

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DE FÁCIES,
PALEOCORRENTES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS
DO TOPO DA FORMAÇÃO SANTA BÁRBARA
(NEOPROTEROZÓICO-CAMBRIANO) NA REGIÃO
DAS MINAS DE CAMAQUÃ-RS.**

Annamaria Rizzo da Fonseca

Orientador: Prof. Dr. Antonio Romalino S. F. Cesar

Co-Orientador: Gelson Luis Fambrini

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2000/3)

SÃO PAULO
2000

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DE FÁCIES, PALEOCORRENTES
E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO TOPO DA FORMAÇÃO
SANTA BÁRBARA (NEOPROTEROZÓICO-CAMBRIANO) NA
REGIÃO DAS MINAS DE CAMAQUÃ – RS**

ANNAMARIA RIZZO DA FONSECA



DISCIPLINA 0440500 - TRABALHO DE FORMATURA

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Romalino S.F. Cesar

Romalino Fragoso Cesar

Prof. Dr. Carlos José Archanjo

Carlos José Archanjo

Prof. Dr. Setembrino Petri

Setembrino Petri

SÃO PAULO
2000

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

GSA- Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DE FÁCIES, PALEOCORRENTES E
SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO TOPO DA FORMAÇÃO SANTA
BÁRBARA (NEOPROTEROZÓICO-CAMBRIANO) NA REGIÃO DAS
MINAS DO CAMAQUÃ-RS**

Annamaria Rizzo da Fonseca- n^oTF-2000/03
Orientador- Prof.Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar
Co-orientador: Msc. Gelson Luís Fambrini



Monografia de Trabalho de Formatura

SÃO PAULO

2000

DEDALUS - Acervo - IGC



30900006065

TF
F676
AR.a

DOAÇÃO Comissos
do Trabalho de Formatura
Data: 07 / 02 / 02



“Só aprendemos nos divertindo.

A arte de ensinar não é outra
senão a arte de despertar
a curiosidade das almas jovens
para depois satisfazê-la:

E a curiosidade é viva
apenas nas almas felizes.

O conhecimento que se fez
entrar na mente pela força
sufoca-a. Para digerir o saber
é necessário que ele seja
devorado com apetite.”

Anatole France

AGRADECIMENTOS

É com uma grande alegria que expresso meus sinceros agradecimentos para quem colaborou, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Quero agradecer o grupo orientador GGTCC (Grupo de Estudos Tectônicos do Estado do Rio Grande do Sul) orientador Prof. Dr. Adriano Raimundo Simões Fraga, por acreditar e proporcionar ao campo. Também agradeço aos colegas: Ana Paula, Felipe, Diana, Liane, Jéssica, L. J. J. por tudo, e em especial, Daniela Passa de Almeida (a angêlica), por toda a ajuda, compreensão e apoio dados, em todos os momentos.

Agradeço à minha R. B. Beto (Quê) pelo suporte técnico e administrativo durante toda a trajetória do Trabalho de Conclusão de Curso. Também agradeço aos colegas de curso, especialmente ao grupo de interesse e amizade para a realização do mesmo, à Liane Maria, por toda a ajuda, em todos os momentos, e ao grupo, Tereza, Daniela, Jéssica e Mariana, especialmente, por toda a ajuda.

**Este trabalho foi financiado pelo processo FAPESP 98/04510-1
"Estudo Litoestratigráfico e Estrutural do Grupo Camaquã
(Neoproterozóico III- Cambriano) no Rio Grande do Sul e Uruguai"**

AGRADECIMENTOS

É com uma grande alegria que expresso meus sinceros agradecimentos para quem colaborou, com grande ajuda, para a finalização deste Trabalho de Formatura.

Quero agradecer à equipe orientadora GETEG (Grupo de Estudos Tectônicos do Escudo Gaúcho: meu orientador Prof.Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar, co-orientador e companheiro de campo Gelson Luís Fambrini (Sapo); Ana Paula Pelosi (Nem), Liliane Janikian (Lili), por tudo, e em especial, Renato Paes de Almeida (Ninguém); por toda a ajuda, conhecimento e apoio dados, em todos os momentos .

Agradeço à Marina P.S. Brito (Cude) pelo companheirismo e companhia durante toda a trajetória do Trabalho de Formatura, Daniela Garroux Gonçalves de Oliveira (koregha) pelo grande incentivo e estímulo para a realização do mesmo, à Anna Karina Kiss, pela ajuda na parte de *scanner* e ao grupo, Tânia, Daniela, karina e Mariana, especialmente, pelos pedidos de estímulo.

À minha mãe, pai, Dedé, e Luizinho, pela confiança e presença sempre!

Valeu!

RESUMO

A Formação Santa Bárbara é constituída, principalmente, por conglomerados, arenitos e ritmitos areno-pelíticos, gerados em sistemas continentais, costeiros e marinhos rasos, totalizando 4.000 metros de depósitos siliciclásticos do Neoproterozóico-Cambriano. A porção superior desta unidade, objeto do presente trabalho de formatura, é composta por arenitos bem selecionados, aflorantes na região das Minas do Camaquã (RS).

A análise estratigráfica de fácies, paleocorrentes e sistemas deposicionais do topo da Formação Santa Bárbara, na região das Minas do Camaquã (RS), permitiu a individualização de três associações de fácies, caracterizando um sistema deposicional, marinho costeiro.

Dentro do sistema deposicional marinho costeiro, identificaram-se ambientes de antepraia (*foreshore*), face litorânea (*shoreface*) superior ou zona de surfe (*surf zone*), e face litorânea intermediária ou zona de arrebentação (*breackers zone*).

Na zona da antepraia e face litorânea superior ocorre a ação de ondas de tempo bom, cujos registros são as estratificações *swash*, que refletem o processo de espraçamento., megaondulações e cruzadas de baixo ângulo produzidas por correntes costeiras. Já na face litorânea intermediária, apesar do predomínio de processos de ondas de tempo bom, eventos de tempestades podem deixar registros na forma de estratificação cruzada tipo *swaley* e *hummocky*.

ABSTRACT

The Santa Bárbara Formation is composed mainly of alluvial conglomerates and sandstones, and coastal marine sandstones and rhythmites, totaling up to 4000 meters of siliciclastic deposits of Neoproterozoic to Cambrian age. The uppermost portion of this unit is composed of well-sorted sandstones which outcrop in the Minas do Camaquã region (RS).

The facies, paleocurrent, and depositional systems analysis of the upper unit of the Santa Bárbara Formation permitted the individualization of three facies associations, characterizing a coastal marine depositional system.

There were identified three depositional environments in this system: foreshore, upper shoreface (surf zone) and middle shoreface (breakers zone). The foreshore and upper shoreface are dominated by fair-weather waves, which are registered as swash stratification, megaripples and low angle cross stratification. The medium shoreface, although subject to the action of fair-weather waves, registers preferentially the action of storm events in the form of swaley cross stratification and minor hummocky cross stratification.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações Iniciais.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Justificativa.....	2
1.4 Trabalhos Prévios.....	3
1.5 Localização da Área.....	5
1.6 Desenvolvimento do Trabalho.....	5
2. SÍNTESE DA GEOLOGIA REGIONAL.....	6
2.1 Geologia Regional.....	6
2.1.1 Formação Maricá.....	7
2.1.2 Formação Crespos.....	7
2.1.3 Formação Santa Bárbara.....	8
2.1.4 Formação Pedra Pintada e Suite Intrusiva Rodeio Velho.....	9
2.1.5 Formação Guaritas.....	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1 Descrição dos Principais Métodos Utilizados.....	10
3.1.1 Análise de Fácies Sedimentares.....	10
3.1.2 Análise de Associações de Fácies.....	11
3.1.3 Estudo de Paleocorrentes.....	11
3.1.4 Caracterização Petrográfica.....	11
3.1.5 Terminologia para Ambientes Costeiros.....	12
3.1.6 Estruturas Sedimentares.....	13
4. RESULTADOS OBTIDOS.....	15
4.1 Fácies Sedimentares.....	15
4.2 Associação de Fácies.....	16

4.3 Paleocorrentes.....	17
4.3 Petrografia.....	18
5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	19
5.1 Ambientes Depositionais.....	19
5.2 Paleocorrentes.....	20
5.3 Petrografia.....	20
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Unidades sedimentares e vulcânicas do Escudo Gaúcho no sul do Brasil.

A- Mapa geológico esquemático da região de Lavras do Sul (LS), Caçapava do Sul (CS) e Santana da Boa Vista (SBV) no Estado do Rio Grande do Sul, mostrando as sub-bacias que compõem a Bacia do Camaquã

Figura 02 – Mapa de localização

Figura 03– Propostas estratigráficas para as coberturas do Neoproterozóico III e Paleozóico inferior no Rio Grande do Sul

Figura 04 – Mapa Geológico da Região das Minas do Camaquã

Figura 05 – Perfil esquemático compreendendo linha de costa a marinho raso, localizando as áreas de antepraia, face litorânea e costa afora, modificada de Walker & Plint 1992

Figura 06 – Seção colunar de detalhe, representando a região de antepraia (*foreshore*) – ponto 20.

Figura 07 – Seção colunar de detalhe, representando a região de face litorânea intermediária (*middle shoreface*) – ponto 24

Figura 08 – Diagramas de roseta apresentando os padrões de paleocorrentes e respectivos vetores médios de ambiente costeiro marinho raso

ÍNDICE DE FOTOS

- Foto 01** – Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo – ponto 57
- Foto 02** – Arenitos finos com estratificação tangencial de baixo ângulo formando truncamentos, estratificação *swash* – ponto 62
- Foto 03** – Arenitos finos com estratificação plano-paralela e lineação primária de corrente, de ambiente marinho raso de antepraia (*foreshore*) – ponto 32
- Foto 04** – Arenitos finos a médios com marcas onduladas assimétricas e nível de intraclastos – ponto 22
- Foto 05** – Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo formando truncamentos, com marcas onduladas – ponto 72
- Foto 06** – Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo – ponto 67
- Foto 07** – Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo – ponto 67
- Foto 08** – Megaondulações (*megaripples*) em arenitos finos a médios de ambiente marinho raso de face litorânea (*shoreface*) – ponto 22
- Foto 09** – Arenitos finos com estratificações cruzadas micro- *hummocky* em arenitos finos – ponto 37
- Foto 10** – Depósitos de face litorânea (*shoreface*). Arenitos laminados truncados por superfícies de baixo ângulo – estratificação cruzada *hummocky*. –ponto 21
- Foto 11** – Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo formando truncamentos, extremidade de possível estratificação cruzada *hummocky* –ponto 57
- Foto 12** – Glauconita em depósitos de *shoreface* – ponto 54
- Foto 13** – Glauconita em depósitos de *foreshore* – ponto 60
- Foto 14** – Contato suturado entre grãos – ponto 75
- Foto 15** – Deformação de mica – ponto 75
- Foto 16** – Clastos de andesito – ponto 60
- Foto 17** – Fragmentos líticos – ponto 75
- Foto 18** – Contato reto entre grãos e cimento ferruginoso intersticial e cuticular – ponto 58
- Foto 19** – Matriz carbonática e fragmento de andesito – ponto 60

ANEXOS

- Anexo 1** – Mapa de pontos da área de estudo

INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

O Escudo Gaúcho é composto por uma série de terrenos recobertos por depósitos sedimentares e vulcânicos do final do Neoproterozóico e início do Cambriano (Fragoso Cesar *et al.* 2000^b). Estas unidades de cobertura compreendem o que os autores denominaram de Grupo Camaquã composto pelas formações Maricá, Crespos e Santa Bárbara (Figura 01).

A Formação Maricá corresponde à unidade basal do Grupo Camaquã, sendo composta essencialmente por arenitos e arenitos conglomeráticos de ambientes marinhos e continentais. A Formação Crespos é constituída por rochas de origem vulcânica e sedimentar. A unidade de topo do Grupo Camaquã, a Formação Santa Bárbara, objeto do presente estudo, é constituída por arenitos, ritmitos e conglomerados de ambientes marinhos rasos e continentais.

A Bacia do Camaquã está dividida em três sub-bacias separadas pelos altos de Caçapava do Sul e Serra das Encantadas (Figura 01). A Sub-Bacia Camaquã Ocidental, localizada a oeste do Alto de Caçapava do Sul, é composta pelas formações Maricá, Crespos e Santa Bárbara, e abrange a região de Santa Bárbara. A Sub-Bacia Camaquã Central é composta pelas formações Crespos e Santa Bárbara, compreendendo todas as ocorrências do Grupo Camaquã localizadas entre os altos de Caçapava do Sul e da Serra das Encantadas, incluindo as regiões das Minas do Camaquã, Bom Jardim, Casa de Pedra, entre outras, sendo estas recobertas pelos depósitos eopaleozóicos da Bacia do Paraná (formações Pedra Pintada e Guaritas). A Sub-Bacia Camaquã Oriental corresponde aos depósitos da Formação Santa Bárbara que ocorrem à leste do Alto da Serra das Encantadas, compreendendo as regiões do Vale do Boici, Vale do Piquiri e Rincão dos Mouras.

A área de estudo do presente trabalho na Formação Santa Bárbara situa-se na região das Minas do Camaquã (Sub-Bacia Camaquã Central), localizada na porção central do Escudo Gaúcho no Rio Grande do Sul (RS); na região limítrofe dos municípios de Caçapava do Sul, a oeste e norte, e de Santana da Boa Vista, a leste (Figura 02).

A Formação Santa Bárbara, segundo (Fambrini *et al.* 1998) é constituída da base para o topo por:

- *Conglomerados Inferiores e Brechas* estruturados em leques costeiros ;
- *Ritmitos* (depósitos de turbiditos, tempestitos e inunditos) e *Arenitos* finos e raros conglomerados;
- *Conglomerados e Arenitos Conglomeráticos Superiores*, de ambientes de leques costeiros e aluviais;

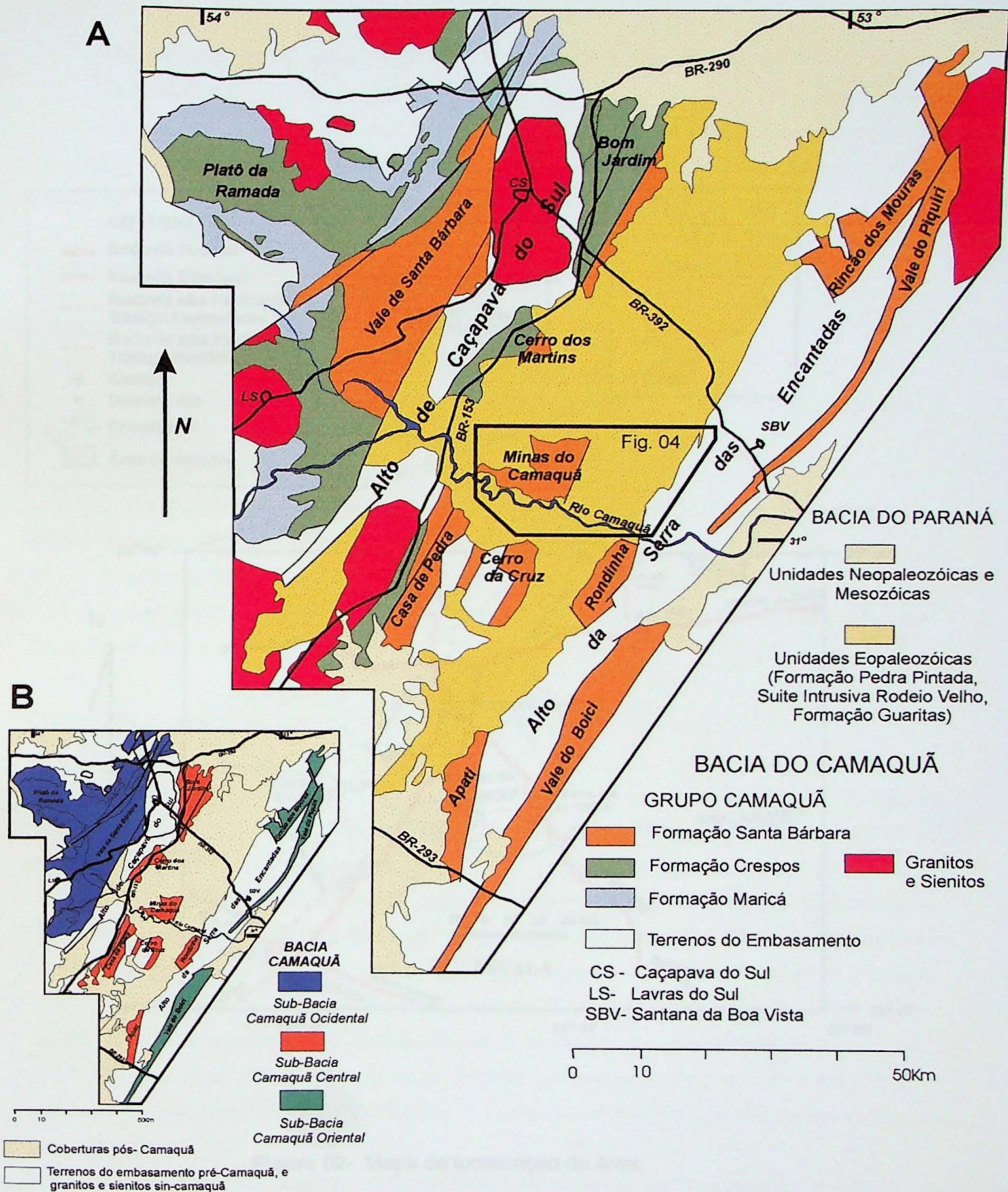


Figura 01- Unidades sedimentares e vulcânicas do Escudo Gaúcho no sul do Brasil. A - Mapa geológico esquemático da região de Lavras do Sul (LS), Caçapava do Sul (CS) e Santana da Boa Vista (SBV) no estado do Rio Grande do Sul, mostrando as sub-bacias que compõem a Bacia do Camaquã. *fonte: Fragozo Cesar et al. (2000^b)*

