>Gc</b>	Conglomerado maciço sustentado por clastos, facetados, polimíticos com predominância de quartzo, granito, quartzito e clastos ocasionais de argila intraformacional
<b>St</b>	Arenito fino a grosso com estratificação cruzada acanalada
<b>Sr</b>	Arenito muito fino a grosso, com laminação ou estratificação cruzada cavalgante (climbing ripple) e marcas onduladas
<b>Sh</b>	Arenito fino a médio com laminação/estratificação plano-paralela
<b>Sm</b>	Arenito fino a médio maciço, com clastos dispersos
<b>Fl</b>	Lamito com laminação plano paralela, presença de clastos dipersos
<b>Fm</b>	Lamito maciço

## 8.1 Descrição das Fácies

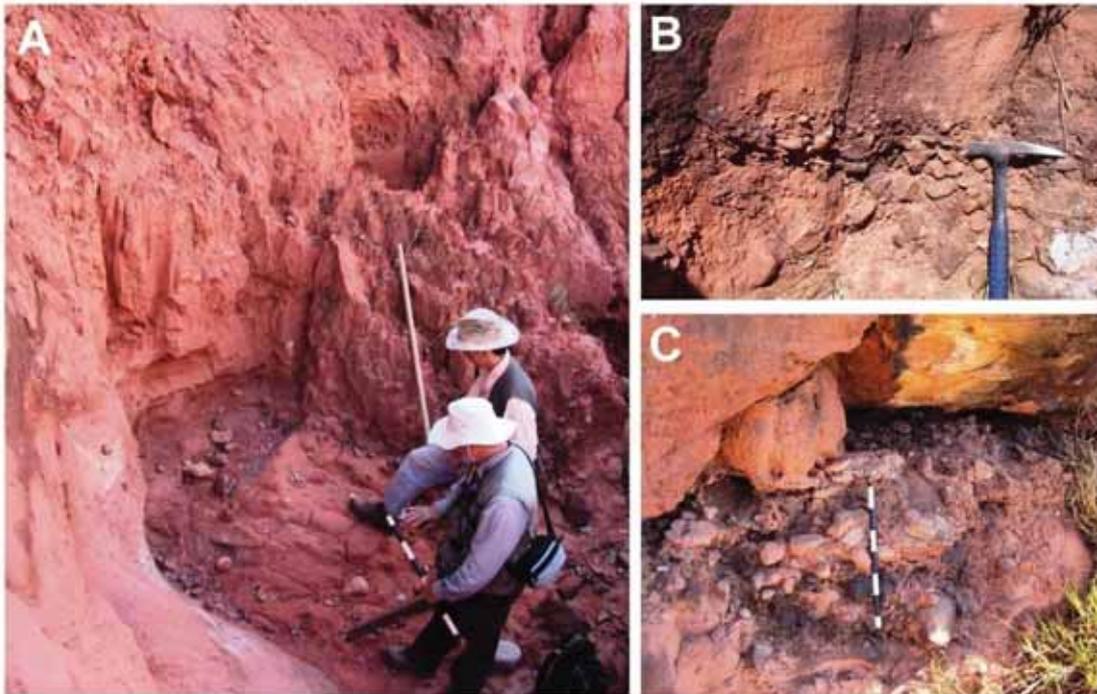
### Conglomerado maciço sustentado por matriz (Gm)

Esta fácies é pouco expressiva. Manifesta-se com espessura média de 50 a 70 centímetros, e não ultrapassa 1,5 metro. O conglomerado é sustentado por matriz de areia média a grossa de composição quartzo feldspática. Os clastos são de litologias diversas (polimíticos), quartzo, quartzito, xisto, granito, e intraclastos argilosos denotando caráter erosivo dos fluxos. Esses clastos são centimétricos a decimétricos, arredondados a angulosos e muitas vezes facetados (Figura 14 a). Por vezes, podem apresentar gradação normal.

### Conglomerado maciço sustentado por clastos (Gc)

Com baixa distribuição na área de estudo, essa fácies é pouco expressiva. Semelhante a anterior, sua espessura não chega a ultrapassar 2 metros. Os clastos são polimíticos, arredondados e facetados, desde grânulos a blocos. Possuindo pouca matriz, essa é de granulometria areia média, no geral (Figura 14 b e c).

Os depósitos conglomeráticos são produzidos por fluxos hiperconcentrados onde o escape de água intersticial e forças colisionais atuam suportando os clastos (MULDER & ALEXANDER, 2001). Essas fácies estão ligadas a fluxos de detritos plásticos e turbulentos de alta energia que conseguem carregar blocos, e como observado em afloramentos no campo, com a diminuição desse gradiente, depositam-se corpos areníticos estratificados.



**Figura 14 -** A) Conglomerado maciço sustentado por matriz ( fácies Gm), sob arenito médio mal selecionado, perfil Grota das Abelhas, ponto 46. B) e C) Conglomerado maciço sustentado por clastos ( fácies Gc). Os clastos são arredondados e facetados, granulação variando de grânulo até bloco. Pontos 39, perfil Fz. São José do Paraíso, e 34, sucessivamente.

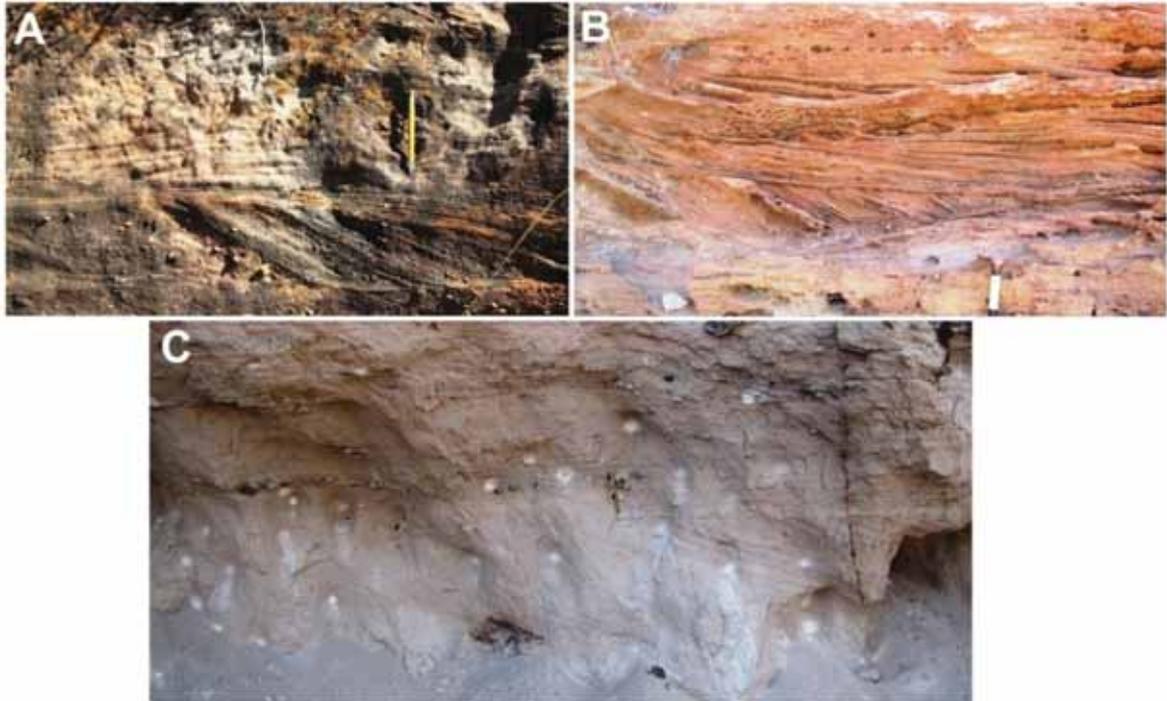
### **Arenitos com estratificação cruzada acanalada ( fácies St)**

Com uma distribuição regular em toda a área de estudo, a fácies arenito com estratificação cruzada acanalada ( fácies St) é a mais predominantes na área.

De maneira geral, apresenta-se como arenito de granulometria média, mal selecionado, formando corpos espessos ( métricos). Aparece também como arenitos grossos e finos, e por vezes, com grânulos nos foresets das estratificações cruzadas bem como seixos, facetados ou arredondados, dispersos por toda a camada. A composição geral desses arenitos é quartzo com feldspatos subordinados, denotando imaturidade desses sedimentos.

As estratificações cruzadas acanaladas são de porte métrico e o contato entre os sets é abrupto, muitas vezes erosivo, ocasionando a presença de clastos na base (Figura 15). Junto dessas estratificações podem ocorrer outras fácies arenosas como estrutura maciça e marcas onduladas.

Está fácies está associada à migração de dunas com cristas sinuosas por correntes de fundo em regime de fluxo inferior.

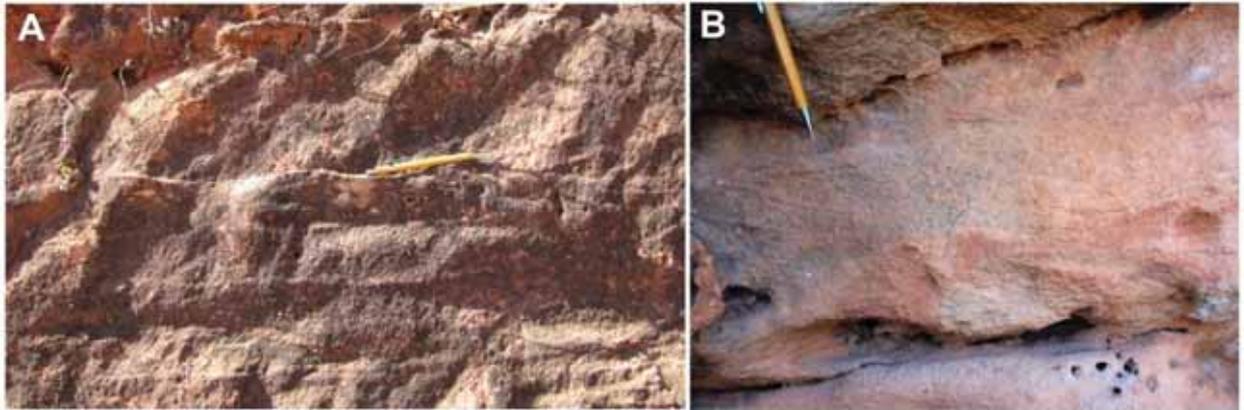


**Figura 15** - A) e B) Estratificação cruzada acanalada em arenito médio, mal selecionado, com clastos nos foresets; ponto 40, perfil Morro do Baú. C) Estratificação cruzada acanalada de porte métrico em arenito fino a médio; ponto 41.

### **Arenito com laminação cruzada cavalgante (fácies Sr)**

Ocorrendo de maneira restrita, esta fácies aparece poucas vezes nos perfis estudados. É caracterizada por arenito muito fino a grosso, de espessura métrica, presença de matriz silto-argilosa, grãos arredondados. Apresenta laminação cruzada cavalgante (*climbing ripples-cross lamination*) e marcas onduladas (figura 16). A fácies Sr aparece intercalada com as fácies Sm e Fl.

Está fácies representa a deposição de sedimentos por correntes de tração associada à suspensão em regime de fluxo inferior. A persistência deste processo gera uma repetição vertical dos sets com agradação de finas camadas.



**Figura 16** - A) Arenito grosso com marcas onduladas; ponto 39, perfil Fz. São José do Paraíso. B) Laminação cruzada cavalgante, denotada pelas linhas pretas, em arenito médio, mal selecionado; ponto 38.

### **Arenito Laminado (Fácies Sh).**

Esta fácies não possui grande expressão quantitativa, embora seja encontrada em mais de um perfil. Por vezes a laminação é indistinta. Manifesta-se, de maneira geral, na granulometria arenito fino a médio com camadas com menos de cinco metros de espessura. Nessas camadas podem ocorrer seixos dispersos, presença de matriz e por vezes lentes de arenito de granulação mais grossa, evidenciando processo de maior energia no sistema. Essa fácies é caracterizada principalmente por uma laminação ou estratificação plano paralela horizontal (Figura 17).