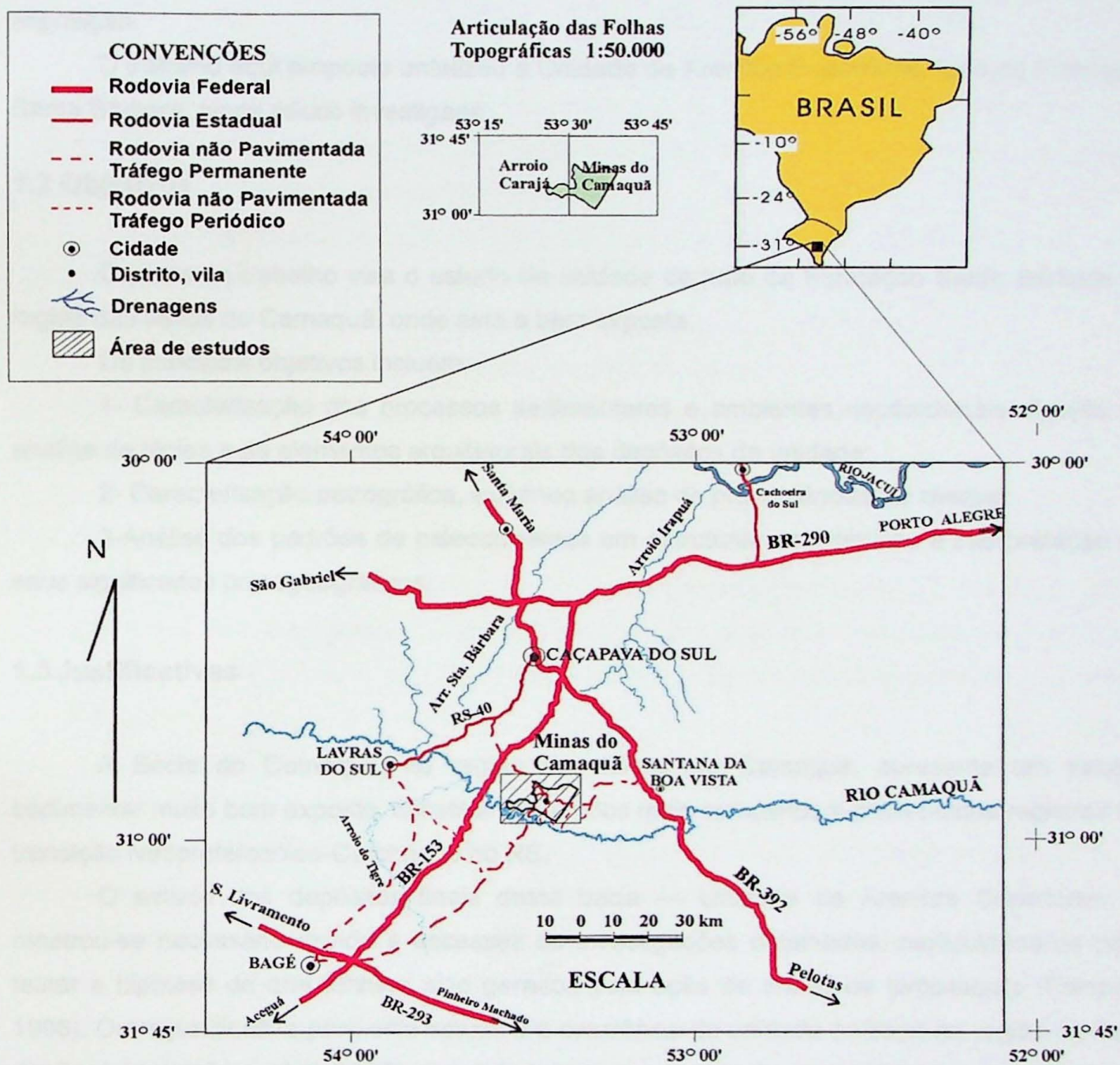


Figura 02- Mapa de localização da área.

- *Arenitos Superiores*, gerados em ambiente marinho raso com ação de ondas normais e de tempestade, e ambiente transicional.

Excetuando os Conglomerados Inferiores, todas as demais fácies estão representadas na região das Minas do Camaquã, sendo que nesta a unidade de topo tem sua melhor exposição.

O trabalho aqui proposto enfatizou a Unidade de Arenitos Superiores, topo da Formação Santa Bárbara, ainda pouco investigada.

1.2 Objetivos

O presente trabalho visa o estudo da unidade de topo da Formação Santa Bárbara na região das Minas do Camaquã, onde esta é bem exposta.

Os principais objetivos incluem:

- 1- Caracterização dos processos sedimentares e ambientes deposicionais através da análise de fácies e de elementos arquiteturais dos depósitos da unidade;
- 2- Caracterização petrográfica, incluindo análise de proveniências de clastos;
- 3- Análise dos padrões de paleocorrentes em estruturas assimétricas e interpretação de seus significados paleogeográficos;

1.3 Justificativas

A Bacia do Camaquã, na região das Minas do Camaquã, apresenta um pacote sedimentar muito bem exposto, constituindo um dos mais completos e preservados registros da transição Neoproterozóico-Cambriano no RS.

O estudo dos depósitos finais desta bacia — Unidade de Arenitos Superiores — mostrou-se necessário devido à escassez de investigações detalhadas, particularmente para testar a hipótese de que tenham sido gerados pela ação de ondas de tempestade (Fambrini 1998). Outra justificativa para este estudo é a ocorrência de unidade análoga na região de Bom Jardim (*vide* Janikian *et al.* 2000), podendo haver uma correlação regional destas ocorrências.

Os depósitos pertencentes a esta unidade apresentam bons afloramentos naturais, permitindo a descrição de suas estruturas, geometrias, elementos arquiteturais, litologias e paleocorrentes.

A conclusão deste trabalho, integrando as observações de campo, levantamento bibliográfico e trabalhos de gabinete, adequou-se perfeitamente a um Trabalho de Formatura, levando-se em conta a importância para a formação acadêmica da candidata. Além disso, este trabalho final será de grande utilidade para trabalhos de mestrado, doutorado e iniciação

científica que estão sendo desenvolvidos na região da Bacia do Camaquã e áreas adjacentes pela equipe orientadora e outros estudantes de geologia.

1.4 Trabalhos Prévios

Pioneiro no reconhecimento geológico do Estado do Rio Grande do Sul, Paulino Franco de Carvalho (1932) estabelece relações estratigráficas do “escudo rio-grandense” colocando a “Série Camaquan” no Eopaleozóico, afirmando que “*ela é sem dúvida posterior as erupções de andesitos e, provavelmente anterior ao Permiano*”.

A partir do clássico trabalho de Carvalho (1932), a estratigrafia dos depósitos da “Série de Camaquan” vem sendo paulatinamente revista e modificada.

A “Série de Camaquan” deste autor, é constituída por:

- 1- *arenito com palhetas de micas brilhantes na costa do Seival;*
- 2- *folhelho argiloso, cerâmico, diversamente colorido, cortado por veios de quartzo;*
- 3- *arenito ferruginoso, mais ou menos friável;*
- 4- *conglomerados com espessura superior a 100m, contendo seixos muito variados quanto ao tamanho e origem.*

Leinz (1939) percorreu a região das Minas do Camaquã e constatou a existência de da Série de Camaquan em posição horizontal além daquelas fortemente inclinadas já identificadas por Carvalho (1932), adicionando uma unidade à “série”, embora formalize somente em Leinz *et al.* (1941).

Durante os trabalhos de mapeamento regional conduzidos pela equipe mista do USGS/DNPM, em 1961 Robertson deixou um manuscrito, publicado somente em 1966, onde redefiniu a “Série de Camaquan” de Carvalho (1932) como Grupo Camaquã, constituída pelas formações Santa Bárbara, basal, de camadas inclinadas, e Guaritas, sobrejacente, com camadas de atitude horizontal. Este autor foi o primeiro a descrever a natureza do contato discordante entre os sedimentos horizontalizados da Formação Guaritas, por ele definida, e as unidades inclinadas mais antigas da sua Formação Santa Bárbara, aflorantes a NW das Minas do Camaquã, na estrada que conduz à Caçapava do Sul, apesar de reuni-las em uma mesma unidade litoestratigráfica maior.

Posteriormente, Ribeiro *et al.* (1966) definiram na região das Minas do Camaquã conglomerados e arenitos relacionados à parte da Formação Santa Bárbara de Robertson (1966) como Formação Arroio dos Nobres, constituída pelos membros Mangueirão, predominantemente areno-pelítico, e Vargas, majoritariamente rudáceo. A Formação Arroio dos Nobres, segundo estes autores, formaria o núcleo de uma estrutura anticlinal, enquanto a Formação Santa Bárbara, discordantemente sobreposta, ocorreria estruturada em homoclinal.

Os autores reiteraram o contato discordante “claramente visível” entre as formações Santa Bárbara e Guaritas diagnosticado por Robertson (1966).

Almeida (1969) definiu como molassas todos estes depósitos, modelo seguido por Fragoso Cesar *et al.* (1982, 1984 e 1985) que separaram a molassa precoce (depósitos pré-Formação Guaritas) e molassa tardia, compreendendo a formação superior. Os depósitos da molassa precoce foram reunidos na Formação Maricá composta pelos membros Mangueirão, Vargas, Pessegueiro e Hilário.

Lavina *et al.* (1985) estudando os depósitos da Bacia do Camaquã forneceram elementos fundamentais para a elaboração do quadro paleogeográfico da região, separando a bacia em duas grandes seqüências, inferior e superior. A seqüência inferior corresponderia à molassa precoce e a superior à molassa tardia. A Seqüência Inferior seria composta em sua borda leste por ruditos que transicionam para depósitos marinhos (tempestitos e turbiditos) relacionados à evolução de leques costeiros.

Faccini *et al.* (1987) realizaram o primeiro trabalho detalhado da Formação Santa Bárbara na região das Minas do Camaquã caracterizando a unidade superior, objeto do presente Trabalho de Formatura, como flúvio-deltaica.

Fambrini (1998), estudando a região das Minas do Camaquã, utilizou análises de proveniência e paleocorrentes associadas à análise litofaciológica, contribuindo para a elaboração das mais completas seções estratigráficas das unidades da Formação Santa Bárbara na região. O autor separou sua área de estudo em três conjuntos de associações de fácies: conjunto inferior formado por ritmitos psamo-pelíticos relacionados a depósitos de turbiditos, tempestitos e inunditos; conjunto médio constituído por depósitos rudáceos de *fan deltas*; e conjunto superior transicional a marinho

Fambrini *et al.* (2000) apontaram a existência de sistemas deposicionais possivelmente correlacionáveis entre si nas sub-bacias da Formação Santa Bárbara. Os autores verificaram, ainda, a ocorrência de depósitos marinhos no topo da Formação Santa Bárbara na região das Minas do Camaquã

Uma tabela com o resumo dos principais trabalhos sobre a região encontra-se abaixo. (Figura 03).

Carvalho (1932)	Leinz <i>et al.</i> (1941)	Melcher & Mau (1960)	Goñi <i>et al.</i> (1962)	Robertson (1966)	Ribeiro <i>et al.</i> (1966)	Ribeiro & Fatinel (1978)	Santos <i>et al.</i> (1978)
Série Camaquan	Camaquã Horizontal	Série Camaquan	Formação Guaritas	Cong. Coxilha	Cong. Coxilha	Formação Guaritas	Formação Guaritas
	Camaquã Inclinado		Formação Camaquã	Fm. Guaritas	Fm. Guaritas	Formação Santa Bárbara	Formação Santa Bárbara
Erupções de Andositos e Tufos Vulcânicos	Efusivas ácidas e andesíticas	Série Vulcânica	Sequência Vulcânica	Riolito Ramada	Fm. Crespos	Fm. Acampamento Velho	Fm. Acampamento Velho
				Andesito Hilário	Fm. Arrolo dos Nobres	Fm. Hilário	Fm. Cerro dos Martins
	Formação Maricá	Série Maricá	Sequência Sedimentar	Formação Maricá	Formação Maricá	Formação Maricá	Formação Pessegueiro

Fragoso Cesar <i>et al.</i> (1985)		Leites <i>et al.</i> (1990)		Beckel (1990)		Paim <i>et al.</i> (1995)			
Grupo Camaquã	Formação Guaritas	Sequência Vulcano-Sedimentar IV		Formação Santa Bárbara		Alogrupo		Aloformação	
	Fm. Acampamento Velho	Sequência Vulcano-Sedimentar III		Fm Crespos		Guaritas		Varzinha	
						Pedra Pintada			
						Segredo			
	Formação Maricá	Sequência Vulcano-Sedimentar II		Fm Arroio dos Nobres		Santa Bárbara		Lanceiros	
						Santa Fé			
		Ac. Velho							
						Bom Jardim			
								Maricá	

Fragoso Cesar <i>et al.</i> (2000b)
Formação Guaritas
Formação Pedra Pintada
Formação Santa Bárbara
Formação Crespos
Formação Maricá

Contatos
 - - - - - não indicado
 transicional
 ——— discórdância angular
 ——— discórdância erosiva

Figura 03- - Propostas estratigráficas para as coberturas do neoproterozóico III e paleozóico inferior no Rio Grande do Sul

1.5 Localização e acesso da área

A área de estudo do presente trabalho na Formação Santa Bárbara situa-se na região das Minas do Camaquã, localizada na porção central do Escudo Gaúcho no Rio Grande do Sul (RS); na região limítrofe dos municípios de Caçapava do Sul, a oeste e norte, e de Santana da Boa Vista, a leste.

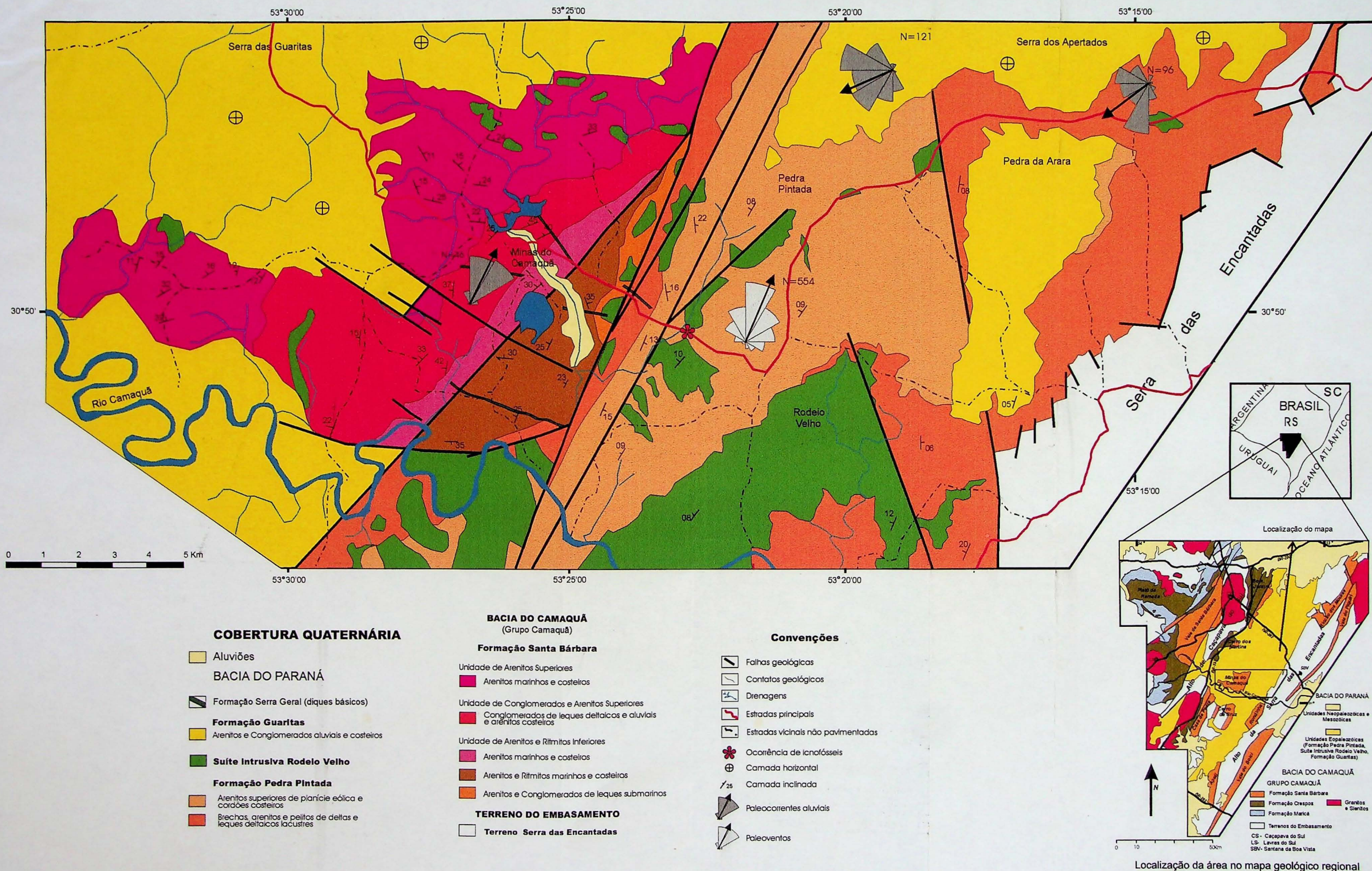
A região é bem servida de estradas e vias de acesso devido à presença da empresa de mineração Companhia Brasileira de Cobre (CBC). O mais utilizado acesso à área de estudo faz-se partindo da rodovia BR-153 (região da Boa Vista) com destino às Minas do Camaquã, atravessando a porção norte da área. Sua continuidade para leste alcança a BR-392 próximo à cidade de Santana da Boa Vista (Figura 02). Várias outras estradas cruzam a área de estudo, interligando-a a este acesso principal.

1.6 Desenvolvimento do Trabalho

Etapas de trabalho durante o ano letivo	FEV	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Estudo crítico dos trabalhos anteriores da região a ser estudada, levantamento bibliográfico.										
Aquisição de mapas e preparação do material de campo.										
Etapas de campo de 08 dias.										
Preparação e entrega do Relatório de Progresso.										
Tratamento de dados, análise microscópica, confecção de mapas, figuras e seções.										
Preparação do texto final.										
Entrega do texto final, apresentação oral e defesa.										

Foram realizadas duas etapas de campo de 08 dias cada. A primeira aconteceu no mês de fevereiro, visando o reconhecimento geral da área, além de visitas aos afloramentos referentes à unidade de estudo, que ocorrem ao longo do arroio João Dias a norte das Minas do Camaquã, na estrada que liga as Minas do Camaquã à BR153 no trecho entre o trevo da CBC (Companhia Brasileira de Cobre) e o acesso para o Passo do Cação no rio Camaquã; na

Figura 04- Mapa Geológico da Sub-Bacia Camaquã Central e da Bacia do Paraná na Região das Minas do Camaquã (modificado de Silva Filho 1997 e Fambrini 1998).



estrada para Capão do Cedro a norte; e em trecho da estrada que passa pelo Capão do Salso rumo ao Passo dos Enforcados (Anexo 1).

Devido às paralisações ocorridas na Universidade de São Paulo durante aproximadamente quarenta dias, incluindo os meses de maio e junho, a segunda etapa de trabalhos de campo deu-se no início do mês de setembro (antes prevista para o mês de julho), quando realizou-se levantamentos de seções geológicas regionais e colunares de detalhe, obtenção de medidas para o estudo de paleocorrentes, coleta de amostras para análise petrográfica e continuação dos estudos de fácies sedimentares.

A mudança da segunda etapa de campo atrasou a etapa posterior —tratamento dos dados— acumulando, em consequência, muito trabalho em um espaço menor de tempo.

2 Síntese da Geologia Regional

2.1 Geologia Regional

A Bacia Camaquã é dividida em três sub-bacias limitadas pelos altos de Caçapava do Sul e Serra das Encantadas: sub-bacias Camaquã Ocidental, Oriental e Central, estando a área de estudo situada nesta última, parcialmente coberta por depósitos eopaleozóicos da Bacia do Paraná. Os depósitos da Bacia do Camaquã estão sobrepostos aos terrenos pré-cambrianos do Escudo Gaúcho (Rio Vacacaí, Valentines, Serra das Encantadas, Serra dos Pereira, Cerro da Árvore e Pelotas *sensu* Fragoso Cesar 1991 e Fragoso Cesar *et al.* 1998), os quais são as áreas fontes para os depósitos clásticos, e cujos limites tectônicos são os principais campos de preservação destes depósitos.

A Bacia Camaquã compreende os depósitos do Grupo Camaquã, redefinido e dividido em três formações (Fragoso Cesar *et al.* 2000^b): (i) a Formação Maricá, basal siliciclástica, (ii) a Formação Crespos, intermediária vulcano-sedimentar, e (iii) a Formação Santa Bárbara, superior siliciclástica.

Recobrando as unidades basculadas do Grupo Camaquã ocorrem depósitos predominantemente horizontais atribuíveis aos estágios iniciais da evolução da Bacia do Paraná. Estes depósitos são representados por três unidades distintas: as formações Pedra Pintada e Guaritas e a Suite Intrusiva Rodeio Velho (Fragoso Cesar *et al.* 2000^a) (Figura 04).

2.1.1 Formação Maricá

A Formação Maricá, exposta na porção oeste da Bacia Camaquã, é uma sucessão siliciclástica com cerca de 1.800 metros de espessura. Esta unidade cobre rochas metamórficas do terreno Rio Vacacaí e é coberta, através de superfície de erosão regional, pela Formação Crespos.

A Formação Maricá consiste de arenitos arcoseanos e ritmitos divididos em três membros. Os membros inferior e superior são compostos por arenitos de granulação média a grossa com lentes de conglomerados; estratificações cruzadas acanaladas são abundantes. O membro intermediário compreende arenitos finos a médios, com estratificação paralela e laminação cruzada por onda, intercalados com siltitos laminados. As associações de fácies desta unidade sugerem um ambiente deposicional fluvial entrelaçado para os membros inferior e superior. O membro intermediário é interpretado como marinho, constituído por turbiditos “clássicos” de costa afora e por tempestitos de face litorânea.

2.1.2 Formação Crespos

As rochas vulcânicas da Bacia Camaquã, principalmente expostas nas sub-bacias da porção oeste, fazem parte da formação Crespos (Ribeiro *et al.* 1966). Esta unidade, localmente alcançando mais de 3.000 metros de espessura, é composta por dois membros: o Membro Hilário (principalmente andesitos, rochas vulcanoclásticas e rochas sedimentares), basal, e o Membro Acampamento Velho (riolitos e piroclásticas ácidas), superior.

As rochas sedimentares mais comuns do Membro Hilário são ritmitos areníticos tabulares, conglomerados, argilitos maciços, e siltitos intercalados com arenitos finamente laminados. Os depósitos vulcanoclásticos incluem tufos, lapilli tufos, piroclásticas e brechas autoclásticas. As vulcanoclásticas do Membro Acampamento Velho incluem ignimbritos e brechas piroclásticas.

Os ambientes deposicionais do Membro Hilário são deduzidos a partir das associações de fácies das sucessões sedimentares e vulcanoclásticas. Parte dos depósitos vulcanoclásticos são subaéreos (*e.g.* depósitos piroclásticos de queda, depósitos de surgência, fluxo piroclástico e *lahars*), notado por Wildner *et al.* (1997) e Lima e Nardi (1998). Entretanto, outras fácies vulcanoclásticas, como brechas granodecrescentes e lapilli tufos com fragmentos andesíticos, podem ser subaquosas (Fambrini *et al.* 1999^a). A maioria das fácies sedimentares, atribuídas a depósitos de corrente de turbidez e suspensão costa afora, sugerem ambientes subaquosos e

ocorrem intercaladas com rochas vulcânicas em grande parte da coluna estratigráfica. O Membro Acampamento Velho representa a atividade vulcânica riolítica subaérea.

2.1.3 Formação Santa Bárbara

A Formação Santa Bárbara (Robertson 1966) é a unidade mais estudada do Grupo Camaquã; ocorrendo preservadas, preferencialmente, ao longo de falhas limitantes do embasamento, com direção NNE-SSW, em um cinturão com 100 km de largura. A espessura desta unidade alcança espessuras que atingem cerca de 3.0 km na Sub-Bacia Camaquã Ocidental e mais de 4.0 km nas Sub-Bacia Camaquã Oriental; embora apenas parcialmente exposta, na Sub-Bacia Camaquã Central sua espessura ultrapassa 2.0 km. O limite inferior desta unidade é uma inconformidade erosional com a Formação Crespos, e o limite superior é uma inconformidade angular com as seqüências paleozóicas da Bacia do Paraná. Os mergulhos do acamamento variam de poucos graus a sub-vertical, resultantes de falhamentos normal e oblíquo, e .dobras de arrasto.

As litofácies mais comuns desta unidade são (Fragoso Cesar *et al.* 2000^b): (i) conglomerados maciços e estratificados sustentados pelos clastos, (ii) ritmitos arenosos tabulares com onda e/ou laminação cruzada por onda e laminação cruzada *hummocky*, (iii) arenitos arcóseos grosseiros a finos com estratificação cruzada acanalada, (iv) ritmitos finos com gretas de contração e estratificação heterolítica e (v) turbiditos clássicos.

Os sistemas deposicionais da Formação Santa Bárbara não são uniformes em todas as sub-bacias: ambientes continental e marinho raso predominam nas sub-bacias localizadas na porção oeste, e ambientes aluvial e marinho profundo nas sub-bacias à leste. As sub-bacias do oeste incluem (i) depósitos de leque deltaico e aluvial entrelaçado; (ii) turbiditos marinho raso e tempestitos; (iii) delta influenciado por maré e fácies lagunar. As sub-bacias da porção leste incluem (i) fácies de leque sub-marinho profundo; (ii) leque deltaico e aluvial; (iii) depósitos de rio entrelaçado distais. A distribuição típica destas associações na maioria das sub-bacias mostra uma sucessão aluvial-marinho-aluvial. Localmente (sub-bacias Minas do Camaquã e Bom Jardim) uma transgressão marinha superior é registrada.

Análises de paleocorrentes da Formação Santa Bárbara revelam uma rede axial de transporte para norte, com sistemas transversais de oeste para leste. Este padrão sugere a presença de um maior corpo marinho ao norte das ocorrências estudadas, e os altos do embasamento que isolaram as sub-bacias, pelo menos na época da deposição das unidades superiores. A proveniência das unidades superiores confirma esta hipótese, revelando a contribuição de rochas típicas dos altos do embasamento e rochas sedimentares retrabalhadas das unidades inferiores da Formação Santa Bárbara. É importante notar que depósitos

grosseiros revelam proveniência de unidades que ainda são encontradas na vizinhança hoje, sugerindo pouco ou nenhum transporte lateral nas bordas das falhas.

2.1.4 Formação Pedra Pintada e Suite Intrusiva Rodeio Velho

A Formação Pedra Pintada é composta por unidades siliciclásticas predominantemente continentais depositadas em inconformidade angular sobre o Grupo Camaquã e o embasamento metamórfico. Esta unidade é limitada por falhamentos normais que estabeleceram uma depressão tipo *graben* preenchida por depósitos de leques aluviais e sistemas fluviais entrelaçados proximais, e depósitos eólicos nas porções mais interiores. Próximo ao topo da unidade ocorrem depósitos costeiros portadores de icnofósseis que evidenciam uma transgressão marinha.

A Suite Intrusiva Rodeio Velho é composta por rochas máficas, predominantemente intermediárias, encaixadas em diversos níveis estratigráficos, mas predominantemente associadas à Formação Pedra Pintada.

A idade mínima da Formação Pedra Pintada é estabelecida pela datação radiométrica da Suite Intrusiva Rodeio Velho, à qual se atribui uma idade de 470 Ma. (Hartmann *et al.* 1998), concordante com o conteúdo icnofossilífero das fácies marinhas da Formação Pedra Pintada (Netto *et al.* 1992).

2.1.5 Formação Guaritas

A Formação Guaritas é formada por arenitos e conglomerados de ambientes fluviais e marinhos depositados acima de uma inconformidade erosiva sobre a Formação Pedra Pintada, que também limita a ocorrência da Suite Intrusiva Rodeio Velho.

Fragoso Cesar *et al.* (2000^a), distinguem duas unidades na Formação Guaritas: Inferior, composta por arenitos e conglomerados de sistemas fluviais de rios entrelaçados, e Superior, representada por arenitos bem selecionados com abundantes estruturas de retrabalhamento por ondas, e interpretados como depósitos de ambiente marinho costeiro com ação de tempestades.

Na região de estudo tem-se a ocorrência da Unidade Inferior da Formação Guaritas, a qual apresenta-se recobrimdo a borda norte da região das Minas do Camaquã, em contato angular e erosivo. Constitui-se de conglomerados sustentados pelo arcabouço com níveis areníticos intercalados, bem como estruturas de canais de corte e preenchimento.

Esta formação apresenta-se com clastos que variam de seixos a matacões (com até 40 cm de diâmetro), em uma matriz muito grossa com grânulos. A composição dos clastos é de fragmentos de arenitos, rochas metamórficas, granitos e subordinadamente andesitos. Níveis de arenito, que chegam a 50 cm de espessura, são observados com estratificação cruzada de médio porte e com seixos esparsos, indicando um ambiente fluvial.

3. Materiais e Métodos

3.1 Descrição dos Principais Métodos Utilizados

Para a realização do trabalho proposto foram executadas as seguintes etapas:

- (1) trabalhos prévios de gabinete,
- (2) trabalhos de campo e
- (3) trabalhos de laboratório e de gabinete.

A primeira etapa constou de levantamento e revisão bibliográficos e cartográficos, com o objetivo de conhecer os estudos anteriores realizados na região das Minas do Camaquã.

Os trabalhos de campo incluíram a coleta sistemática de dados qualitativos e quantitativos de fácies (por meio da geometria, espessura, estruturas e litologia dos litotipos), análise de sistemas deposicionais e paleocorrentes. Realizaram-se seções colunares de detalhe tipo Selley (1978), concomitante com a obtenção de dados de paleocorrentes em afloramentos selecionados. Também foram feitos registros fotográficos para reconhecimento e hierarquização de superfícies e para análise de elementos arquiteturais (Miall 1985, 1996).

Os trabalhos finais de gabinete e laboratório compreenderam caracterização petrográfica, tratamento de medidas de paleocorrentes, confecção de figuras e tabelas.

3.1.1 Análise de fácies sedimentares

De acordo com Miall (1990), a análise de fácies compreende o estudo e interpretação de texturas, estruturas sedimentares, assembléias de fósseis e associações litológicas em escala de afloramentos, testemunhos de sondagens ou segmentos de uma bacia. Assim, atribui-se o termo fácies a uma unidade rochosa definida com base em feições, tais como, composição, granulometria, geometria dos corpos e estruturas sedimentares. Cada fácies representa um único evento deposicional, podendo recorrer no tempo e espaço (Miall, 1990). Fácies podem

ser agrupadas em associações de fácies, características de ambientes deposicionais específicos. Tomando-se individualmente cada fácies, esta poderá representar as condições específicas dos processos deposicionais e do ambiente em que foi gerada.

Assim, foi elaborado um esquema de fácies com base na composição litológica predominante, textura e granulometria, organização interna, estruturas sedimentares e geometria dos corpos. Cada fácies foi identificada por um código simples de duas ou três letras.

3.1.2 Análise de Associações de Fácies

Agrupamentos de fácies que aparecem na (s) mesma (s) exposição (ões) e estão relacionadas geneticamente recebem a denominação de associações de fácies (Reading 1996). O conceito é fundamental para a interpretação ambiental, desenvolvendo-se a partir da análise da relação entre as fácies.

3.1.3 Estudo de Paleocorrentes

De modo geral, o estudo de paleocorrentes baseou-se nos métodos de Rust (1972), Miall (1974), Potter & Pettijohn (1977), Tucker (1989), Miall (1990) e Assine (1994), através de medições em estratos frontais de estratificações cruzadas tabulares e/ou tangenciais. De acordo com alguns destes autores é ideal uma população média de 25 medidas. Especificamente com relação à depósitos praias (litorâneos) e de tempestitos foram realizadas coletas de medidas de paleofluxo em estratificações cruzadas *swaley* e *hummocky* de fluxo combinado oscilatório e unidirecional, bem como em megaondulações (*megaripples*) e estratificações *swash*, de acordo com os trabalhos de Dott & Bourgeois (1982), Greenwood & Sherman (1986), Cheel (1991), Yagishita *et al.* (1992) e Cheel & Leckie (1992).

As medidas foram tratadas utilizando-se o Programa PALEOCOR desenvolvido pelo colega Renato Paes de Almeida.

3.1.4 Caracterização Petrográfica

A descrição petrográfica compreendeu a determinação da mineralogia do arcabouço, matriz (quando presente) e cimento. Através de estimativas visuais procurou-se classificar as rochas empregando-se Folk (1968). Os parâmetros de arredondamento e esfericidade seguiram proposta de Powers (1953). Os parâmetros de seleção foram baseados em escalas de Pettijohn *et al.* (1987).

As fotografias foram feitas no Laboratório de Petrografia Sedimentar do Instituto de Geociências (LabPetro) empregando-se o programa Qwin, da Leika.

3.1.5 Terminologia para Ambientes Costeiros

Um dos problemas encontrados, quando se trata de definir os ambientes de sedimentação de depósitos costeiros, refere-se à terminologia utilizada para definir os ambientes e subambientes.

Analisando-se a bibliografia, foram observadas várias discrepâncias referentes à terminologia utilizada para designar os ambientes e as formas da área costeira. Essas divergências ocorrem na literatura em língua inglesa e, freqüentemente, são ampliadas quando os termos são traduzidos para o português.