A fácies arenito laminado (Sh) está relacionada com correntes em regime de fluxo superior, na transição de fluxo subcrítico para supercrítico.



**Figura 17** - Arenito médio a grosso, mal selecionados, com laminação plano paralela.

### **Arenito Maciço (Fácies Sm).**

Esta fácies possui distribuição regular por toda área com camadas de espessuras centimétricas a métricas. É caracterizada por arenitos de granulometria variando de fino a grosso, como seleção variada, presença de lentes de arenito mais grosso e geralmente com seixos milimétricos a centimétricos dispersos. De composição quartzo feldspática, podem ocorrer micas em algumas camadas (perfil Copasa).

Dentro dessa fácies encontram-se estruturas de fluidificação e escape d'água gerando deformações plásticas sinsedimentares (Figura 18).

A fácies arenito maciço pode ser gerada por corrente de alta densidade com rápida deposição de sedimentos caracterizando a ausência de estruturas. Essa ausência é gerada por escape d'água na deposição.



**Figura 18** - Arenito médio, mal selecionado, presença de matriz, maciço com deformações plásticas sinsedimentares; ponto 48, trevo para Jacuí, na cidade de São Sebastião do Paraíso.

### **Lamitos Laminados (Fácies Fl)**

Esta fácies possui ocorrência abrangente na área, porém com espessuras inferiores a 5m. De coloração muito avermelhada, sua principal característica é uma forte laminação. Ocorrem associados seixos - milimétricos a decimétricos, arredondados ou facetados - ou finas lentes de arenito muito fino (Figura 19).

A fácies lamitos laminados (Fl) indica processo de baixa energia, decantação muito lenta de sedimentos oriundos de fluxo que tem sua velocidade quase nula. Pode ainda estar relacionada a depósitos externos ao canal ou canais abandonados.



**Figura 19** - Argilito/siltito fortemente laminado (Fl) com presença incipiente de clastos dispersos. Apresenta aspectos de chuva de detritos (rain out); ponto 41.

### **Finos Maciços (Fácies Fm)**

Fácies muito parecida com a anteriormente descrita, caracterizada principalmente por possuir estrutura maciça. Esta fácies ocorre de maneira muito restrita na região. Nessa fácies ainda, ocorrem seixos dispersos bem como grãos de granulometria média dispersos na matriz silto argilosa (Figura 20).

Esta fácies indica rápida deposição e pode estar relacionada com correntes de turbidez de baixa densidade.



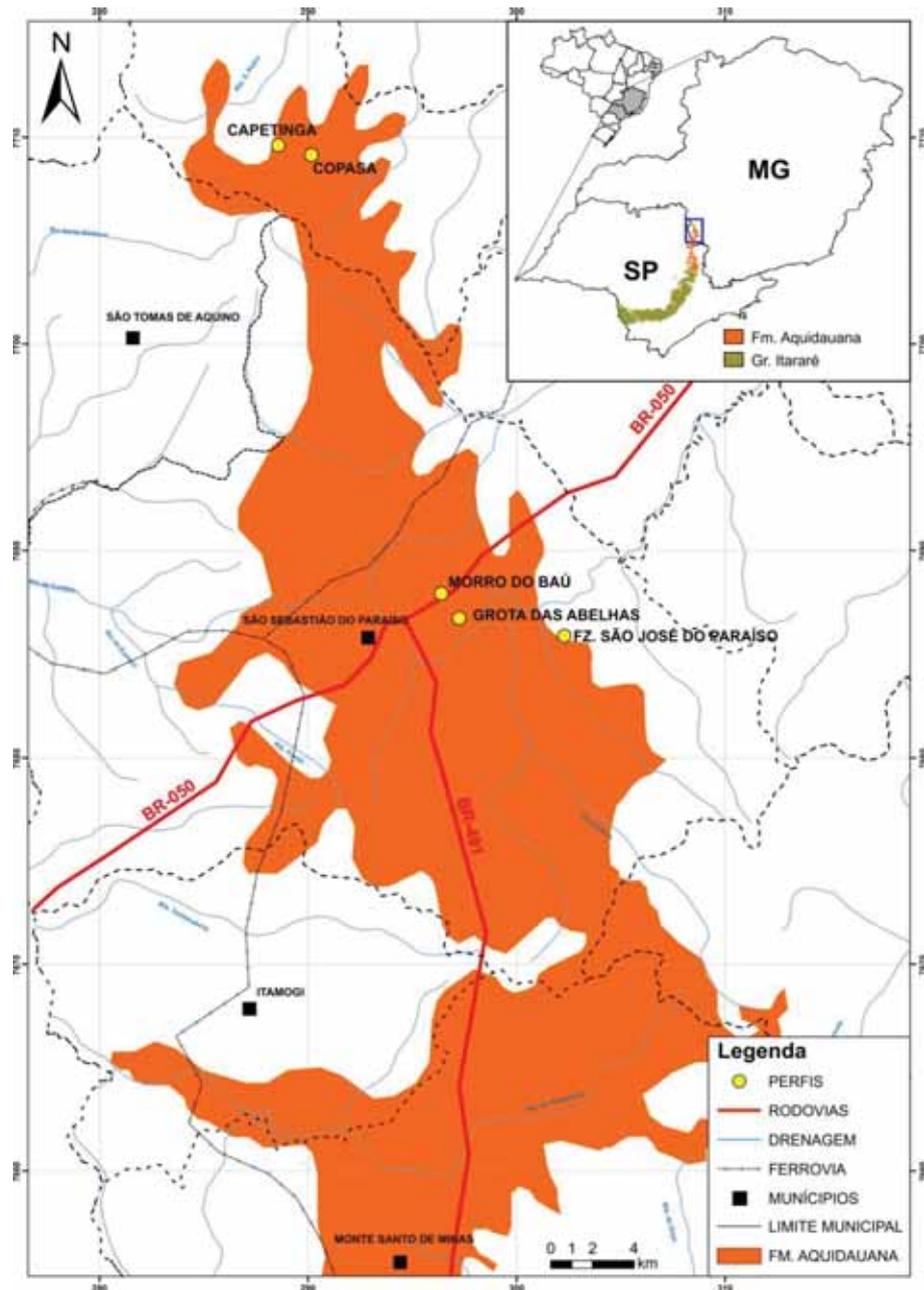
**Figura 20** - Siltito/argilito com grãos grossos dispersos. Apresenta estrutura maciça e uma esfoliação esferoidal; ponto 60.

## 9 SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS COLUNARES

As seções colunares foram levantadas com base na melhor distribuição dentro da unidade, acesso, e principalmente pela melhor exposição e continuidade vertical dos afloramentos. Os locais onde as seções da Formação Aquidauana foram levantadas estão apresentados na tabela 4 e figura 21:

**Tabela 4** - Pontos e coordenadas dos locais onde foram levantadas as seções.

<b>Ponto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Denominação da Seção</b>
<b>39</b>	302.290	7.685.866	945	Fz. São José do Paraíso
<b>40</b>	296.407	7.687.913	934	Morro do Baú
<b>46</b>	297.252	7.686.714	953	Grota das Abelhas
<b>50</b>	290.171	7.709.161	908	Copasa
<b>54</b>	288.585	7.709.626	832	Capetinga



**Figura 21** - Mapa de localização das seções levantadas na Formação Aquidauana.

A seguir são apresentadas as seções estratigráficas levantadas em campo e pranchas com as fotografias representativas de alguns intervalos.

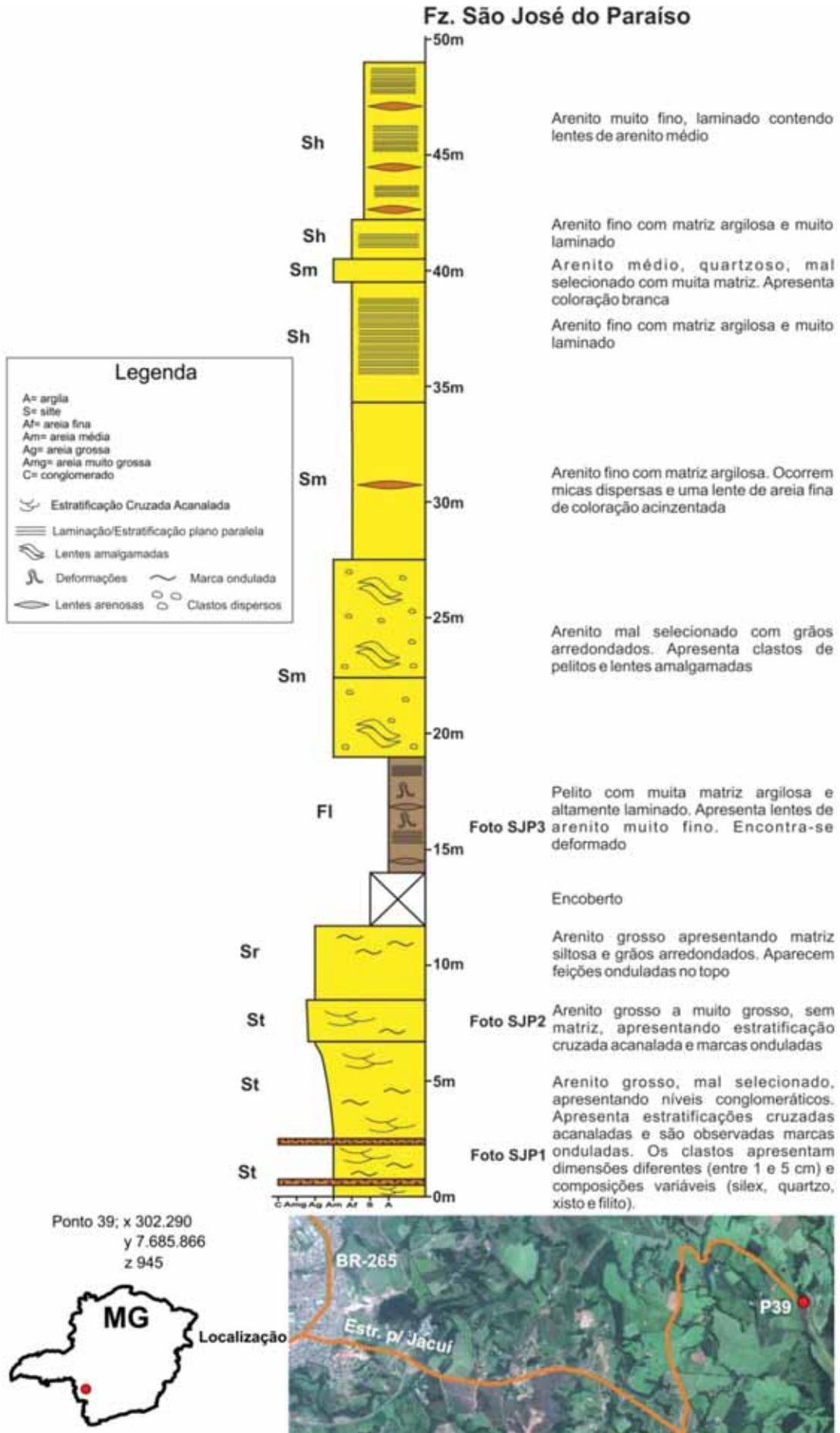


Figura 22 – Seção estratigráfica Fz. São José do Paraíso.



**Figura 23** – Fotos representativas de alguns intervalos da seção anterior. **Foto SJP1:** Nível de conglomerado na base com clastos polimíticos (sílex, quartzito, xisto, argilito), seguido por arenito grosso, mal selecionado, com estratificação cruzada acanalada. **Foto SJP2:** Arenito grosso com estratificação cruzada acanalada e marcas onduladas. **Foto SPJ3:** Pelito avermelhado, deformado com lentes de arenito muito fino.