Uma breve revisão foi feita, a fim de justificar as denominações utilizadas no trabalho:

A divisão mais freqüente da zona costeira é: pós-praia (*back shore*), antepraia (*foreshore*) e face litorânea (*shoreface*) (ver Figura 05)

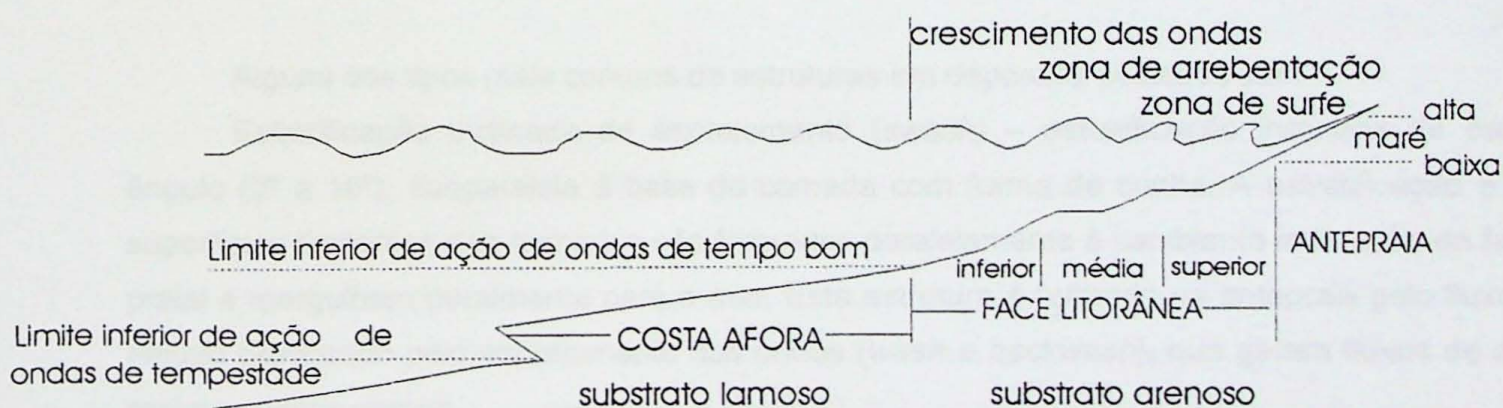


Figura 05- Perfil esquemático compreendendo linha de costa a marinho raso, localizando as áreas de antepraia, face litorânea e costa-afora, modificada de Walker & Plint (1992).

A antepraia situa-se, de acordo com Walker & Plint (1992), na zona de espraçamento de ondas, acima da linha de maré baixa. A antepraia é a zona de espraçamento (*swash zone*), com geração de barras de espraçamento (*swash bars*), caracterizadas por estratificação inclinada de baixo ângulo com mergulho para o mar. Como discutido por Angulo (1992), durante as marés altas ocorre o deslocamento das zonas de espraçamento e de surfe (*surf zone*) em direção ao continente, fazendo com que processos típicos da face litorânea superior ocorram na antepraia.

A face litorânea (*shoreface*) ocorre entre a antepraia e a zona de costa afora (*offshore*), sendo definida, segundo Walker & Plint (1992), como a zona sujeita à ação constante de ondas de tempo bom (*fairweather*), limitada no topo pela maré baixa e na base pelo limite de ação de ondas de tempo bom.

A face litorânea pode ser dividida em uma zona inferior, onde as ondas iniciam sua interação com o fundo, seguida de uma zona intermediária, ou zona de arrebentação (*breaker zone*), e uma superior, ou zona de surfe. Apesar do predomínio de processos de ondas de tempo bom, eventos de tempestades podem deixar registros na forma de estratificação cruzada tipo *swaley* e raro *hummocky*, principalmente na face litorânea intermediária. Na face litorânea superior ocorrem correntes de deriva litorânea e correntes de retorno geradas pela arrebentação das ondas de tempo bom, resultando em dunas subaquosas preservadas como estratificações cruzadas acanaladas e megaondulações. Podem também ocorrer canais subaquosos com estruturas semelhantes. Níveis de seixos residuais podem ser observados nesta zona, devido ao retrabalhamento do material, pelo espraçamento das ondas.

3.1.6 Estruturas Sedimentares

Alguns dos tipos mais comuns de estruturas em depósitos costeiros são:

Estratificação inclinada de espraçamento (*swash*) – estratificação inclinada de baixo ângulo (2° a 10°), subparalela à base da camada com forma de cunha. A estratificação e as superfícies limitantes das camadas são formadas paralelamente à cambiante inclinação da face praial e mergulham geralmente para o mar. Esta estrutura é formada na antepraia pelo fluxo e refluxo provocado pelo espraçamento das ondas (*wash* e *backwash*), que geram fluxos de alto regime e leitos planos.

Megaondulações — feições onduladas de inclinações suaves, formada sobre areia em ambientes marinhos rasos, face litorânea. Provavelmente originada por correntes de maré. O comprimento de onda pode atingir 100m e a amplitude cerca de 0,5m (Suguio 1998).

Estratificação cruzada tabular formada por migração de ondas de areia (*sand waves*)— estratificação cruzada de alto ângulo (próximo de 30°) de estratos tabulares. Os estratos

cruzados são planares e angulares à base dos estratos, onde o fluxo é estável, mas pode ser tangencial em algumas condições.

Estratificação cruzada truncada por ondas —estratificação cruzada de baixo ângulo (menos de 15°), subparalela à superfície limitante inferior, suavemente ondulada. Aparência similar em cortes verticais de qualquer orientação, freqüentemente associada a marcas onduladas simétricas (de onda).

Marcas onduladas de onda – os perfis transversais são simétricos e arredondados e a estratificação mergulha em ambas as direções de fluxo oscilatório.

Estratificação cruzada *hummocky* —esta estrutura é comparada com marcas de ondas em larga escala e interpretada como depósitos de tempestade (Harms *et al.* 1975). É uma combinação de fluxo oscilatório e alta energia. Na maioria dos casos as camadas de arenito — fino a muito fino—, são de 10 a 50 cm de espessura, com poucas delas mais espessas que um metro (Walker & Plint 1992). Muitas das camadas possuem contato brusco basal. A estratificação cruzada *hummocky* é, geralmente, preservada em áreas com fraca atividade de maré, abaixo da base de onda de tempo bom (*fairweather wave base*). Ocorre normalmente na face litorânea (*shoreface*), mas pode ser preservada na região de costa afora (*offshore*) (Greenwood & Sherman 1986). Entretanto, outros autores admitem que a região preferencial de atuação e de preservação de estratificações cruzadas *hummocky* seja a costa afora (e.g. Reading 1996).

Estratificação cruzada *swaley* —estrutura formada pela atuação de fluxo combinado oscilatório e unidirecional (Cheel & Leckie 1992); (Yagishita *et al.* 1992). A estratificação (ou laminação) interna é predominantemente planar a suavemente ondulada, sendo que a *swale* corta esta laminação (Walker & Plint 1992). O preenchimento em lâminas segue o contorno da forma da *swale* tornando-se gradualmente mais plano para o topo. Esta estrutura ocorre na região de face litorânea e registra eventos de tempestade.

Estratificação e laminação plano-paralela —estruturas geradas por correntes de regime de fluxo superior na antepraia (*foreshore*) durante o espraçamento na linha de costa. Alguns autores (e.g. Duke 1990) sugerem que a laminação plano-paralela possa formar-se por ação de corrente oscilatória, e que as marcas onduladas são marcas onduladas de fluxo combinadas.

Climbing ripples —estas estruturas ocorrem associadas às marcas onduladas, e são preservadas na face litorânea. A antepraia, por ser um ambiente onde predominam processos de tração e não de suspensão, dificilmente preserva este tipo de estrutura.

Lineação primária de corrente (*parting lineation*) —estas estruturas são geradas por correntes de fluxo superior e freqüentemente ocorrem na antepraia (*foreshore*).

4. Resultados Obtidos

4.1 Fácies Sedimentares

A análise da unidade permitiu a descrição das seguintes litofácies, adaptada a partir do esquema proposto por Miall (1977).

Código	Fácies	Descrição	Interpretação
Amo	Arenitos médios com megaondulações	Arenitos micáceos finos a médios, com boa seleção granulométrica, de coloração rósea, em camadas decimétricas a métricas, com megaondulações (<i>megaripples</i>).	Depósitos de barras arenosas costeiras por correntes de deriva litorânea.
AH	Arenitos médios a finos com estratificações cruzadas tipo <i>hummocky</i> .	Arenitos micáceos médios com boa seleção granulométrica e coloração rósea, dispostos em camadas decimétricas a métricas, onduladas, com estratificações cruzadas tipo <i>hummocky</i> .	Transporte e acumulação de material arenoso sob a ação combinada de fluxos oscilatórios de alta energia e comprimento de ondas de tempestade em face litorânea (<i>shoreface</i>) média a proximal.
Ab	Arenitos finos a médios com estratificação cruzada de baixo ângulo	Arenitos micáceos finos a médios, coloração róseo-avermelhada, com estratificação e laminação cruzadas tangenciais e tabulares, de baixo ângulo.	Transporte e acumulação de material arenoso sob a ação de corrente unidirecional e/ou oscilatória
Asy	Arenitos finos a médios com estratificação <i>swaley</i>	Arenitos micáceos, finos a médios, coloração róseo-avermelhada, apresentando estratificação cruzada <i>swaley</i>	Transporte e acumulação de material arenoso sob a ação combinada de fluxos oscilatórios, que ocorre devido à ação de ondas de tempestade.
Asw	Arenitos finos a médios com estratificação inclinada de baixo ângulo (<i>swash</i>).	Arenitos micáceos, finos a médios com boa seleção granulométrica portando estratificação inclinada de baixo ângulo, constituindo estratificação cruzada <i>swash</i> .	Depósitos de espraiamento de ondas na linha de costa (antepraia), formando barras de praia.
Ao	Arenitos finos com marcas onduladas	Arenitos finos, micáceos, róseo-avermelhados, com preservação da forma de marcas onduladas geralmente assimétricas no topo das camadas, e <i>climbing ripples</i> associadas.	Produto de correntes subaquáticas em águas relativamente rasas.

Am	Arenitos médios e finos maciços	Corpos arenosos de geometria tabular abrangendo arenitos médios, coloração róseo-avermelhada, de aspecto maciço, muitas vezes com intraclastos de argila	Depósitos decorrentes de transporte por fluxo de grãos, talvez por correntes de turbidez associadas a erosão da costa em eventos de tempestades.
Ap	Arenitos finos com estratificação plano-paralela	Arenitos finos a médios, micáceos, coloração róseo-avermelhada, com estratificação e laminação plano-paralelas, freqüentemente associadas a lineações primárias de corrente (<i>parting lineation</i>).	Depósitos gerados por correntes de regime de fluxo superior na antepraia (<i>foreshore</i>).

4.2 Associação de Fácies

De acordo com a análise de fácies sedimentares e agrupando as que ocorrem nas mesmas exposições, admitiu-se três associações (A1, A2 e A3).

A Associação A1 (Figura 06) representa arenitos micáceos com granulação fina a média, de coloração róseo-avermelhada, apresentando estratificação e laminação cruzadas de baixo ângulo tangencial e/ou tabular, predominantemente de pequeno porte (Ab) (Foto 01); estratificação cruzada *swash*, formada por estratificação plano-paralela e discordâncias (Asw) (Foto 02); estratificação e laminação plano-paralelas, freqüentemente associadas a lineações primárias de corrente (Ap) (Foto 03); e marcas onduladas, geralmente assimétricas no topo das camadas, e algumas vezes com *climbing ripples* associadas (Ao) (Foto 04).

A associação A2 (Figura 07) é constituída por arenitos micáceos com granulação fina a média, de coloração róseo-avermelhada, com estratificação e laminação cruzadas de baixo ângulo tangencial e/ou tabular, de pequeno a médio porte (Ab) (foto 05, 06 e 07), e níveis de seixos (observados em poucos afloramentos); megaondulações (*megaripples*) (Amo) (Foto 08), e marcas onduladas assimétricas no topo das camadas (Ao).

A associação A3 compreende arenitos micáceos com granulação fina a média, de coloração róseo-avermelhada, com estratificação e laminação cruzadas de baixo ângulo tangencial e/ou tabular, de pequeno a médio porte (Ab), estratificações cruzadas tipo *hummocky* (AH) (foto 09, 10 e 11) estratificação cruzada *swaley* (Asy) e marcas onduladas assimétricas no topo das camadas (Ao).

4.1 Paleocorrentes

A análise de paleocorrentes de ambientes marinhos rasos e costeiros dominados por ondas é de difícil interpretação devido à grande variedade de processos atuantes nesse tipo de

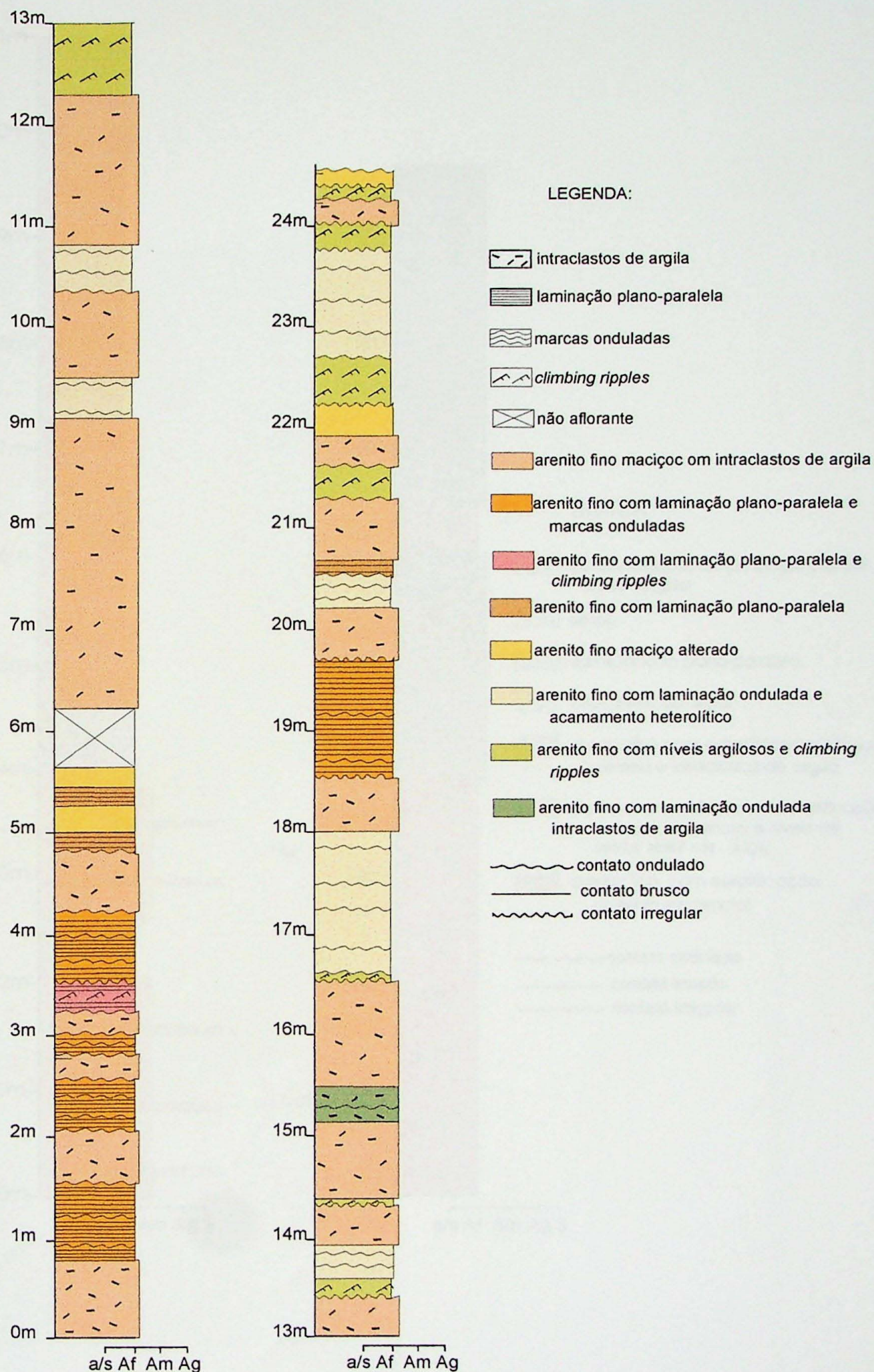


Figura 06- Seção colunar de detalhe representando a região de antepraia (*foreshore*) - ponto 20

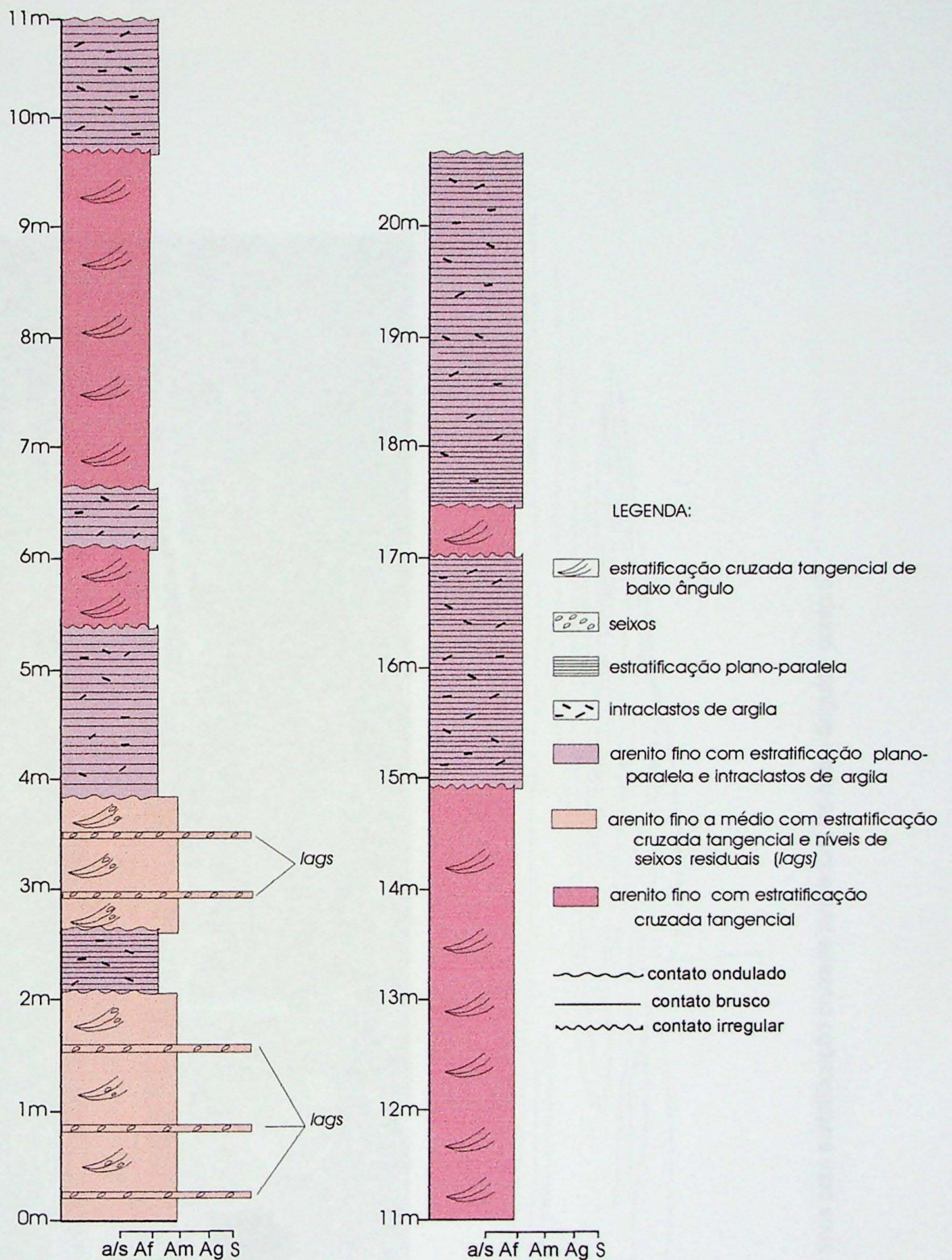


Figura 07- Seção colunar de detalhe representando a região de face litorânea (*shoreface*) - ponto 24

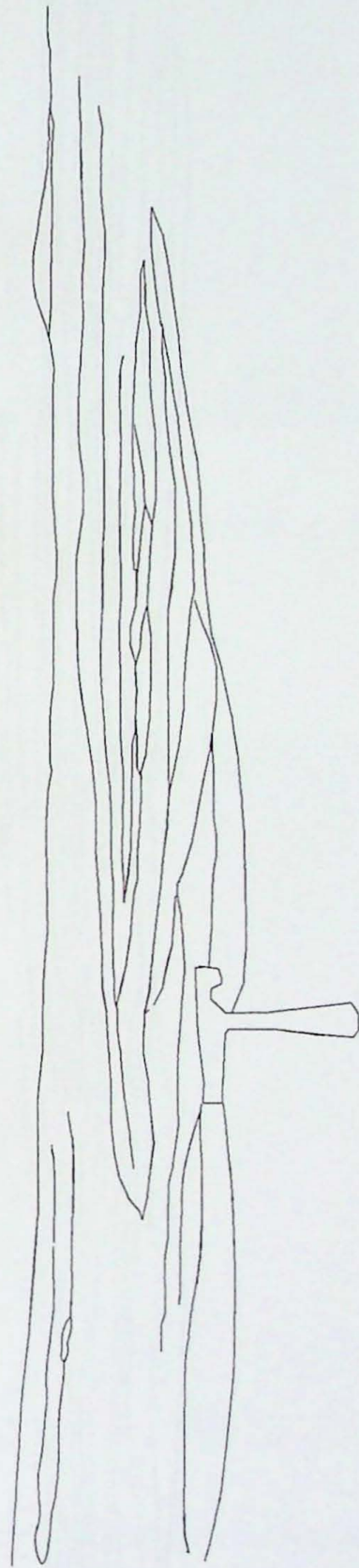


Foto 01 - Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo - ponto 57.

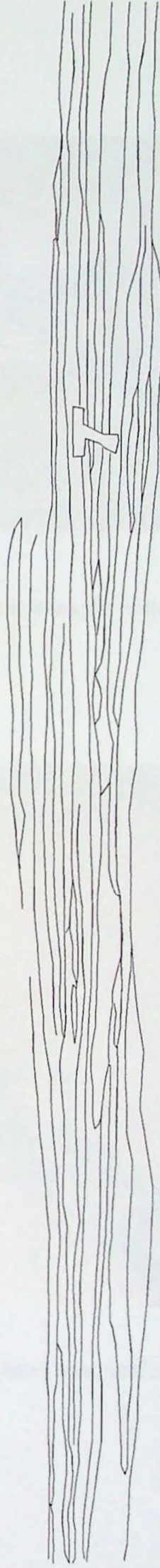


Foto 02- Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo formando truncamentos, estratificação swash da região de antepraia (*foreshore*) - ponto62.



Foto 03- Arenitos finos com estratificação plano-paralela e lineação primária de corrente de ambiente marinho raso de antepraia(*foreshore*).



Foto 04- Arenitos finos a médios com marcas onduladas assimétricas e nível de intraclastos - ponto 22.

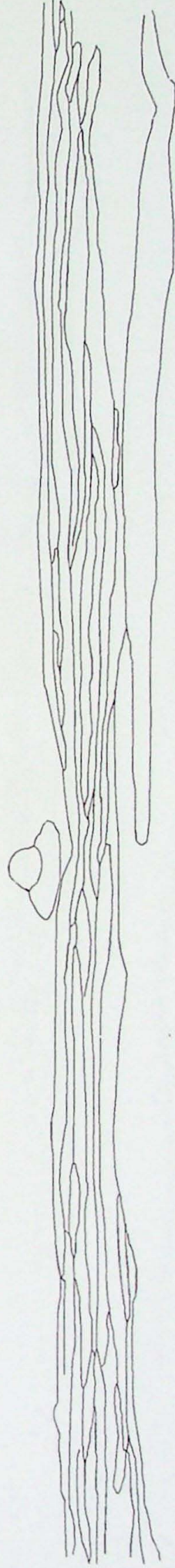


Foto 05- Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo formando truncamentos, com marcas onduladas- ponto 72.

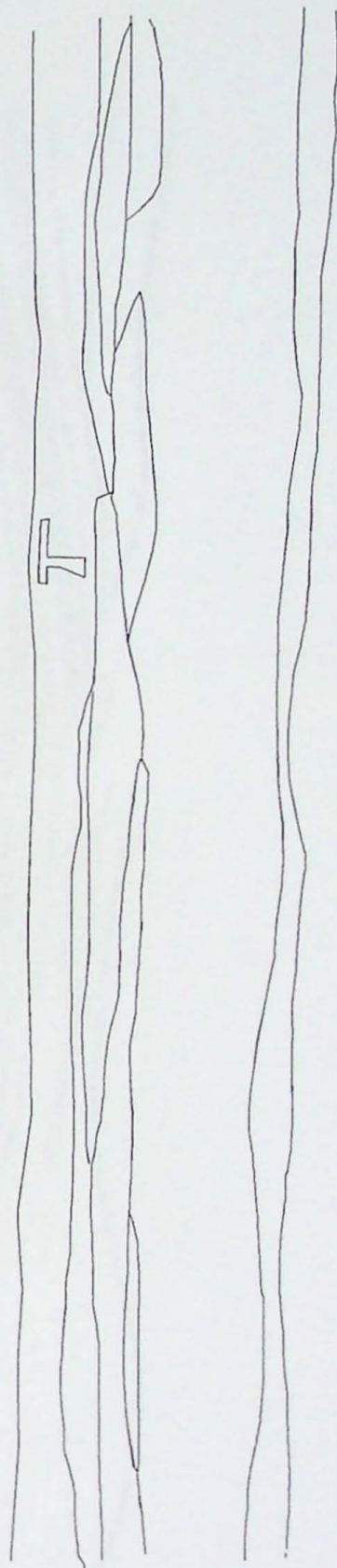


Foto 06- Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo - ponto 67.

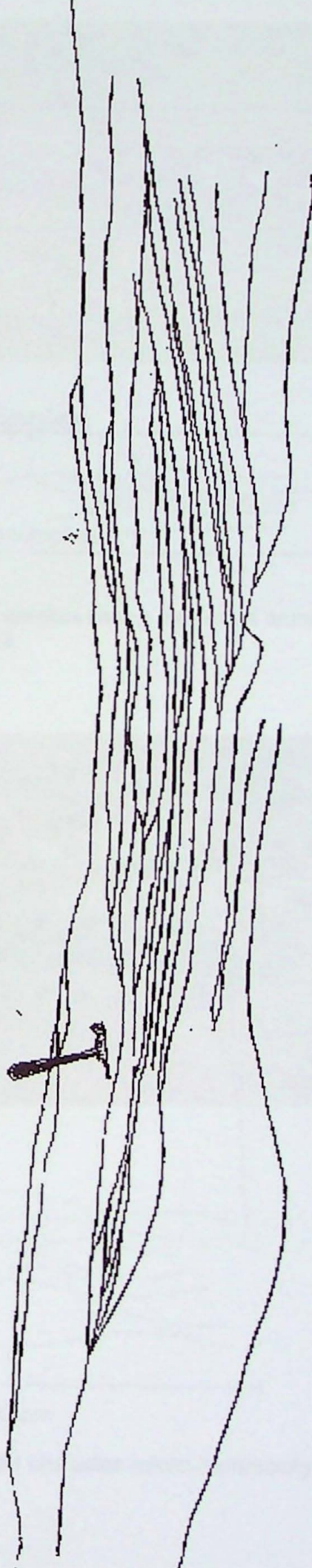


Foto 07- Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo - ponto 67.

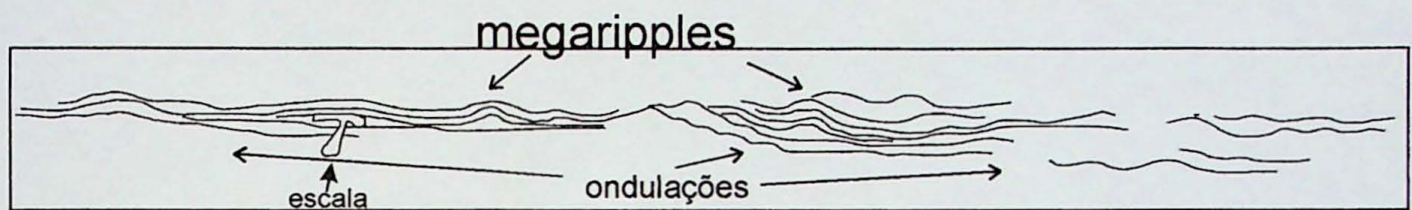


Foto 08- Megaondulações (*megaripples*) em arenitos finos a médios de ambiente marinho raso de face litorânea(*shoreface*) - ponto 22.

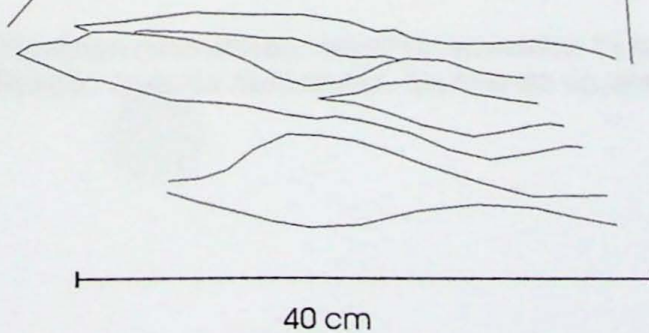


Foto 09- Arenitos finos com estratificações cruzadas *micro-hummocky* - ponto 37.

NW

SE

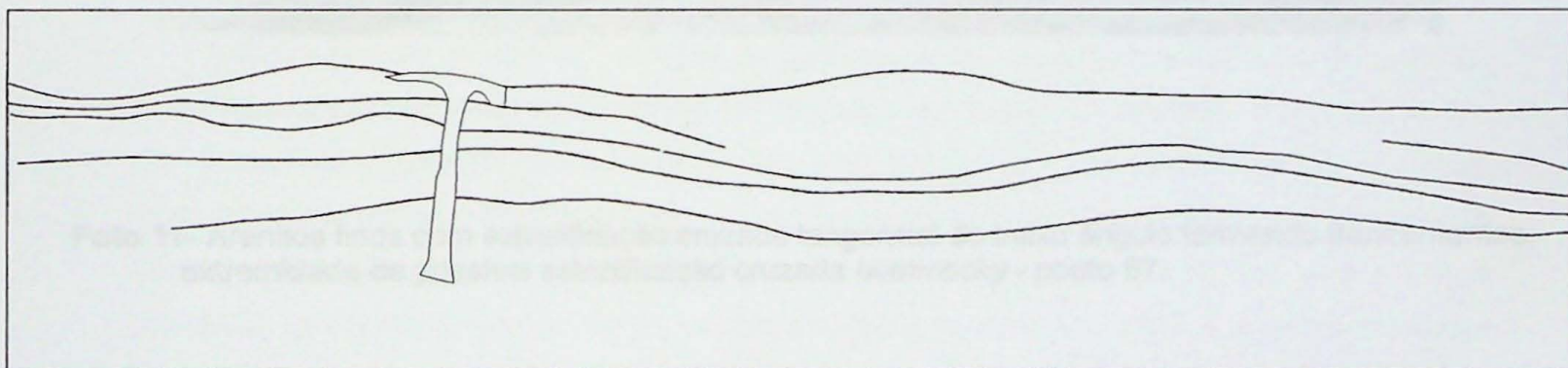
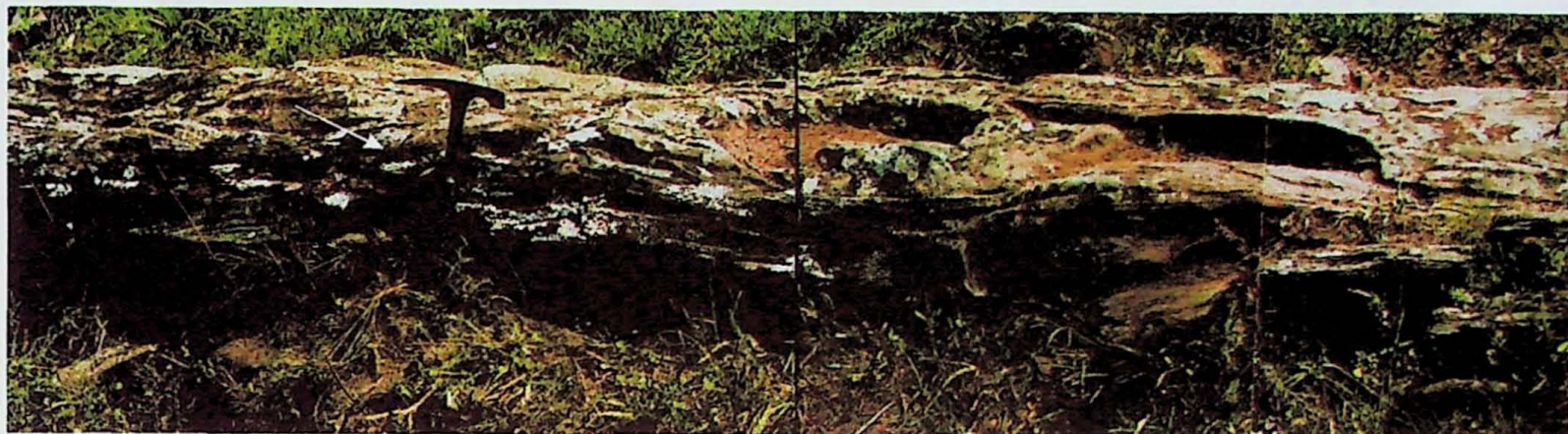


Foto 10- Depósitos de face litorânea (*shoreface*). Arenitos laminados truncados por superfícies de baixo ângulo - estratificação cruzada *hummocky*. Martelo de escala (ver seta) - ponto 21.



Foto 11- Arenitos finos com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo formando truncamentos, extremidade de possível estratificação cruzada *hummocky* - ponto 57

ambiente. As principais estruturas indicativas de paleofluxo encontradas foram estratificações cruzadas tipo *swaley* e estratificações cruzadas por migração de dunas subaquosas (tabulares e tangenciais).

As estratificações cruzadas *swaley* são geradas por processos de fluxo oscilatório e fluxo combinado (oscilatório mais unidirecional), sendo que, na segunda hipótese, a componente de fluxo unidirecional pode ser medida através da assimetria da estrutura (Yagishita *et al.* 1992). As estratificações tipo *swaley* são o resultado do preenchimento concordante de escavações circulares a elípticas geradas por oscilação em eventos de tempestades, e a componente unidirecional normalmente está associada a correntes de retorno que atuam durante a atenuação da tempestade. Dessa forma, os planos de estratificações possuem grande dispersão de mergulhos e, segundo Yagishita *et al.* (1992), a paleocorrente unidirecional fica registrada como o vetor médio do flanco de maior mergulho da estratificação.

Na região estudada foram analisadas paleocorrentes de estratificações cruzadas *swaley*, através da medição de diversos planos, sem o reconhecimento preliminar dos planos de maior mergulho devido à possibilidade de seu mascaramento pelo basculamento tectônico. Assim, após a medição de vários planos, realizou-se a correção do basculamento e só então reconheceu-se a assimetria da forma e o sentido dos planos de maior mergulho. A figura 08-A representa planos de estratificações cruzadas *swaley*, mostrando forte assimetria com alongamento da direção N-S, e paleocorrentes para Norte.