# Morro do Baú

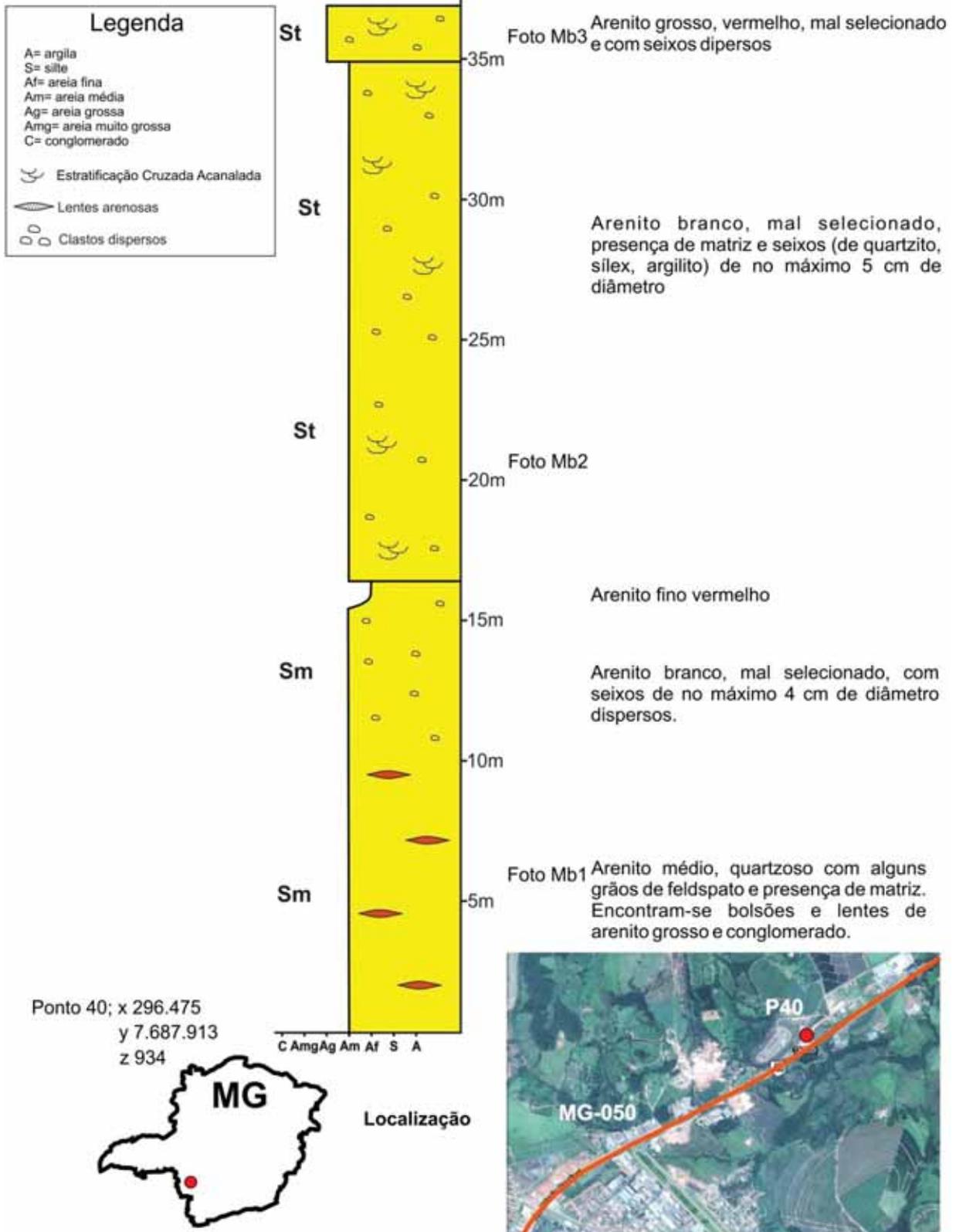


Figura 24 – Seção estratigráfica Morro do Baú.



**Figura 25** – Fotos representativas de alguns intervalos da seção anterior. **Foto Mb1:** Lente de arenito grosso sobre superfície de reativação, com gradação normal, intercalada em arenito médio. **Foto Mb2:** Arenito médio/grosso, base areno/conglomerática (superfícies de reativação), com estratificação cruzada acanalada de porte métrico. **Foto Mb3:** Arenito grosso com clastos dispersos, com multi-acanalamento e estratificação cruzada acanalada de porte métrico.

## Grota das abelhas

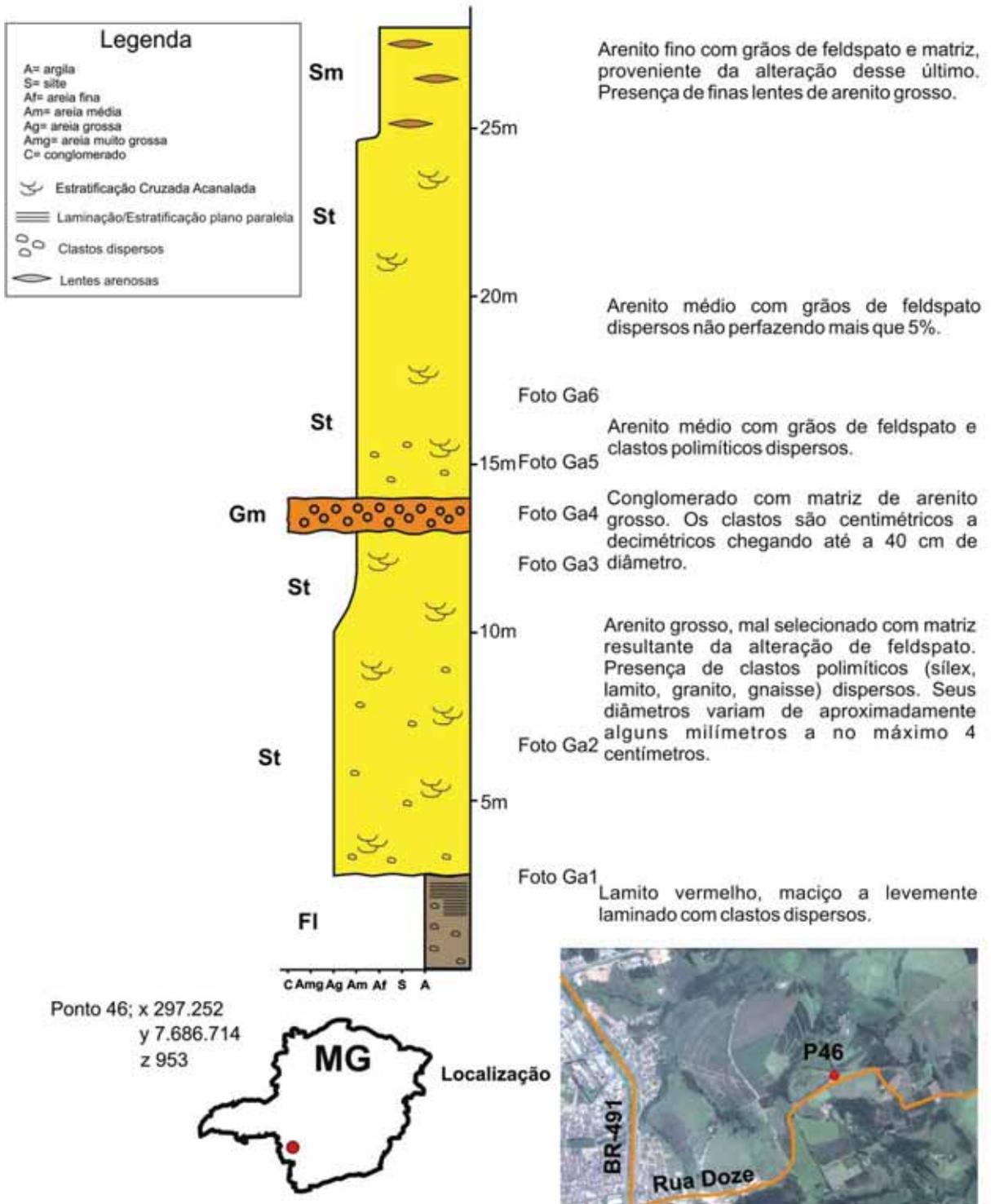


Figura 26 – Seção estratigráfica Grota das Abelhas.



**Figura 27** – Fotos representativas de alguns intervalos da seção anterior. **Foto Ga1:** Contato (superfície de erosão) entre lamito vermelho levemente laminado na parte inferior e arenito grosso, mal selecionado, com clastos de lamitos dispersos indicados pelas setas. **Foto Ga2:** Arenito grosso, mal selecionado, com matriz argilosa e grânulos dispersos. **Foto Ga3:** Visão parcial do afloramento, com destaque para o arenito avermelhado com estratificação cruzada acanalada de porte métrico. **Foto Ga4:** Contato (indicado pela linha tracejada) do arenito médio com clastos dispersos com o nível conglomerático (as setas indicam alguns clastos com maior diâmetro – cerca de 40 cm). Escala humana sobre o afloramento. **Foto Ga5:** Estratificação cruzada acanalada no arenito médio. **Foto Ga6:** Estratificação cruzada acanalada no arenito médio.