Outro tipo de estrutura indicativa de paleocorrentes reconhecida na área de estudos foram estratificações cruzadas geradas por migração de dunas subaquosas. Estas estruturas são tipicamente geradas por correntes unidirecionais, e no caso de ambientes costeiros dominados por ondas, são interpretadas como resultado de correntes costeiras, principalmente de deriva litorânea (*longshore currents*) (Walker & Plint 1992) e de retorno. No caso da área estudada, foram reconhecidas estratificações cruzadas de pequeno porte e ângulos médios a altos, com grande dispersão de paleocorrentes e vetor médio para SE, possivelmente originadas por correntes de deriva litorânea. (ver Figura 08 B)

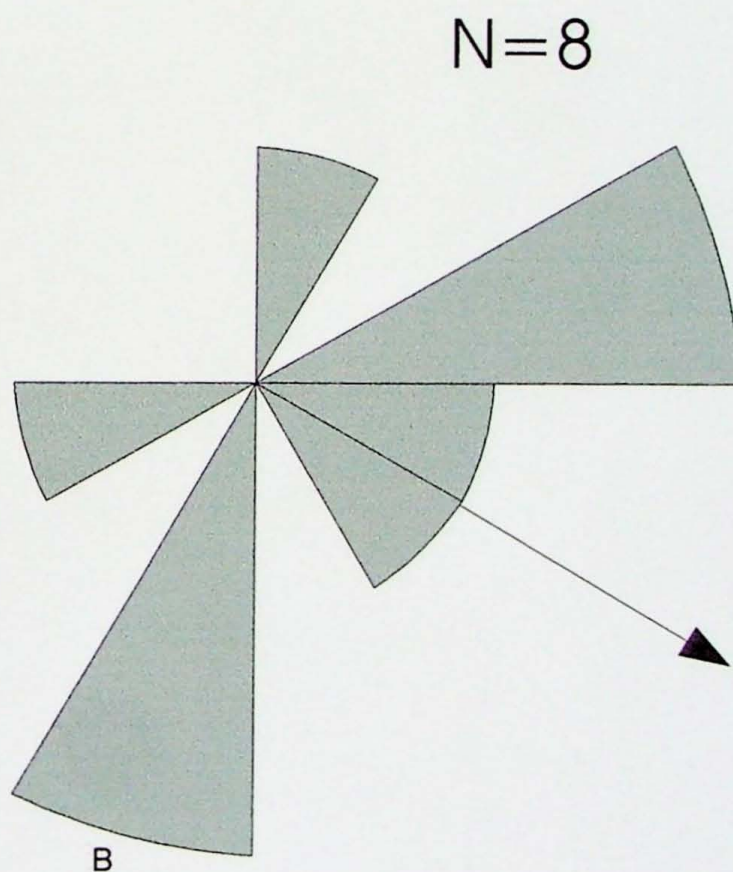
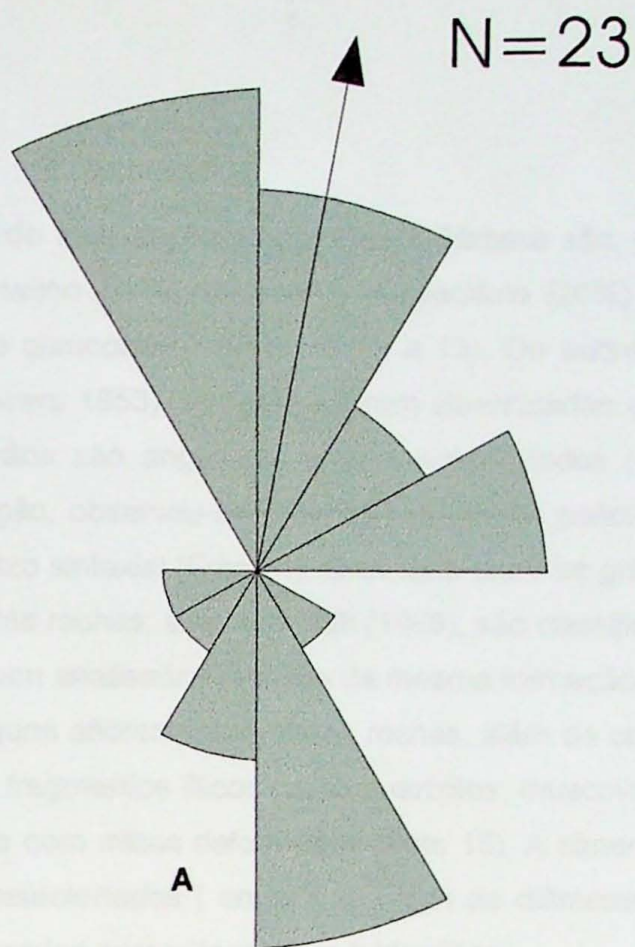


Figura 08- Diagramas de roseta apresentando os padrões de paleocorrentes e respectivos vetores médios de ambiente costeiro marinho raso.

A- Estratificações cruzadas tipo *swaley*. Os Planos de maior mergulho e a direção de paleocorrentes são para Norte.

B- Estratificações cruzadas por migração de dunas subaquosas e a direção de paleocorrentes para SE.

4.4 Petrografia

Os arenitos do topo da Formação Santa Bárbara são, predominantemente, compostos por quartzo policristalino (66%), feldspatos plagioclásio (20%) e microclínio (<5%), muscovita (5%), biotita (3%) e glauconita (1%) (Foto 12 e 13). De acordo com o parâmetro de seleção granulométrica (Powers 1953), as rochas foram classificadas como arenitos muito finos, entre 80 e 120µm. Os grãos são angulosos e bem selecionados (0.25 a 0.50 mm de diâmetro). Quanto à cimentação, observou-se cimento ferruginoso pelicular, cuticular e intersticial, além de cimento de quartzo sintaxial (Foto 14). O contato entre os grãos ocorre de forma suturada ou planar (foto 18). Estas rochas, segundo Folk (1968), são classificadas como arcóseos.

Também foram analisados arenitos da mesma formação que contém os níveis de seixos encontrados em alguns afloramentos. Estas rochas, além da composição mineralógica descrita acima, apresentam fragmentos líticos como quartzitos, muscovita xistos e andesitos (Foto 16 e 17), freqüentemente com micas deformadas (Foto 15). A cimentação é carbonática (foto 19) e os grãos são mal selecionados (entre 1 e 2 mm de diâmetro). Conforme Folk (1968), estes arenitos são classificados como litoarenitos feldspáticos.