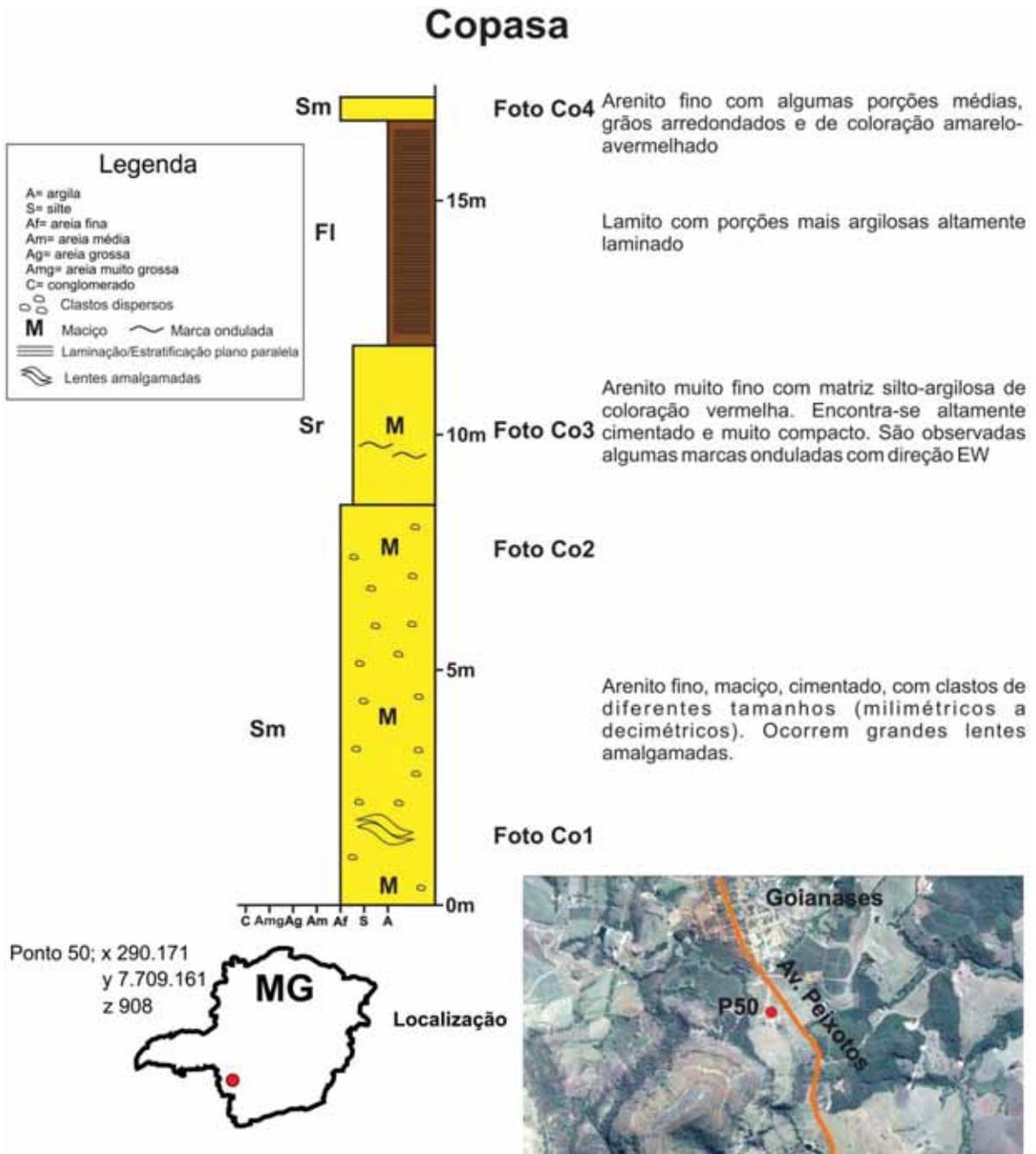
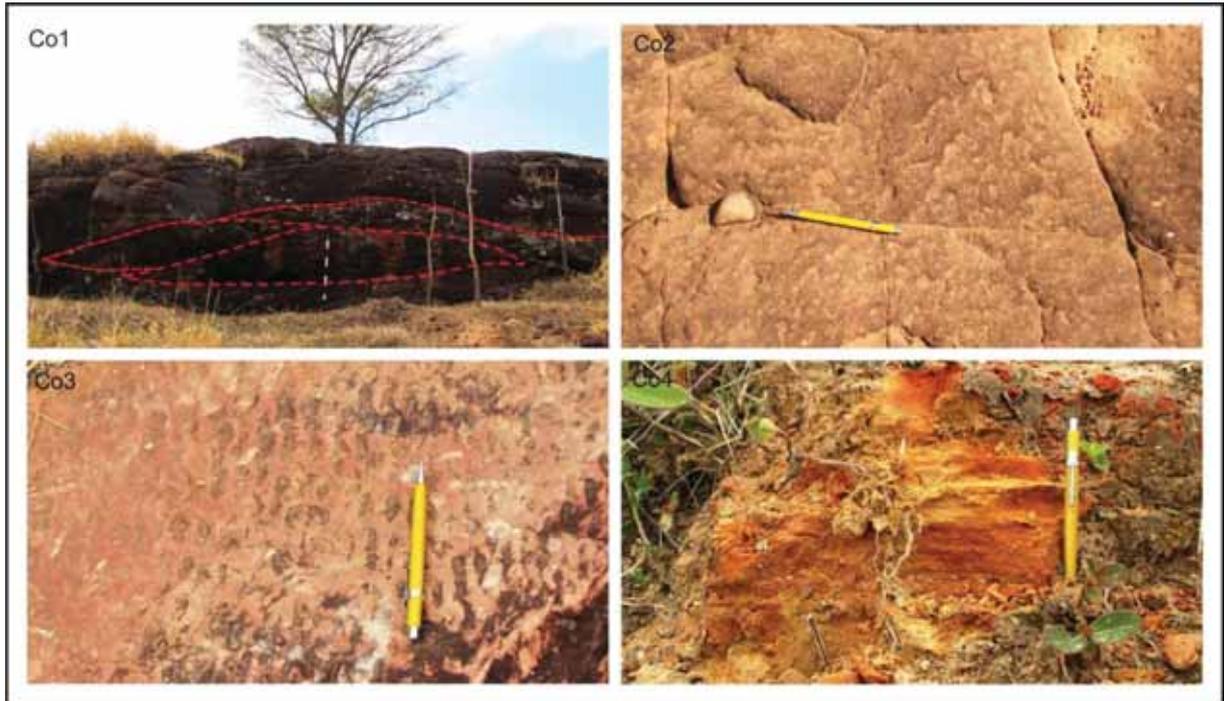


Figura 28 – Seção estratigráfica Copasa.



**Figura 29** – Fotos representativas de alguns intervalos da seção anterior. **Foto Co1:** Arenito fino, maciço, cimentado, com clastos dispersos. As linhas vermelhas tracejadas indicam lentes amalgamadas. **Foto Co2:** Arenito fino, maciço, com seixos dispersos. **Foto Co3:** Arenito muito fino com matriz silto argilosa, de coloração avermelhada, cimentado e muito compacto. Notar marcas onduladas com cristas EW. **Foto Co4:** Arenito médio, mal selecionado, característico do topo do perfil.

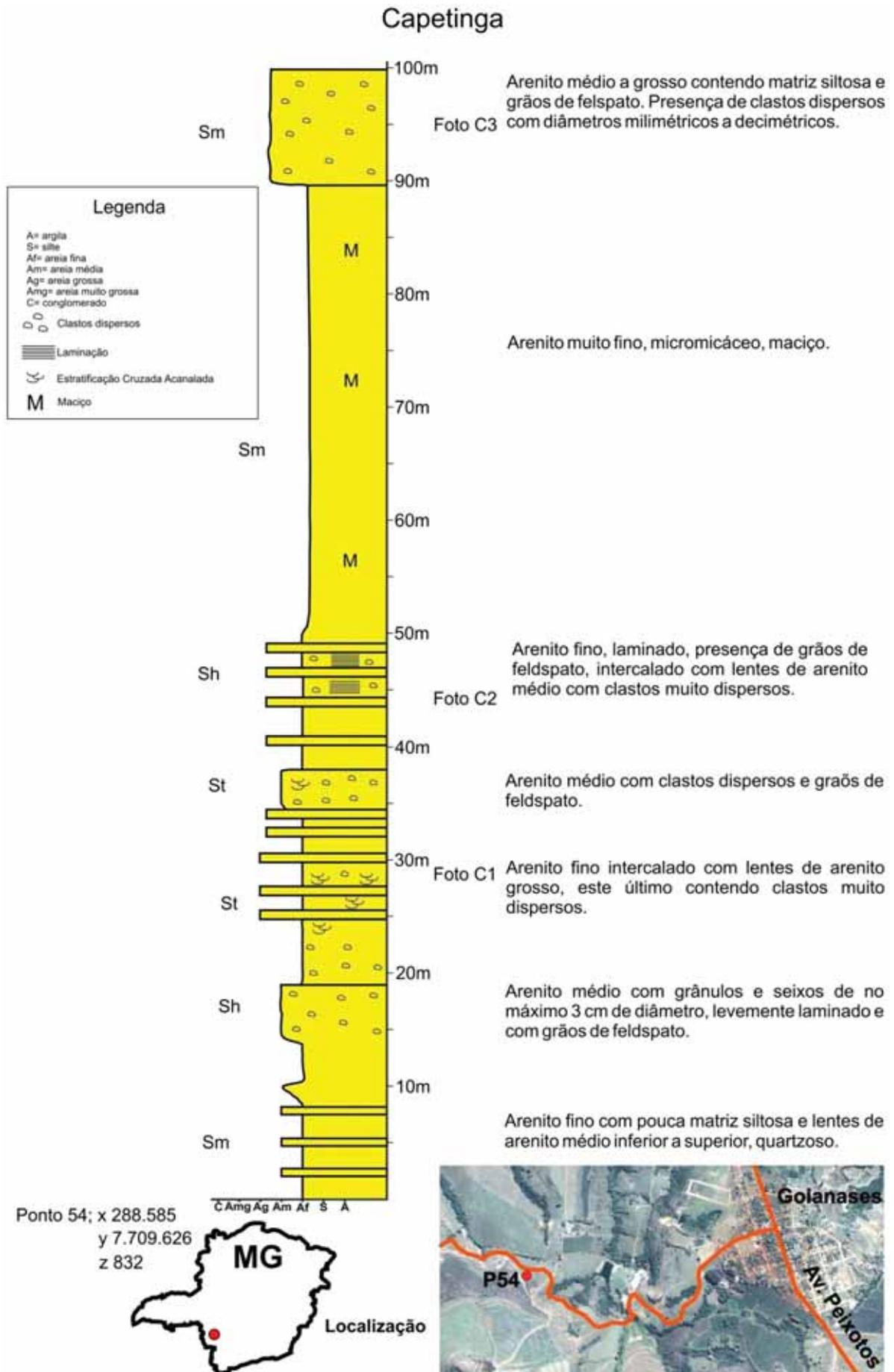
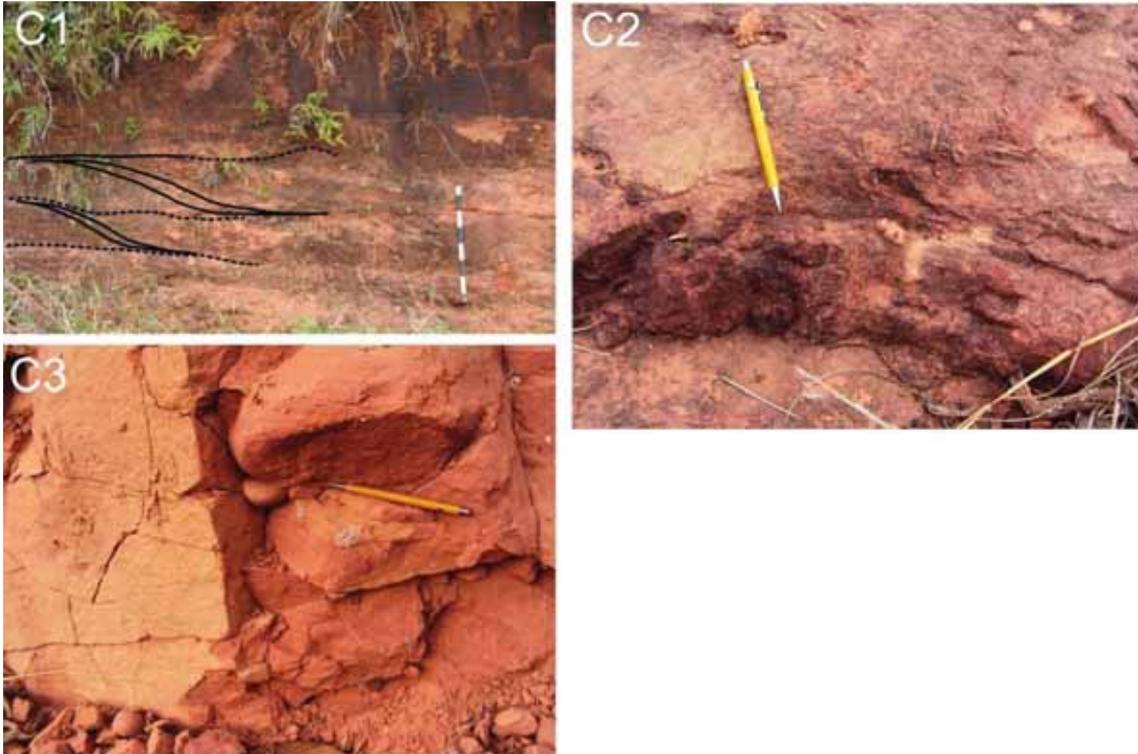


Figura 30 – Seção estratigráfica Capetinga



**Figura 31** – Fotos representativas de alguns intervalos da seção anterior. **Foto C1:** Nível de arenito grosso na base com estratificação cruzada acanalada e clastos dispersos. **Foto C2:** Arenito fino, levemente laminado com clastos muito dispersos. **Foto C3:** Arenito médio a grosso, levemente feldspático, com matriz siltosa e clastos dispersos com diâmetro milimétrico a decimétrico.

## 10 CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA

Em ambientes glaciais há uma grande dificuldade em correlacionar as seções estratigráficas verticais uma vez que esse tipo de ambiente exibe uma grande descontinuidade lateral de suas litofácies, além da complexa relação dos processos geradores. Na área estudada não se conseguiu definir um datum estratigráfico que pudesse auxiliar na correlação, uma vez que nas seções levantadas não se tem o contato com o embasamento e unidades subjacentes.

Para a presente correlação estratigráfica tomou-se como critério semelhanças faciológicas e tendências de aporte sedimentar, como granodecrescência ascendente, por exemplo. Ressalta-se que esta correlação é apenas uma tentativa, servindo como sugestão para trabalhos futuros com um controle estrutural adequado e possíveis datações.

O resultado dessa correlação pode ser visto nas figuras 32 e 33.

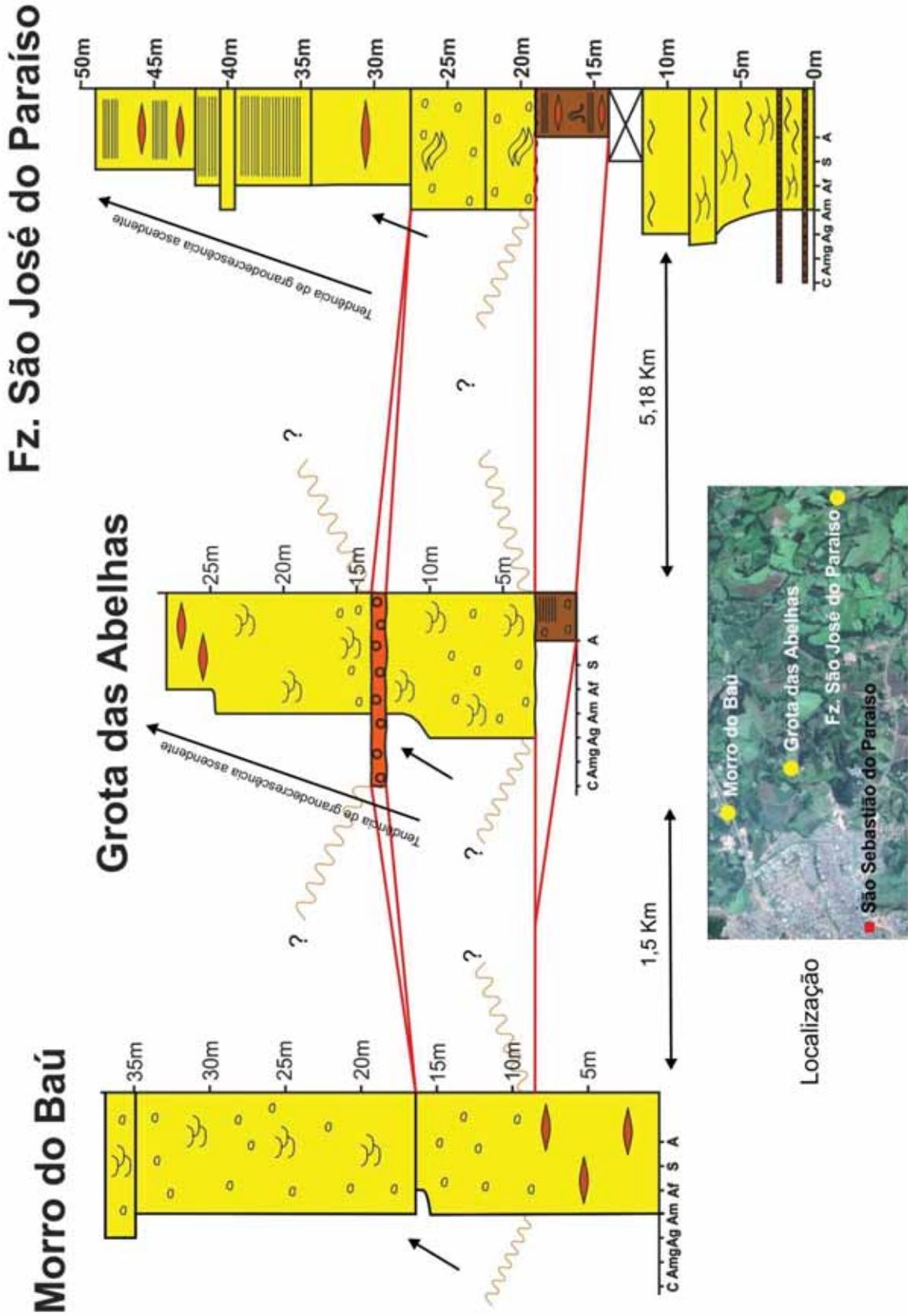


Figura 32 - Correlação estratigráfica entre as seções Morro do Baú, Grota das Abelhas e Fz. São José do Paraíso com possibilidades de multi-acanalamentos.

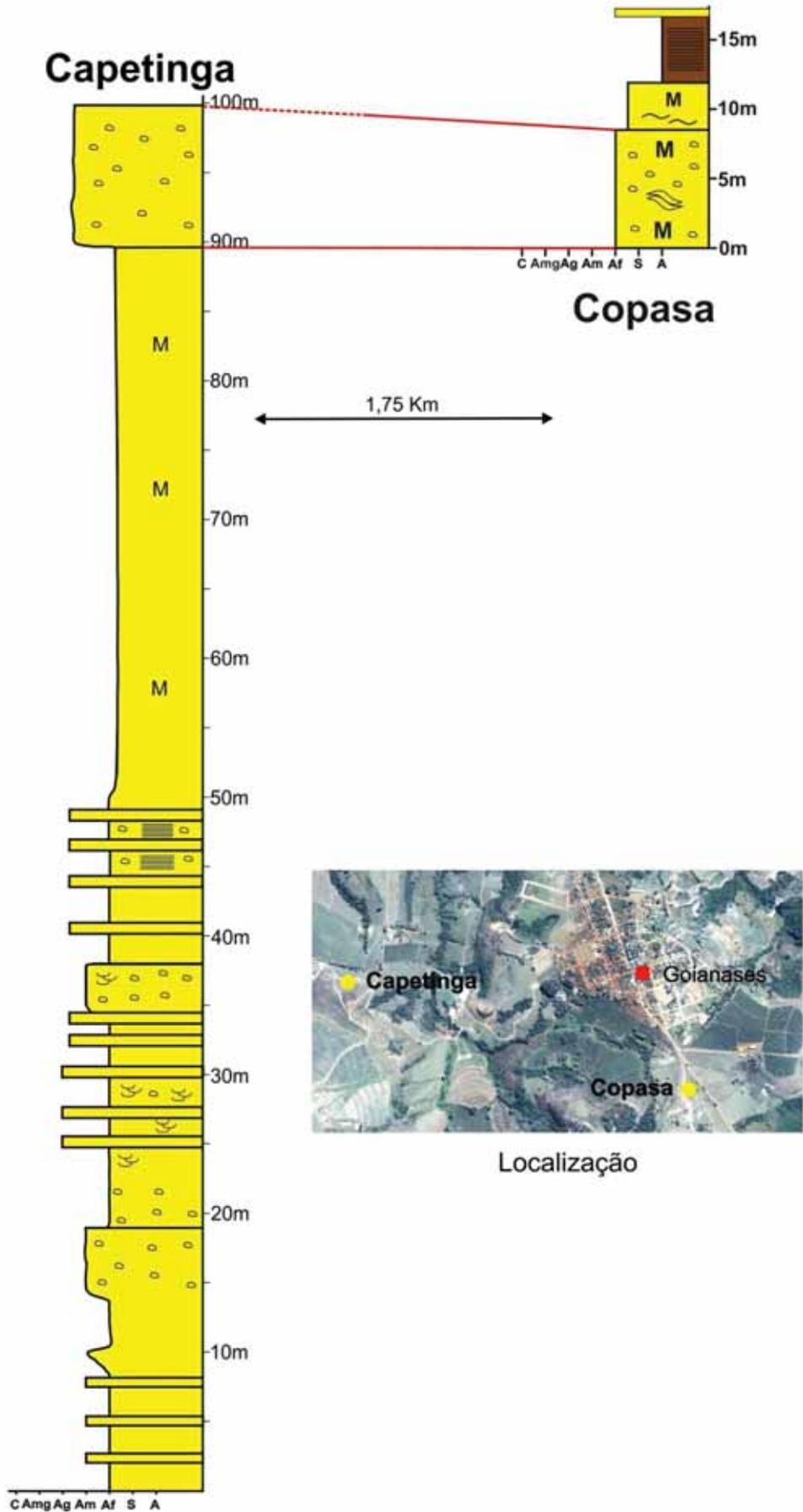


Figura 33 - Correlação estratigráfica entre as seções Capetinga e Copasa.

## 11 AMBIENTE DEPOSICIONAL

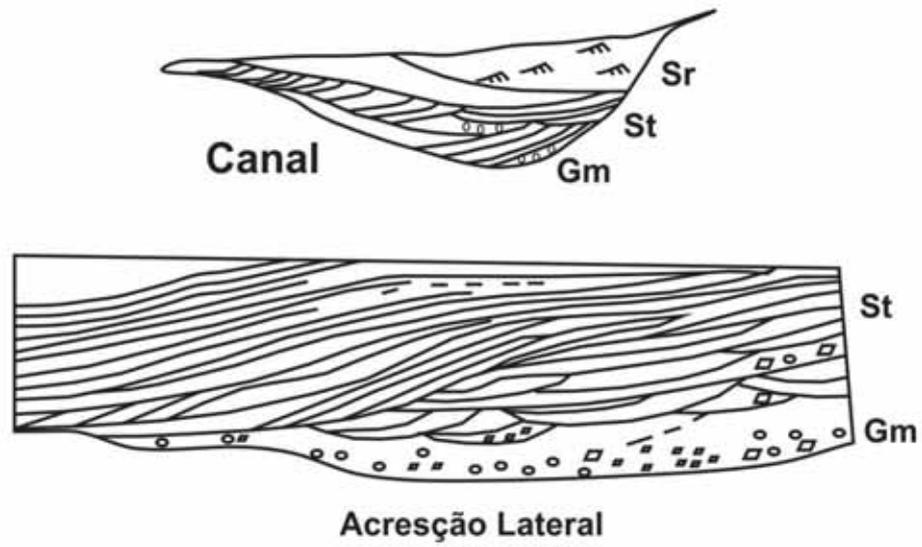
Na área estudada, observa-se uma predominância muito grande de fácies arenosas. Estas possuem uma variação granulométrica, que no geral, varia desde fino a grosso e que, dentro do empilhamento vertical nas seções levantadas, tem-se nitidamente uma granodecrescência ascendente.

As relações verticais das fácies sugerem um ambiente flúvioglacial, caracterizado por sistemas aluviais formados por água de degelo que transportam os sedimentos. Segundo Assine e Vesely (2008), esses sedimentos depositam-se em planícies na frente da geleira denominadas outwash. São formadas por areia e cascalho.

A dinâmica do sistema flúvio-glacial está relacionada diretamente com o avanço e recuo da margem da geleira, sendo nesse último processo, disponibilizada grande quantidade de sedimentos e água gerando os fluxos.

Na medida em que os fluxos são canalizados a jusante, as planícies aluviais de outwash transicionam para rios entrelaçados que formam uma rede de canais interconectados separados por barras arenosas ou cascalhosas. Esses rios são rasos e mudam de posição constantemente (SMITH, 1985). Duas das fácies mais típicas de rios entrelaçados são arenitos e conglomerados com estratificação cruzada.

Analisando-se as seções levantadas da Formação Aquidauana na área de estudo tende-se a enquadrá-las no modelo supracitado (de maneira parcial) uma vez que a sucessão vertical de fácies como Gm-St (Grota das Abelhas), Sh-St, Sh-Sm (Capetinga) e Sm-Sr-Fl (Copasa) denotam uma diminuição de energia no sistema caracterizando uma granodecrescência ascendente. Corroboram também a presença de elementos arquiteturais como barras sigmoides e lentes amalgamadas formadas pela acreção lateral do leito. A figura abaixo exemplifica os elementos arquiteturais e suas respectivas fácies relacionadas como modelo (Figura 34).