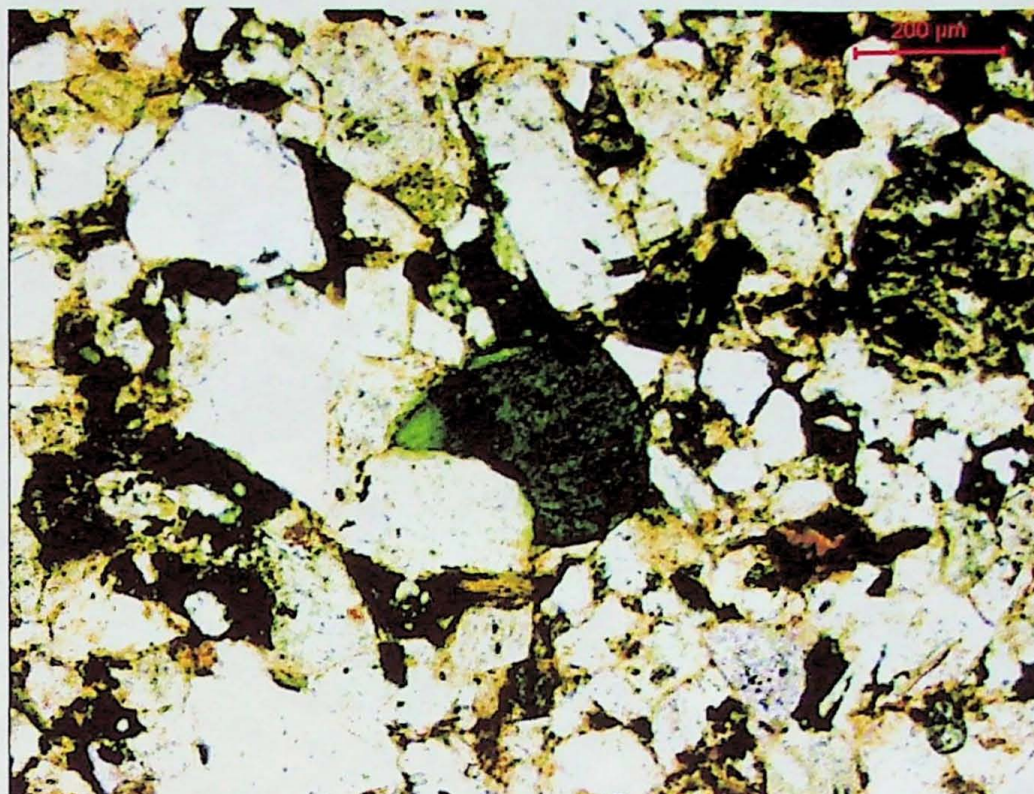


Foto 12



Foto 13

Foto 12- Glauconita em depósitos de *shoreface* - ponto 54

Foto 13- Glauconita em depósitos de *foreshore* - ponto 60

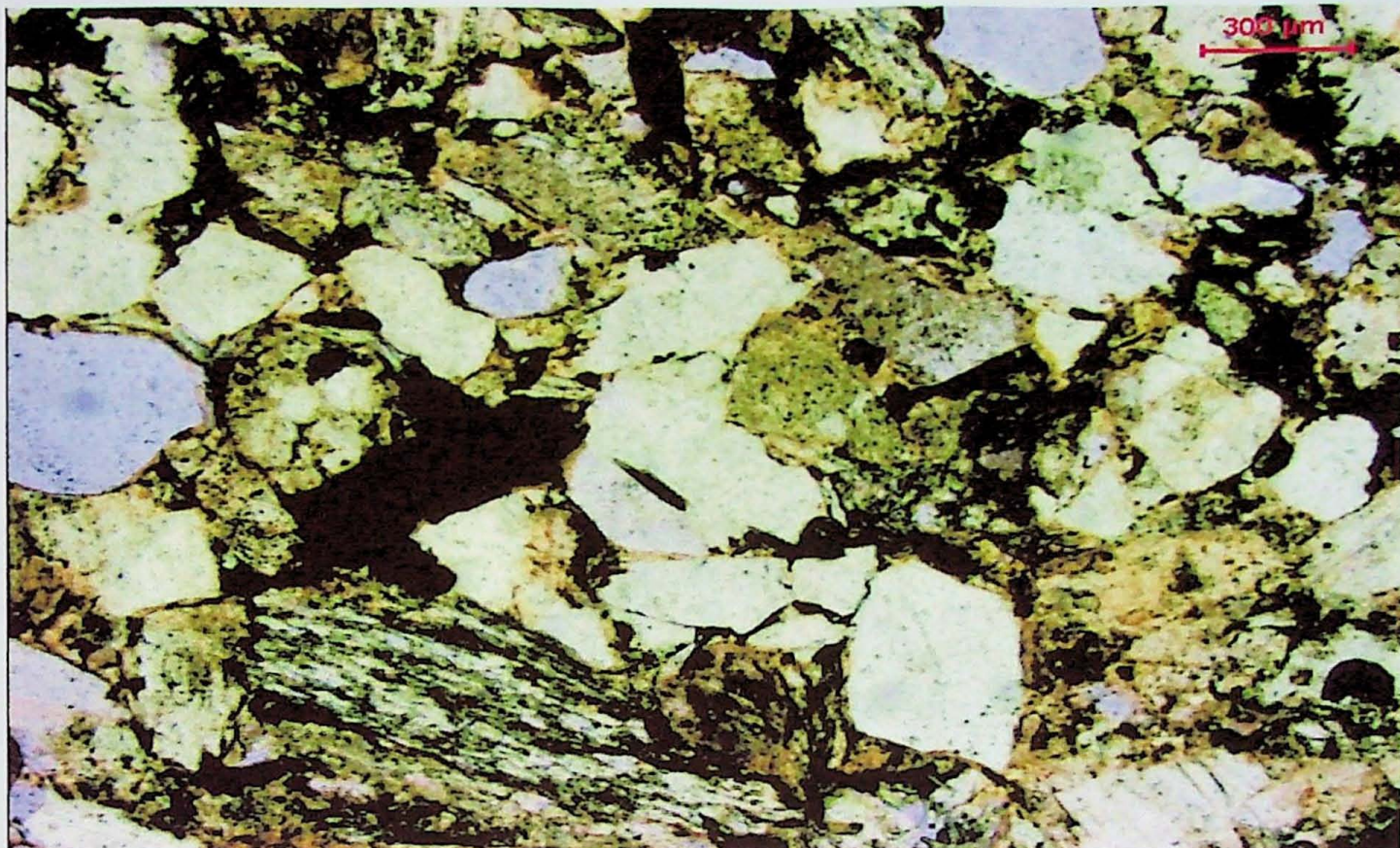


Foto 14



Foto 15

Foto 14- Contato suturado entre grãos - ponto 75

Foto 15- Deformação de mica - ponto 75

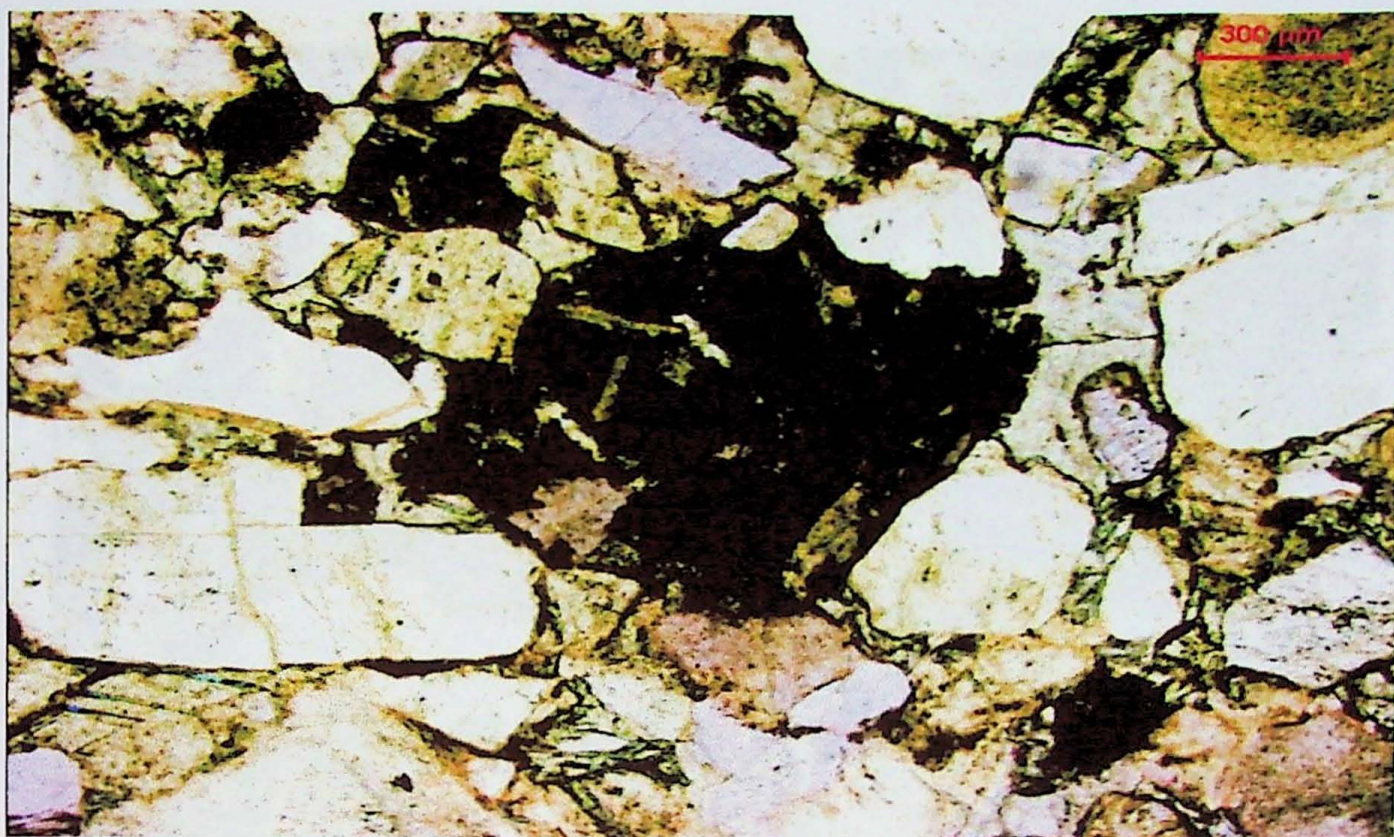


Foto 16

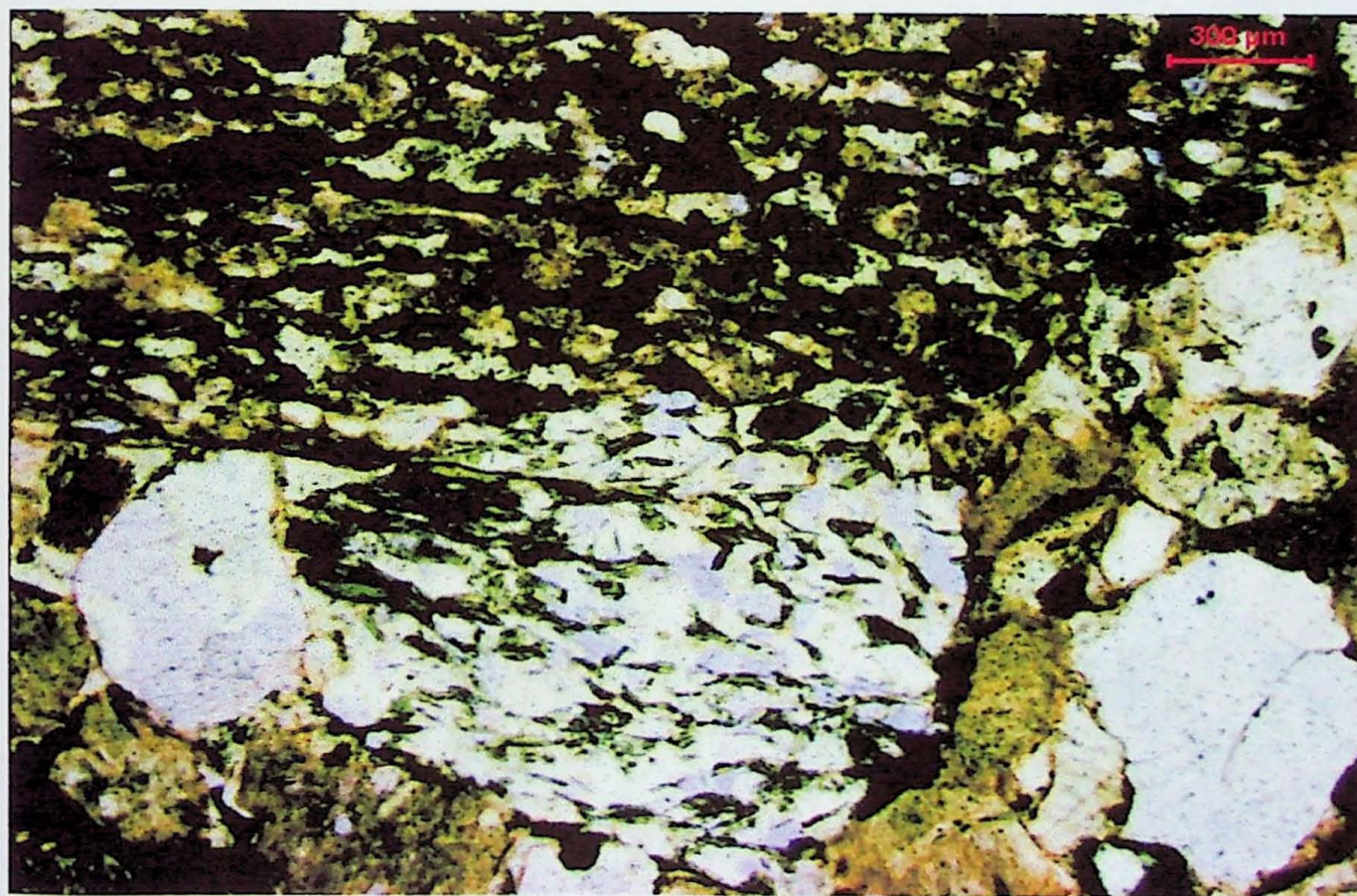


Foto 17

Foto 16- Clastos de andesito - ponto 60

Foto 17- Fragmentos líticos, xisto - ponto 75

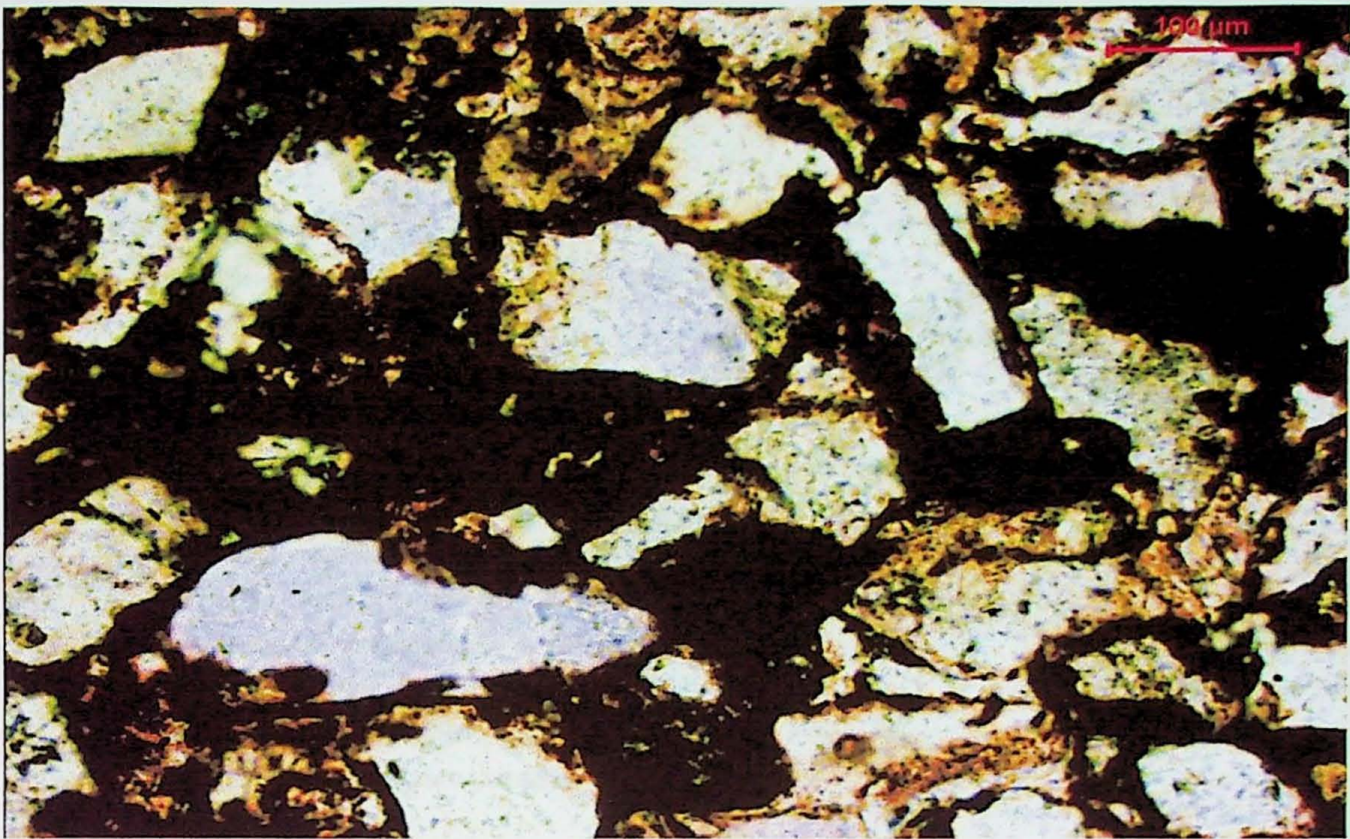


Foto 18

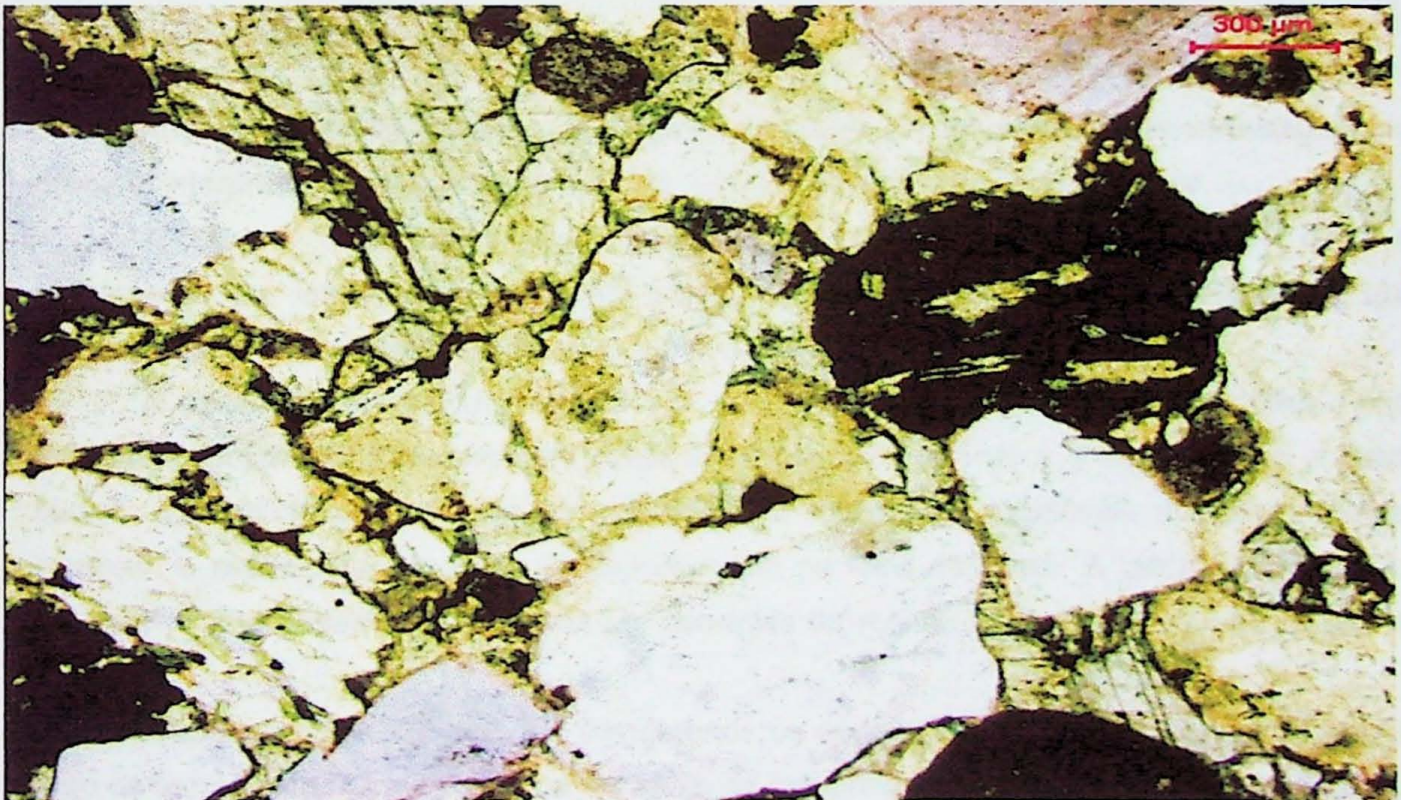


Foto 19

Foto 18- Contato planar entre grãos e cimento ferruginoso intersticial e cuticular - ponto 58

Foto 19- Matriz carbonática e fragmento de andesito - ponto 60

5. Interpretação dos Resultados

5.1 Ambientes Depositionais

Código	Associação	Fácies	Ambiente
A1	Arenitos finos a médios, micáceos, coloração róseo-avermelhada, estratificação e laminação cruzadas de baixo ângulo tangencial e/ou tabular, de pequeno porte, estratificação cruzada <i>swash</i> , , estratificação e laminação plano-paralelas, e marcas onduladas, geralmente assimétricas no topo das camadas, e algumas vezes com <i>climbing ripples</i> associadas.	Ab, Asw, Ap, Ao	Marinho costeiro, região de antepraia (<i>foreshore</i>).
A2	Arenitos finos a médios, micáceos, coloração róseo-avermelhada, estratificação e laminação cruzadas de baixo ângulo tangencial e/ou tabular, de pequeno porte, e níveis de seixos, megaondulações (<i>megaripples</i>), e marcas onduladas assimétricas no topo das camadas.	Ab, Amo, Ao	Marinho raso de tempo bom (<i>fair weather</i>), na transição da antepraia (<i>foreshore</i>) e face litorânea (<i>shoreface</i>); zona superior ou zona de surfe.
A3	Arenitos finos a médios, micáceos, coloração róseo-avermelhada, estratificação e laminação cruzadas de baixo ângulo tangencial e/ou tabular, estratificações cruzadas tipo <i>hummocky</i> , estratificação cruzada <i>swaley</i> e marcas onduladas assimétricas no topo das camadas.	Ab, AH, Asy, Ao	Face litorânea, provavelmente zona intermediária, ou zona de arrebenção (<i>breacker zone</i>).

Através da análise de fácies e, conseqüentemente, do agrupamento em associações, foi possível interpretar o ambiente deposicional do topo da Formação Santa Bárbara.

Todas as associações descritas representam depósitos marinhos, um possível afogamento da unidade de conglomerados e arenitos conglomeráticos superiores, que estratigraficamente ocorrem abaixo da unidade de estudo.

A associação A1 (Figura 06) indica um ambiente marinho costeiro, possivelmente antepraia (*foreshore*). Uma estrutura típica deste tipo de ambiente é a estratificação cruzada *swash*, que reflete as variações de inclinação da paleo-praia, separadas por discordâncias internas; e representa depósitos de espraimento na linha de costa. A estratificação plano-paralela foi interpretada como gerada por correntes de regime de fluxo superior na região de antepraia.

A associação A2 (Figura 07) compreende os depósitos gerados em ambiente marinho raso de tempo bom (*fair weather*), na transição da antepraia (*foreshore*) e zona superior da face litorânea (*shoreface*), zona de surfe. As megaondulações, encontradas em diversos afloramentos com extensa continuidade lateral, são interpretadas como produto da ação de ondas normais, que ocorrem em tempo bom . Os níveis de seixos associados às estratificações

cruzadas, representam depósitos residuais (*lags*), que teriam sido depositados devido ao retrabalhamento de material retirado da antepraia pelo espraiamento das ondas.

A associação A3 representa um ambiente marinho na região de face litorânea (*shoreface*) intermediária, abaixo da superfície de ação das ondas normais. As estratificações cruzadas *hummocky* em camadas arenosas amalgamadas são indício da ação de ondas de tempestade preservadas nesta região; bem como a estratificação cruzada *swaley*. Este tipo de estratificação representa progradação da face litorânea dominada por eventos de tempestade, onde os processos de tempestade destruíram todas as estruturas de sedimentação de tempo bom (*fair weather*), exceto na zona superior da face litorânea e da antepraia.

5.2 Paleocorrentes

A interpretação dos dados referentes a estratificações cruzadas *swaley* e de migração de dunas subaquosas permite a elaboração de um modelo preliminar de paleocorrentes marinhas costeiras para a área estuda. Analisando os vetores de transporte das estratificações cruzadas *swaley* podemos concluir que as correntes unidirecionais predominantes durante a atenuação de tempestades tiveram sentido norte, provavelmente refletindo uma direção perpendicular à costa e sentido para o mar.

O vetor médio das estratificações cruzadas por migração de dunas subaquosas indica correntes de deriva litorânea para SE, concordando com uma direção aproximadamente E-W da linha de costa sugerida pelas estratificações cruzadas *swaley*.

A conclusão de uma linha de costa E-W ou NW-SE, com um corpo marinho a norte, confirma o quadro paleogeográfico obtido por Fragoso Cesar *et al.* (2000^b) e Almeida (em preparação) a partir de paleocorrentes de unidades aluviais e, em menor medida, marinhas costeiras dominadas por ondas e por marés.

5.3 Petrografia

Com base na análise petrográfica, as rochas pertencentes ao topo da Formação Santa Bárbara são predominantemente arcóseos e litoarenitos feldspáticos.

Os tipos de cimento observados caracterizam uma cimentação primária. Os contatos do tipo suturado e planar, além da deformação das micas, indicam uma compactação intensa.

A presença de glauconita nestas rochas confirma o paleoambiente marinho. Segundo Odin (1988), o termo glauconita tem sido usado para designar os grão verdes que ocorrem nos sedimentos marinhos e sua composição mineralógica, os minerais glauconíticos. Existe um

processo no qual um substrato depositado no mar é progressivamente modificado em uma massa de minerais glauconíticos, chamado de glauconitização. Este processo freqüentemente ocorre em substratos granulares e *hardgrounds* depositados no fundo do mar. Consiste em evoluções morfológicas e mineralógicas. Durante a glauconitização ocorre uma alteração progressiva do substrato inicial e da gênese das argilas marinhas verdes, modificando a cor inicial do substrato. As argilas verdes marinhas removidas de detritos continentais e colocadas no mar originam autigenicamente os minerais de glauconita, formados em temperatura abaixo de 15°C, em águas com profundidade em torno de 60 m.

Através da análise dos fragmentos líticos presentes foi possível sugerir sua proveniência. Os clastos de andesitos derivam da Formação Crespos que, estratigraficamente, ocorre abaixo da Formação Santa Bárbara. Os clastos de quartzitos e xistos, têm como provável área fonte o Alto da Serra das Encantadas, situada nas proximidades.

6. Considerações Finais

A unidade de topo da Formação Santa Bárbara é constituída de arenitos finos e médios, de coloração róseo-avermelhada; predominantemente arcóseos e litoarenitos feldspáticos.

A análise de fácies sedimentares, e a individualização de três associações de fácies (A1, A2 e A3), permitiu a caracterização de seu sistema deposicional marinho costeiro.

A Associação A1 caracteriza a antepraia (*foreshore*), cujos registros são as estratificações *swash*, que refletem processos de espraçamento na linha de costa, e as estratificações plano- paralelas, muitas vezes apresentando lineação primária de corrente (*parting lineation*), indicativos de regime de fluxo superior, o fluxo e o refluxo das ondas.

A Associação A2 representa a face litorânea superior (*upper shoreface*) ou zona de surfe (*surf zone*), que estão registradas principalmente nas megaondulações (*megaripples*), que são ondas de tempo bom (*fairweather*), e níveis de seixos associados às estratificações cruzadas, representando depósitos residuais (*lags*), que teriam sido depositados devido ao retrabalhamento de material retirado da antepraia, pelo espraçamento das ondas.

A Associação A3 caracteriza a face litorânea intermediária (*medium shoreface*) ou zona de arrebatção (*breacker zone*), onde ocorre o predomínio de ondas de tempo bom. Mas durante as tempestades (*storm weather*), algumas estruturas são preservadas nesta região, no fim de um ciclo de tempestade. As estratificações cruzadas *swaley* e estratificações cruzadas *hummocky* (raramente) representam esses eventos de tempo ruim. A maioria das estruturas sedimentares geradas em tempo bom, não são preservadas devido à ocorrência das tempestades.

Além destas estruturas típicas de ambiente marinho costeiro, o mineral de glauconita observado em diversas lâminas durante a análise petrográfica confirma o paleoambiente marinho, uma vez que este mineral só ocorre em depósitos marinhos devido às condições ambientais, temperatura, profundidade e também pela sua composição.