**Figura 34** - Preenchimento de canal e Acresção lateral (modificado de Miall, 1988).

A proximidade com geleiras pode ser aventada pela presença de arenitos imaturos, clastos facetados e caídos e chuva de detritos – *rain out* (Figura 35).



**Figura 35** - Clastos polimíticos facetados – abrasão na base da geleira

## 12 DESCRIÇÃO DE LÂMINAS DELGADAS

Para uma melhor caracterização, foram confeccionadas lâminas delgadas de algumas amostras. Procurou-se analisar a mineralogia presente, textura dos grãos, estrutura, porosidade, presença de fluídos, dentre outros. As lâminas estão nomeadas de acordo com o ponto onde foram coletadas.

**Lâmina P35** – Rocha com grãos inequigranulares, granulometria variando de 0,1 a 1 mm, com duas modas distintas, sendo uma mais fina, de 0,3 mm, e outra mais grossa, de 0,7 mm. No geral, os grãos possuem arestas arredondadas e baixa esfericidade. Os contatos entre os grãos são lobulares e pontuais. A rocha possuía uma porosidade inicial alta, com poros conectados, que posteriormente foi preenchido por matriz e percolação de fluido alcalino.

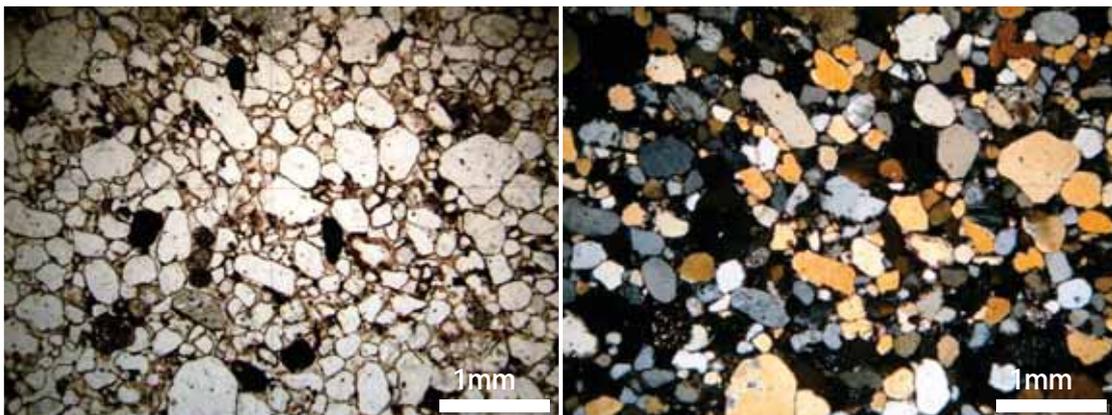
Quartzo perfaz 83% da lâmina, possui extinção ondulante, sem inclusões fluídicas. Encontram-se ainda cristais de quartzo policristalinos (três cristais).

Feldspato K, microclínio: perfaz 12% da lâmina, se apresenta algumas vezes alterado, saussoritizado. Alguns cristais estão recristalizados com borda em descontinuidade óptica.

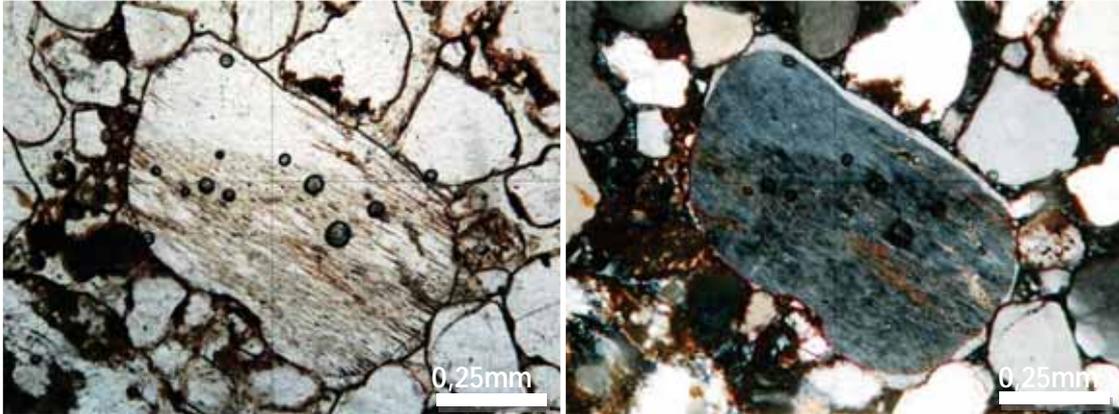
O plagioclásio perfaz 5% da rocha, em sua maioria, oligoclásio e albita. Os mais cálcicos estão muito saussoritizados.

Como minerais traços aparecem zircão e micas muito finas.

**Classificação:** Subarcósio.



**Figura 36** - Fotomicrografia mostrando aspecto geral da rocha, distribuição, grau de seleção e contatos dos grãos. Nicóis descruzados e cruzados, aumento de 25x.

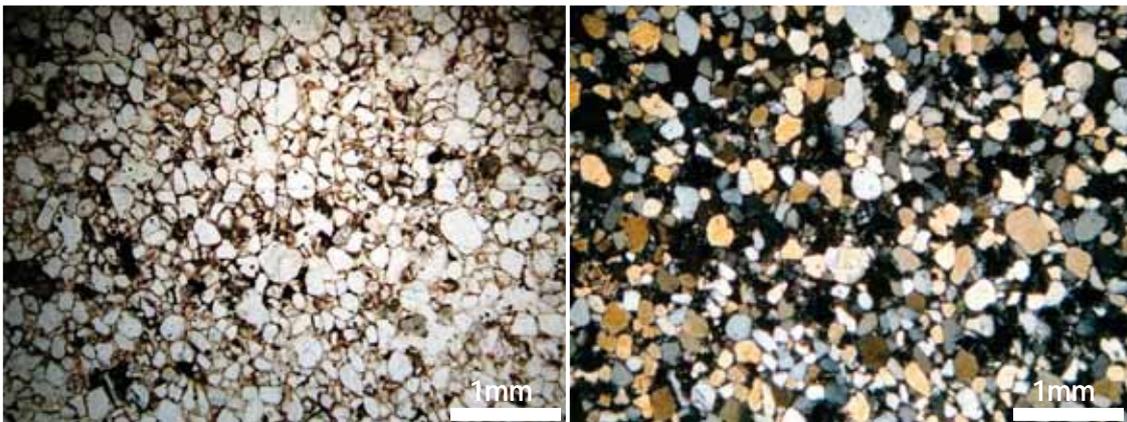


**Figura 37** - Fotomicrografia mostrando borda de recristalização em feldspato K. Nicóis descruzados e cruzados, aumento de 100x.

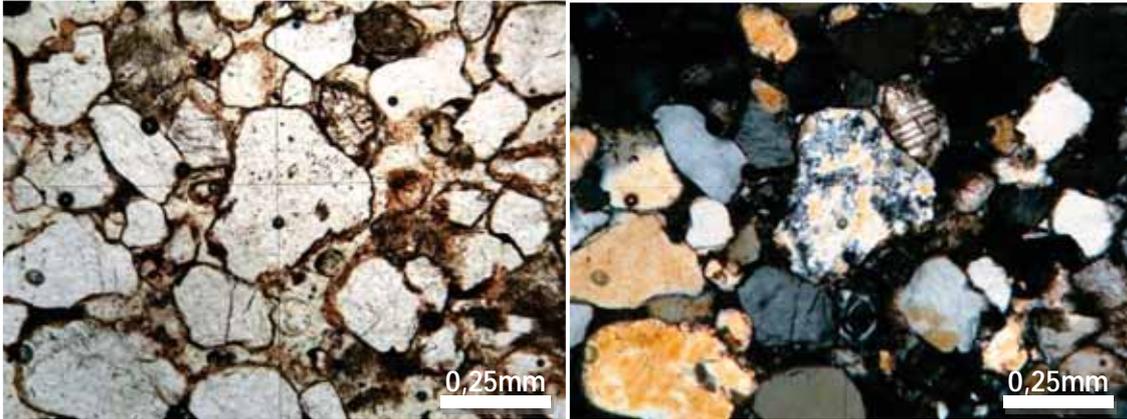
**Lâmina P36** – Rocha com grãos medianamente selecionados, granulometria com moda em 0,25 mm. Os grãos possuem contatos lobulares em sua maioria e também pontuais.

Mineralogicamente é composta por quartzo (87%) sendo alguns deles policristalinos (quartzitos), feldspato K, ortoclásio e microclínio (9%) não apresentando feições de recristalização; e plagioclásio (4%). A lâmina possui muita matriz e os grãos de feldspato K e plagioclásio estão muito saussoritizados.

**Classificação:** Subarcósio.



**Figura 38** - Fotomicrografia mostrando aspecto geral da rocha, feição dos grãos e seleção granulométrica. Nicóis descruzados e cruzados, aumento de 25x.



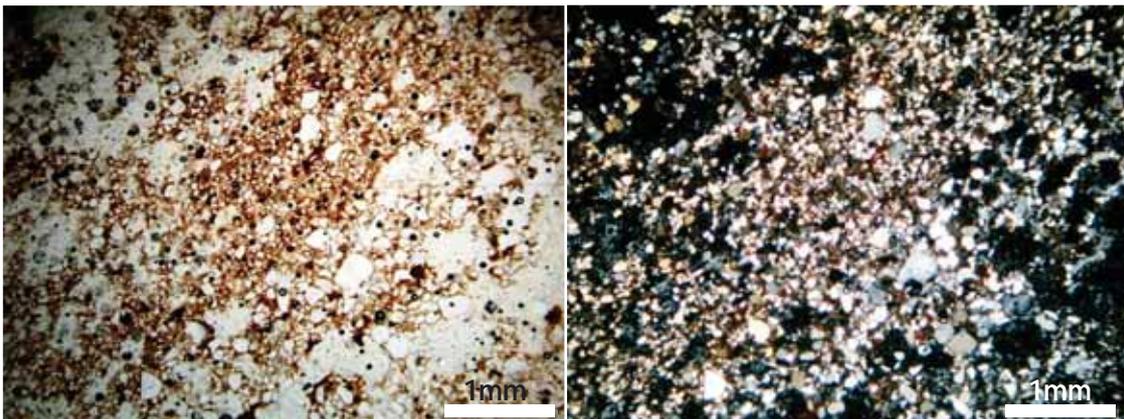
**Figura 39** - Fotomicrografia mostrando ao centro, no cruzamento dos retículos, cristal de quartzo policristalino (quartzito). Nicóis descruzados e cruzados, aumento de 100x.

**Lâmina P46** – Rocha com grãos medianamente selecionados, granulometria média de 0,1 mm. Observa-se uma leve isotropia, porém a lâmina possui muitos buracos e bolhas prejudicando a análise. Os grãos se conectam por contatos lobulares em sua maioria e também por contato pontual.

Mineralogicamente a rocha é composta por quartzo (85%), alguns com sobrecrecimento, feldspato K (10%), plagioclásio – albita a andesina (5%), como minerais traços aparecem zircão, finas micas e turmalina.

Observa-se percolação de fluido rico em ferro que se depositou nos poros. Antes da percolação do fluido, alguns grãos de quartzo já exibiam capeamento por óxido de ferro.

**Classificação:** Subarcósio.



**Figura 40** - Fotomicrografia caracterizando uma textura mais fina e a presença de oxi/hidróxido de ferro disperso por quase toda a lâmina. Nicóis descruzados e cruzados, aumento de 25x.

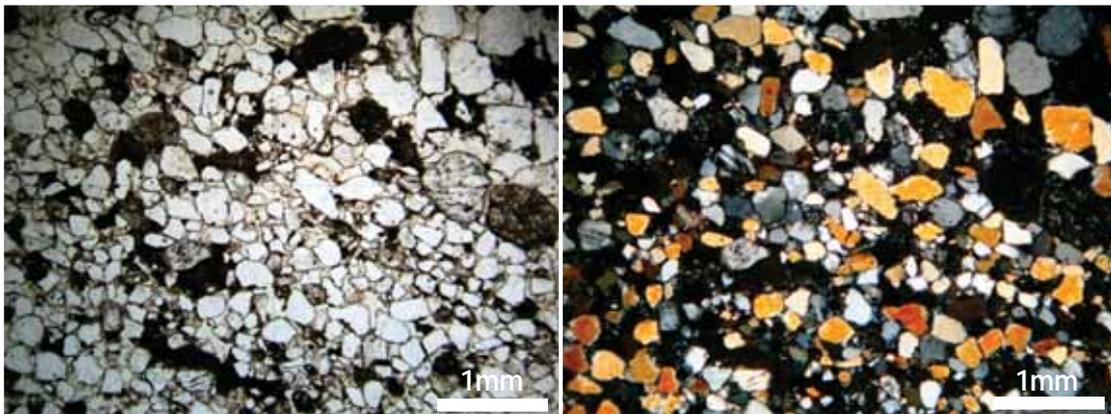
**Lâmina P47** – Rocha inequigranular apresentando duas modas sendo uma mais fina, de 0,1 a 0,6 mm, e outra mais grossa, 0,7 a 1mm. No geral, os cristais são subarredondados a angulosos. Em algumas porções da lâmina é possível identificar uma leve orientação dos

minerais mais alongados/ovalados. A porosidade existente é intercrystal, quando esta não se encontra preenchida por óxido de ferro.

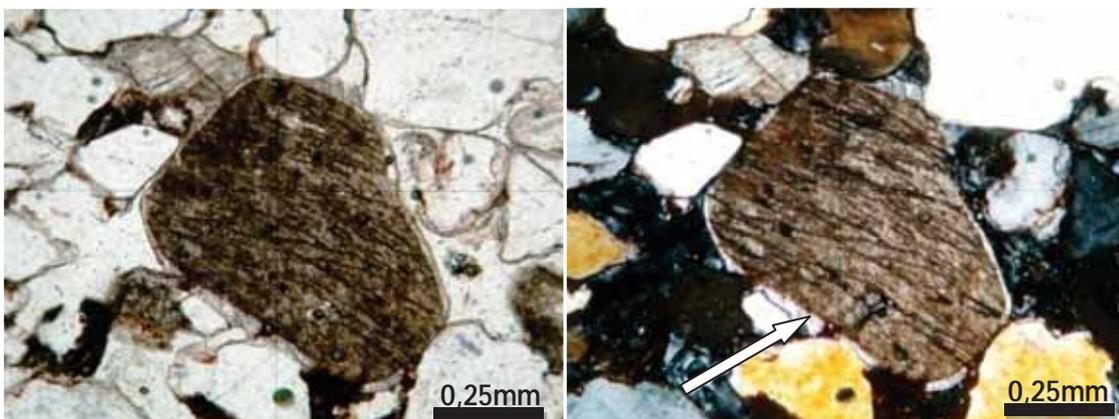
Mineralogicamente é composta por quartzo (85%), feldspato – microclínio (10%), óxido de ferro (5%) e muscovita (traço).

O quartzo ocorre como mineral principal, com formas mais arredondadas e, às vezes, mais alongadas. No geral, apresenta extinção ondulante. Há a presença em pequena quantidade de quartzo policristalino. O feldspato K é representado pelo microclínio, apresentando geminação em grade tendo alguns deles feições de recristalização. A muscovita ocorre sob a forma de placas alongadas, em alguns casos levemente dobradas. O óxido de ferro ocorre nos poros da rocha associado à percolação de fluido. Observa-se também a presença desse óxido entre o cristal e a “capa” de recristalização.

**Classificação:** Subarcósio.



**Figura 41** - Fotomicrografia mostrando aspecto geral da rocha, feição dos grãos e seleção granulométrica. Nicóis descruzados e cruzados, aumento de 25x.



**Figura 42** - Fotomicrografia mostrando feição de recristalização em feldspato. Atentar para a camada muito delgada, na parte inferior, entre a “capa” de recristalização e o mineral, observa-se a deposição de óxido de ferro, (indicado pela seta) anterior ao depositado pela passagem de fluido rico em Fe. Nicóis descruzados e cruzados, aumento de 100x.

**Lâmina P50:** Rocha inequigranular com grãos variando de 0,2 a 1mm apresentando muita matriz. Os minerais encontram-se dispersos de forma caótica e suas morfologias variam de subarredondados, na maior parte, até angulosos. O contato entre os grãos é lobular a pontual. É composta principalmente por quartzo (80%), feldspato (10%), óxido de ferro (10%) e pequena quantidade de plagioclásio e muscovita (traço).

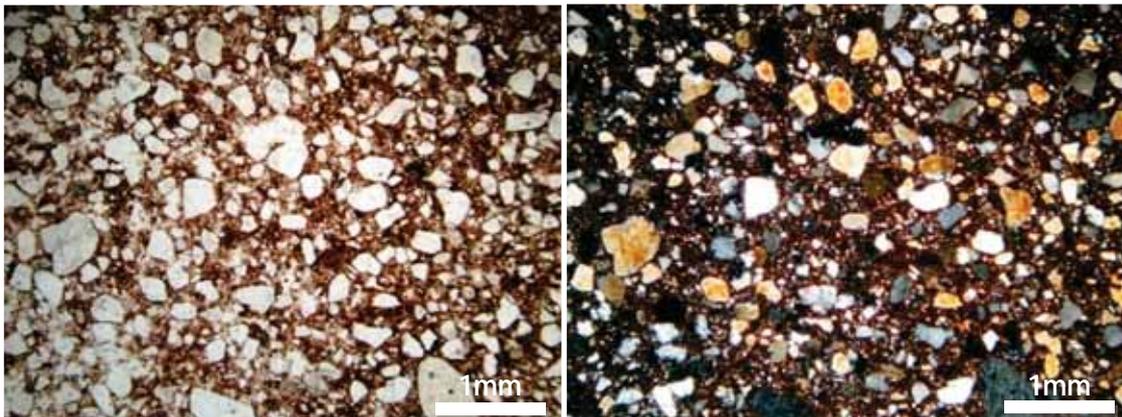
O quartzo ocorre em maior quantidade, apresenta extinção ondulante, provavelmente preservado da rocha pretérita. Há alguns grãos policristalinos.

Os cristais de feldspato são caracterizados por microclínio, apresenta geminação em grade. Em alguns casos ocorrem fraturados preenchidos por óxido de ferro.

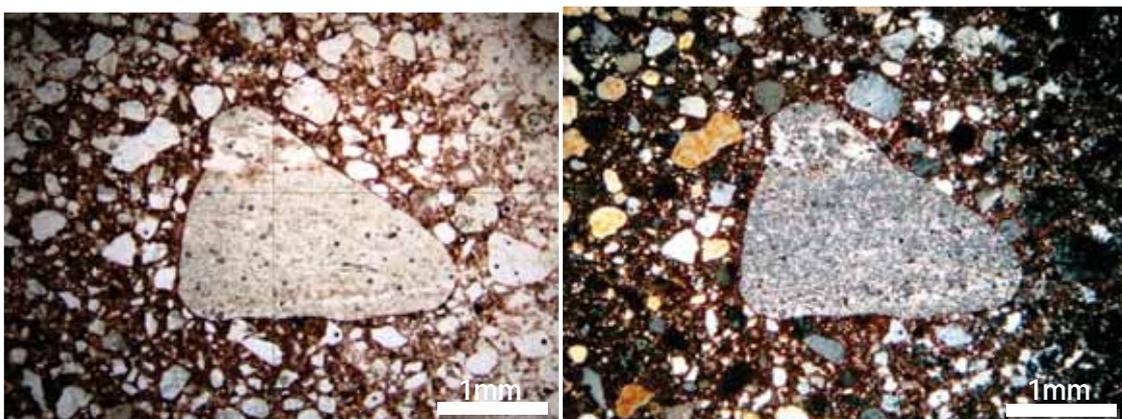
Preenchendo os poros e fraturas está o óxido de ferro, disperso por toda a lâmina.

A muscovita e o plagioclásio ocorrem como minerais traço, a primeira apresentando-se sob a forma de pequenas placas enquanto o segundo apresenta geminação do tipo Carlsbad.

**Classificação:** Subarcósio.



**Figura 43** - Fotomicrografia mostrando aspecto geral da rocha, a distribuição dos grãos, seleção granulométrica, morfologia e a grande presença de matriz e óxido de ferro. Nicóis descruzados e cruzados, aumento de 25x.



**Figura 44** - Fotomicrografia mostrando quartzo policristalino que se destaca pelo seu grande tamanho. Nicóis descruzados e cruzados, aumento de 25x.

## 12.1 Interpretação e discussão do resultado das análises petrográficas

As lâminas analisadas apresentaram uma mineralogia muito semelhante, sendo composta basicamente por quartzo, em maior quantidade, feldspato K, plagioclásio, variando desde albita a andesina, muscovita em finas lamelas, e os minerais traços como zircão e turmalina. A presença de quartzo policristalino em algumas lâminas indica rocha fonte de litologias diferentes, no mínimo duas, sendo uma de composição mais granítica e outra metamórfica (como um quartzito, por exemplo).

A granulometria das rochas varia em sua grande maioria, sendo a dispersão não muito grande (Fl a Gc). Esse fato atenta que o processo de transporte era ineficiente quanto à seleção do material.

Observou-se uma porosidade inicial alta na maioria das lâminas, caracterizada por poros interconectados, tendo os grãos contatos pontuais a lobulares. Essa porosidade facilitou a passagem de fluido que trouxe grande quantidade de óxido de ferro e um pouco de matriz. As rochas que já tinham matriz dispersa ficaram muito mais avermelhadas, pois dificultavam a passagem do fluido favorecendo a precipitação.

O fluido possuía características alcalinas uma vez que propiciou a recristalização dos feldspatos K. Os minerais mais cálcicos, como a andesina, ficaram instáveis quimicamente e foram os que mais se apresentavam alterados/saussoritizados.

Pode-se inferir, que antes da percolação deste fluido já existia certa quantidade de óxido de ferro presente na rocha. Essa constatação se deve pela presença de fina camada de óxido de ferro depositada entre a borda de recristalização e o mineral propriamente dito.

## 13 CONCLUSÕES

- ❖ A Formação Aquidauana na região de São Sebastião do Paraíso (MG) é formada por sedimentos predominantemente vermelhos, de granulometria variada sendo a moda arenito médio. Subordinariamente tem-se argilito, conglomerado e siltito (em ordem decrescente de abundância).
- ❖ Por meio do levantamento de seções estratigráficas verticais foram caracterizadas oito fácies sedimentares: Conglomerado maciço sustentado por matriz (Gm), Conglomerado maciço sustentado por clastos (Gc), Arenito com estratificação cruzada acanalada (St), Arenito com laminação cruzada cavalgante (Sr), Arenito laminado (Sh), Arenito maciço (Sm), Finos laminados (Fl) e Finos maciços (Fm).

- ❖ A fácies St é a mais persistente na área de estudo. Por vezes é possível encontrar clastos e intraclastos de lamito dispersos nos foresets caracterizando correntes com poder de erosão.
- ❖ A correlação estratigráfica proposta apresentou grande dificuldade uma vez que ambientes glaciais exibem grande descontinuidade lateral das fácies além da complexa relação dos processos geradores. A utilização do critério de semelhança faciológica e tendência de aporte sedimentar como ferramenta para a correlação mostrou-se aplicável com restrições. Com datações será possível realizar correlações mais confiáveis.
- ❖ O ambiente de sedimentação sugerido para a área de estudo é o flúvio glacial, caracterizado por sistemas aluviais formados por água de degelo que transportam os sedimentos que depositam-se em planícies na frente da geleira (*outwash* distal). Na medida em que os fluxos são canalizados a jusante, as planícies aluviais de *outwash* transicionam para rios entrelaçados que formam uma rede de canais interconectados separados por barras arenosas ou cascalhosas.
- ❖ As análises de lâminas delgadas mostraram que o processo de transporte era ineficiente uma vez que a granulometria variava em sua grande maioria. Todas foram classificadas como subarcócio. Os contatos pontuais a lobulares caracterizam uma boa porosidade e permeabilidade a rocha, sendo esta condição favorável como rocha reservatório, porém, a baixa continuidade lateral das fácies é algo muito desfavorável. A presença de óxido de ferro depositada entre a borda de recristalização e o mineral feldspático indica que possivelmente essa rocha já apresentava uma rubefação inicial antes da percolação de fluido alcalino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. de. **Contribuição à geologia dos Estados de Goiás e Mato Grosso**. Notas Prelim. Est. Div. Geol. Mineral. Dep. Nac. Prod. Min., Rio de Janeiro, n. 46. 15p. 1948.

ALMEIDA, F.F.M. de.. **Geologia do Centro – Leste Matogrossense**. B. Div. Geol. Mineral. Dep. Nac. Prod. Min., Rio de Janeiro, n. 150. 97p. 1954

ALMEIDA, F.F.M de. In **Relatório Anual do Diretor**. DNPM. Div. Geol. Min. 1956.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S. & BISTRICHI, C.A. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000** Vol.1 Nota Explicativa. IPT, Série Monografias, 6. 126p. 1981.

ARAB, P.B.; PERINOTTO, J.A.J.; ASSINE, M.L. **Grupo Itararé (P - C da Bacia do Paraná) nas regiões de Limeira e Piracicaba - SP: Contribuição ao estudo das litofácies.** (501 – 521). v. 28, n. 4. 2009.

ASSINE, M. L.; VESELY, F. F. **Ambientes glaciais.** In: Pedreira da Silva, A. J.; Aragão, A. N. F.; Magalhães, A. J. C. (eds.). *Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil.* São Paulo, Editora Beca, p. 24-51. 2008.

BARBOSA, O.; ALMEIDA, F.F.M. **A Série Tubarão na bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo.** Boletim DNPM-DGM, v. 48, 16p. 1949.

BRAVO, J. **Arcabouço Cronoestratigráfico da Formação Aquidauana na região de Monte Santo de Minas – Minas Gerais – Brasil.** Unesp – IGCE – Rio Claro, (Dissertação de Mestrado). 1997.

CAETANO-CHANG, M. R. **A Formação Pirambóia no centro – leste do estado de São Paulo.** p.20-40 (Livre Docência- Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Unesp- Rio Claro), 1997.

CASTER, K.E. **Expedição geológica em Goiás e Mato Grosso. Mineração e Metalurgia.** 12(69): 126-127. 1947.

FARJALLAT, J.E.S. **Diamictitos neopaleozóicos e sedimentos associados do sul do Mato Grosso.** B. Div. Geol. Mineral. Dep. Nac. Prod. Min., Rio de Janeiro, n. 250. 52 p. 1970.

FIORI, A. P. **Estratigrafia do grupo Tubarão (formação Aquidauana) na região Sudoeste do Estado de Minas Gerais.** São Paulo, (Dissertação de Mestrado). 1977.

FRANÇA, A.B.; POTTER, P.E. **Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatórios do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte I).** Boletim de Geociências da PETROBRÁS, v. 2, p. 147-191. 1988.

FRANÇA, A.B. & POTTER, P.E. **Estratigrafia, ambiente deposicional do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 2).** Boletim Geociências Petrobrás, v. 3, p. 17-28. 1989.

FULFARO, V.J.; GAMA JR., E.G.; SOARES, P.C. **Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. São Paulo** (Relatório PAULIPETRO), Consórcio CESP/IPT – 008180. 1980.

GAMA, E.G.Jr.; BANDEIRA JR., A.N.; FRANÇA, A.B. **Distribuição Espacial e Temporal das Unidades Litoestratigráficas Paleozóicas na Parte Central da Bacia do Paraná.** In: PAULIPETRO; ed. *Geologia da Bacia do Paraná: reavaliação da potencialidade.* São Paulo: Consórcio IPT/CESP, p. 19-40. 1982.

GESIKI, A.L.D. **Geologia da Formação Aquidauana (Neopaleozóica, Bacia do Paraná) na porção centro-norte do Estado de Mato Grosso do Sul.** IG/USP, 136p. (Dissertação de Mestrado). 1996.

GORDON JR., M. **Classificação das Formações Gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Notas Preliminares em Estratigrafia – DGM/DNPM, Rio de Janeiro, Boletim 38, 20p. 1947.

GUIRRO, A.C.. **Análise de fácies dos sedimentos da Formação Aquidauana (Neocarbonífero) no sudeste de Mato Grosso e nos poços da borda norte da Bacia do Paraná.** UFOP Depto. De Geologia, 187p. (Dissertação de Mestrado). 1991

LANGE, F.W. **Estratigrafia e Idade Geológica da Série Tubarão.** Arquivo Museu Paranaense, n. Ser., Bol. 21. 1954.

LISBOA, M.A.R. **Leste de São Paulo, sul de Mato Grosso, geologia, indústria mineral, clima, solo agrícola, indústria pastoril.** Rio de Janeiro. Typ. Jornal do comércio, 172p. 1909.

MARTIN, H.; MAU, H. & BJORNBERG, A.J.S. **Vale pré-glacial a nordeste de Jundiá.** In: Bol. Soc. Bras. Geol., São Paulo, v.8, n.2, pp.35-40. 1959.

MIALL, A. D. **Architectural-element analysis: a new method of fácies applied to fluvial deposits.** Earth-Sci. Rev. 22. 261-308. 1985.

MIALL, A.D. **Facies Architecture in clastic sedimentary basins.** In Kleinspehn, K.L. & Paola, C. **New perspectives in basin analysis,** Berlin, Springer-Verlag. p.67-81. 1988.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHNEIDER, R. L. **Bacia do Paraná.** In: Boletim de Geociências da Petrobrás, v.8, p. 69-82. 1994.

MILANI, E. J. **Evolução Tectono-Estratográfica da Bacia do Paraná e Seu Relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-ocidental.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geociências. 2 vol. Vol.1, 255 p., Vol. 2 Ilustrações. 1997.

MILANI, E. J.; MELO J. H. G.; SOUZA P. A.; FERNANDES L. A.; FRANÇA, A.B. **Bacia do Paraná.** In: Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 265-287. 2007.

MILWARD, G.B. **Contribuição para a geologia do Estado de Goiás.** São Paulo, Escolas Profissionais Salesianas, 98p. 1935.

MULDER, T.; ALEXANDER, J. **The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits.** Sedimentology, Oxford, v.48, n. 2, p. 269-299. 2001.

NORTHFLEET, A.A.; MEDEIROS, R.A.; MÜHLMANN, H. **Reavaliação dos Dados Geológicos da Bacia do Paraná.** Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 291- 346. 1969.

PERINOTTO, J.A.J. **Análise estratigráfica dos Grupos Ivaí (O-S), Paraná (D) e Aquidauana (C-P) – Bacia Sedimentar do Paraná – no Centro Oeste Brasileiro.** Tese de Livre Docência - Unesp – IGCE – Rio Claro. 1997.

PETRI, S. **Grupo Tubarão**. In Geologia do Estado de São Paulo. Inst.Geogr.Geol., Bol. 41, p.56-63. 1964.

PETRI & FULFARO, V.J. **Sobre a geologia da área balizada pelas cidades de Barra do Garças e Guiratinga, Mato Grosso e Jataí e Amarinópolis, Goiás**. B. Soc. Bras. Geol. São Paulo, 15 (3): 57-80. 1966.

ROCHA-CAMPOS, A.C. **The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin**. In: Bigarella, J. J.; Becker, R. R.; Pinto, I. D. eds. Problems in Brazilian Gondwana Geology. Curitiba, IG/UFPR. p. 27-102. 1967.

ROCHA-CAMPOS, A. C.; SANTOS, P. R. **Late Paleozoic glaciotectionic structures in northern Paraná Basin, Brazil**. *Sedimentary Geology*. v. 130: 131-143. 2000.

SALVETTI, R.A.P. **Sistemas deposicionais e paleogeografia do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico da Bacia do Paraná) na região entre Itu e Indaiatuba, SP**. São Paulo. (Dissertação de Mestrado, IG/USP). 2005.

SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.A.; NOGUEIRA, A.A.. **Revisão estratiográfica da Bacia do Paraná**. In: SBG, 28 Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, v. 1, p. 41-65. 1974

SMITH, N. D. **Proglacial fluvial environment**. In: Ashley, G. M.; Shaw, J.; Smith, N. D. (eds.) Glacial Sedimentary Environments. Tulsa, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (Short Course 16), 85-134. 1985.

SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B. **Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste**. XXVII Congr. Bras. Geologia, Anais, p 243 – 256. 1973.

SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; SINELLI, O.; WERNICK, E.; WU, F.T.; FIORI, A.P. **Associações litofaciológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental**. Revista Brasileira de Geociências. v. 7(2), p. 131-149. 1977.

SOUZA FILHO, E.E.; STEVAUX, J.C. & LANDIM, P.M.B. **Estratigrafia genética do Subgrupo Itararé (PC) na região de Campinas (SP)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, Natal, Anais... Natal- RN, SBG, v.1, p. 107- 123. 1990.

SUGUIU, K. **Mudanças Ambientais da Terra**. Instituto Geológico, SP. 336p. 2008.

TEIXEIRA, W; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos. 568p. 2000.

## APÊNDICE A – COORDENADAS DOS PONTOS

Pontos	X	Y	Z
1	290131	7518937	740
2	295977	7515164	688
3	297979	7524184	601
4	298870	7523398	633
5	298935	7523217	617
6	296619	7535502	629
7	286299	7585244	663
8	287900	7604114	598
9	288534	7608481	592
10	288583	7608872	613
11	288696	7609852	624
12	290803	7627015	607
13	292151	7661820	930
14	292623	7664486	1008
15	294197	7677151	1091
16	294787	7677547	1052
17	304437	7683178	942
18	292752	7660818	945
19	242647	7482285	556
20	239792	7482965	537
21	243945	7462305	606
22	244744	7461438	566
23	246136	7459043	533
24	250128	7454558	533
25	253894	7454762	568
26	251782	7450342	582
27	250792	7451850	543
28	242586	7451148	550
29	233740	7448595	593
30	227465	7445024	533
31	225175	7444086	511
32	244734	7443463	532
33	221753	7440849	500

Pontos	X	Y	Z
34	302459	7685920	945
35	302504	7685548	954
36	303444	7684952	
37	303303	7684918	
38	304860	7683482	960
39	302290	7685866	945
40	296407	7687913	934
41	296089	7687812	954
42	296890	7682560	940
43	296840	7682749	928
44	296640	7682835	907
45	296190	7682603	903
46	297252	7686714	953
47	298133	7679225	959
48	296868	7684811	879
49	289958	7710621	835
50	290171	7709161	908
51	290173	7708397	948
52	288992	7709397	825
53	288667	7709459	841
54	288585	7709626	832
55	289188	7709477	852
56	306875	7668588	1043
57	303490	7662663	972
58	297488	7663935	995
59	306696	7662335	1048
60	284133	7537964	620
61	294071	7521532	616
62	291200	7521713	670
63	286039	7595104	643
64	288502	7608737	605
65	266075	7535169	570