De acordo com a análise de paleocorrentes, conclui-se dois vetores médios. Um representativo das estratificações cruzadas *swaley*, para norte, com direção perpendicular à linha de costa e sentido para o mar. O outro, das estratificações cruzadas geradas por migração por dunas subaquosas, para sudeste, indicando correntes de deriva litorânea para SE, concordando com uma direção aproximadamente E-W da linha de costa sugerida pelas estratificações cruzadas *swaley*.

Portanto, a unidade estudada, representa um sistema deposicional marinho costeiro, dominado por ondas de tempo bom e afetado por eventos de tempestade.

7. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F.F.M. -1969- Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., SBG, *Anais...*, Salvador, BA, v. 1, p. 29-46.
- ALMEIDA, R. P. -em preparação- *Evolução tectono-sedimentar da Formação Santa Bárbara (Neoproterozóico III – Cambriano ?) na Sub-Bacia Camaquã Ocidental, RS* –Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
- ANGULO, R.J. -1992- Geologia da planície costeira do estado de São Paulo, 334p. (Tese de Doutorado no Instituto de Geociências de São Paulo)
- ASSINE, M.L. -1994- Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **24** (4): 223-232.
- BECKEL, J. -1990- *Metalogenia del Cu. Pb y Zn en la Cuenca de Camaquã, durante el ciclo Orogénico Brasileiro, RS (Brasil)*. Salamanca, 275 p. (Tese de Doutorado) - Universidade de Salamanca.
- CARVALHO, P.F. -1932- Reconhecimento Geológico no Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim do Instituto Geológico e Mineralógico do Brasil*, Rio de Janeiro, **66**:1-72.
- CHEEL, R.J. -1991- Grain fabric in hummocky cross-stratified storm beds: genetic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, **61** (1): 102-110.
- CHEEL, R.J.; LECKIE, D.A. -1992- Coarse-grained storm beds of the Upper Cretaceous Chungo Member (Wapiabi Formation), southern Alberta, Canada. *Journal of Sedimentary Petrology*, **62** (6): 933-945.
- DOTT, R.H. Jr.; BOURGEOIS, J. -1982- Hummocky stratification: signification of its variable bedding sequences. *Geological Society of America Bulletin*, **93**: 663-680.

- DUKE, W.L. -1990- Geostrophic circulation or shallow marine turbidites? The dilemma of paleoflow patterns in storm-influenced prograding shoreline systems: *Journal of Sedimentary Petrology*, **60**: 870-883
- FACCINI, U.F.; PAIM, P.S.G.; FRAGOSO CESAR, A.R.S. -1987- Análise faciológica das molassas brasileiras na região das Minas do Camaquã, Eo-paleozóico do RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, Atas..., SBG, v. 1, pp. 75-91.
- FAMBRINI, G.L. -1998- *O Grupo Camaquã (Transição Proterozóico-Fanerozóico) na região das Minas do Camaquã, RS: Análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes*. São Paulo, 182p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao IGc-USP)
- FAMBRINI, G.L.; FRAGOSO CESAR, A.R.S.; RICCOMINI, C.; PAES DE ALMEIDA, R.; PELOSI, A.P.M.R.; JANIQUIAN, L.; NOGUEIRA, A.C.R.; MACHADO, R. -2000- Depositional Systems of the upper portion of the Camaquã Group, Neoproterozoic-Cambrian, Rio Grande do Sul state, southern Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., Rio de Janeiro, Brazil, 2000, *Abstracts*. Rio de Janeiro
- FAMBRINI, G.L., FRAGOSO CESAR, A.R.S., SILVA FILHO, W.F., TEIXEIRA, G., SAYEG, H.S., MACHADO, R. -1998- Análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes do Grupo Camaquã (transição Proterozóico-Cambriano) na Mina Uruguai e suas implicações na evolução tectono-sedimentar da Bacia do Camaquã, RS. *Boletim IG-USP, Série Científica*, **29**: 39-69.
- FAMBRINI, G.L., MARTIN, M.A.B., McREATH, I.; FRAGOSO CESAR, A.R.S. -1999- Subaqueous pyroclastic deposits of the Hilário Formation, RS. In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1, Gramado, 1999. *Boletim de Resumos*, Gramado, SBG, p. 34.
- FOLK, R.L. -1968- *Petrology of Sedimentary Rocks*. The University of Texas, Austin, Hemphill's, 170p.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S. -1984- *Evolução paleoambiental e tectônica da Bacia do Camaquã: uma introdução*. Porto Alegre, 103 p. (Dissertação - Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S. -1991- *Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. São Paulo, 366 p. (Tese - Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S.; FACCINI, U.F.; PAIM, P.S.G.; LAVINA, E.L.; ALTAMIRANO, J.A.F. -1985- Revisão na Estratigrafia das Molassas do Ciclo Brasileiro no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Anais..., Florianópolis, 1985, pp. 477-491.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S.; FAMBRINI, G.L.; PAES DE ALMEIDA, R.; PELOSI, A.P.M.R.; JANIQUIAN, L.; RICCOMINI, C.; MACHADO, R.; NOGUEIRA, A.C.R.; SAES, G.S. -2000^b - The Camaquã extensional Basin: Neoproterozoic-early Paleozoic transition in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30** (3):438-441.
- FRAGOSO CESAR A.R.S., FAMBRINI G.L., PAES DE ALMEIDA R., PELOSI A.P.M.R., JANIQUIAN L., NOGUEIRA A.C.R., RICCOMINI C., MACHADO R. -2000^a- The Neoproterozoic and Eopaleozoic Successions of the Rio Grande do Sul state, southern

Brazil: Superposed Basins of the end of the Brasilides Tectonics and the birth of the intracratonic Paraná Basin. In: International Geological Congress, 31., Rio de Janeiro, Brazil, 2000, *Abstracts*. Rio de Janeiro.

FRAGOSO CESAR, A.R.S.; MACHADO, R. -1997- Neoproterozoic terranes of the Gaúcho Shield (southern Brazil and Uruguay). In: SOUTH AMERICAN SIMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, Campos de Jordão, 1997. *Extended Abstracts*. Campos do Jordão, FAPESP/CNPq/CPRM. p. 65-68.

FRAGOSO CESAR, A.R.S.; MACHADO, R.; PHILLIP, R.P.; MELLO, F.M. de; ENDO, I.; NUMMER, A.R.; PRECIOZZI, F.P.; FAMBRINI, G.L.; SAYEG, H.S. -1998- Terrenos suspeitos a sul da Placa Sanfranciscana (SE da Plataforma Sul-Americana). In: CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGIA, 2., Punta del Este, 1998. *Actas...* Punta del Este, SUG/Facultad de Ciencias, p. 1-6.

FRAGOSO CESAR, A.R.S.; WERNICK, E.; SOLIANI Jr., E. -1982 - Evolução geotectônica do Cinturão Dom Feliciano- Uma contribuição através da aplicação do modelo da Tectônica de Placas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG, v. 1, p. 13-23.

GREENWOOD, B.; SHERMAN, D.J. -1986- Hummocky cross-stratification in the surf zone: flow parameters and bedding genesis. *Sedimentology*, 33: 33-45.

GOÑI, J.C.; GOSO, H.; ISSLER, R.S. -1962- Estratigrafia e Geologia Econômica do Pré-Cambriano e Eo-Paleozóico Uruguaio e Sul-Rio-Grandense. *Avulso da Escola de Geologia*, Universidade do RGS, Porto Alegre, v. 3, p. 1-105.

HARMS, J.C.; SOUTHARD, J.B.; SPEARING, D.R.; WALKER, R.G. -1975- *Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences*. SEPM Short Course n. 2, 161 p. (Society of Economic Paleontologists and Mineralogists).

HARTMANN L.A., SILVA L.C., REMUS M.V.D., LEITE J.A.D., PHILIPP R.P. -1998- Evolução geotectônica do sul do Brasil e Uruguai entre 3,3 Ga e 470 Ma. In: CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGÍA, 2., Punta del Este, 1998. *Actas*, Punta del Este, SUG/Facultad de Ciencias, 277-281.

JANIKIAN, L., FRAGOSO CESAR, A.R.S., PAES DE ALMEIDA, R.; FAMBRINI, G.L. -2000- the late Neoproterozoic- early Cambrian Camaquã Group in the Bom Jardim Sub-basin, Rio Grande do Sul State, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro, Brazil, 2000, *Abstracts*. Rio de Janeiro.

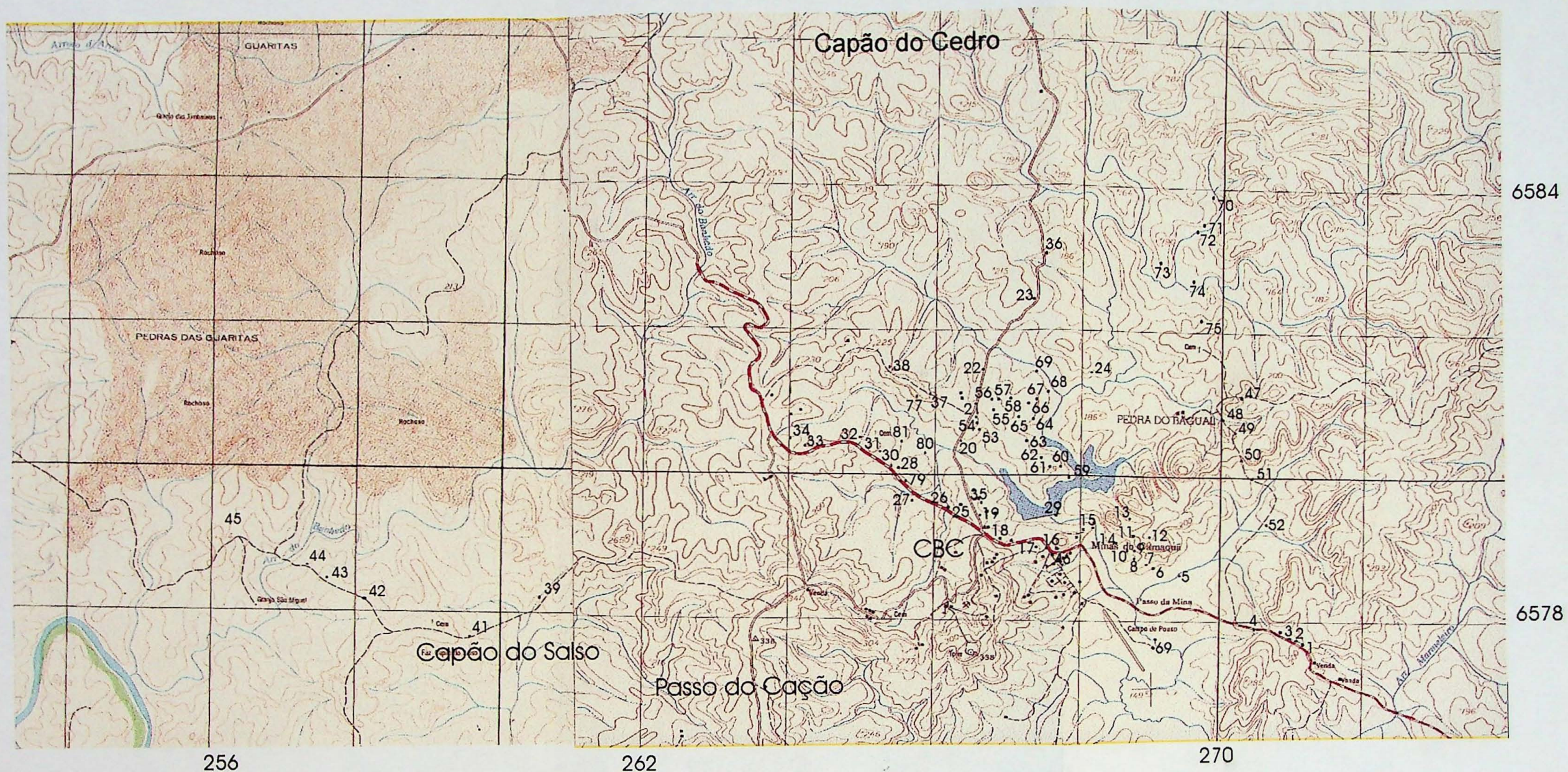
LAVINA, E.L.; FACCINI, U.F.; PAIM, P.S.G.; FRAGOSO CESAR, A.R.S. -1985- Ambientes de Sedimentação da Bacia do Camaquã, Eo-Paleozóico do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, 21 (9):185-227.

LEINZ, V. -1939- Problema geológico do Post-Arqueano no Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, 4 (22): 203-206.

LEINZ, V.; BARBOSA, A.F.; TEIXEIRA, G.A. -1941- Mapa Geológico Cacapava-Lavras. *Boletim da Divisão de Produção Mineral da Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio*, Porto Alegre, RS, v. 90, p. 1-39.

- LEITES, S.R.; LOPES, R.C.; WILDNER, W.; PORCHER, C.A.; SANDER, A. -1990- Divisão litofaciológica da Bacia do Camaquã na Folha Passo do Salsinho, Caçapava do Sul -RS, e sua interpretação paleoambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. *Anais....* Natal, SBG, v.1, p. 300-312.
- LIMA, E.F.; NARDY, L.V.S. -1998- The Lavras do Sul Shoshonitic Association: implications for the origin and evolution of Neoproterozoic shoshonitic magmatism in southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. **11**: 67-77.
- MELCHER, G.C.; MAU, H. (1960) Novas observações geológicas na região de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 32, n. 2, p. 43-50.
- MIALL, A.D. -1974- Palaeocurrent analysis of alluvial sediments: a discussion of directional variance and vector magnitude. *Journal of Sedimentary Petrology*, **44** (4):1174-1185.
- MIALL, A.D. -1985-. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sciences Review*, **22**: 261-308.
- MIALL, A.D. -1977- A review of the braided-rivers depositional environment. *Earth Science Review*, **13** (1): 1-62.
- MIALL, A.D. -1990- *Principles of sedimentary basin analysis*. 2nd ed., New York, Springer-Verlag, 668 p.
- MIALL, A.D. -1996- *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin, Springer, 582p.
- NETTO R.G., PAIM P.S.G., ROSA C.L.M. -1992-. Informe preliminar sobre a ocorrência de traços fósseis em sedimentitos das Bacias do Camaquã e Santa Bárbara. In: *WORKSHOP SOBRE AS BACIAS MOLÁSSICAS BRASILIANAS*, 1. *Boletim de Resumos Expandidos*, São Leopoldo, SBG/UNISINOS, 90-96.
- ODIN, G.S. -1988- *Green Marine Clays*. Developments in Sedimentology 45 112p.
- PAIM, P.S.G.; LOPES, R.C.; CHEMALE Jr., F. -1995- Aloestratigrafia, sistemas deposicionais e evolução paleogeográfica da Bacia do Camaquã -Vendiano Superior/ Ordoviciano Inferior do RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 6/ ENCONTRO GEOLOGIA DO CONE SUL, 1., Porto Alegre, *Boletim de Resumos Expandidos....*, SBG. Núcleo RS, p. 39-50.
- PETTIJOHN, F.J.; POTTER, P.E.; SIEVER, R. -1987- *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, New York, 618 p.
- POTTER, P.E.; PETTIJOHN, F.J -1977- *Paleocurrents and basin analysis*. 2nd ed., Springer-Verlag, New York, 425 p.
- POWERS, M.C. -1953- A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, **23**: 117-119.
- READING, H.G. -1996- *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy* Blackwell Science, 668p.

- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEIREDO FILHO, P.M.; TESSARI, R.I. -1966- Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul. *Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral DNPM*, Rio de Janeiro, n. 127, p. 1-232.
- RIBEIRO, M.; FANTINEL, L.M. -1978- Associações petrotectônicas do Escudo Sul-Riograndense: I Tabulação e distribuição das associações petrotectônicas do Escudo do Rio Grande do Sul. *Inheringia, Série Geologia*, Porto Alegre, v. 5, p. 19-54.
- ROBERTSON, J.F. -1966- Revision of stratigraphy and nomenclature of rock units in Caçapava Lavras Region. *Notas e Estudos*, IG-UFRGS, Porto Alegre, 1 (2), pp. 41-54.
- RUST, B.R. -1972- Pebble orientation in fluvial sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 42 (4): 384-388.
- SANTOS, E.L.; BECKEL, J.; MACEDO, P.M.; GONZALES FILHO, F.; CHABAM, M. -1978- Divisão lito-estratigráfica do Eo-Cambriano-Pré-Cambriano Superior do Escudo Sul-Riograndense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais.... Recife, SBG*, v. 2, p. 670-684.
- SELLEY, R.C. -1978- *Ancient sedimentary environments*. 3rd ed., Chapman & Hall, London, 237p.
- SILVA FILHO, W.F. da -1997- *A Formação Guaritas na porção centro-sudeste da Bacia do Camaquã-RS*. São Paulo, 121 p. (Dissertação de Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- SUGUIO, K. -1998- *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins*. Editora Bertrand Brasil 1217p.
- TUCKER, M. E. -1989- *The field description of sedimentary rocks*. Geological Society of London, Handbook Series, p.91-97.
- WALKER, R.G.; PLINT, A.G. -1992- Wave- and storm-dominated shallow marine systems. In: WALKER, R.G. & JAMES, N.P. *Facies Models- Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, p. 219-238.
- WENTHWORTH, C.K. -1922- A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 30, p. 377-392.
- WILDNER, W.; LIMA, E.F.; CAMOZZATO, E.; LOPES, R. da C. -1997- Vulcanismo Neoproterozóico-Cambriano no Rio Grande do Sul: estratigrafia e aspectos texturais. *A Terra em Revista*, 3 : 19-27.
- YAGISHITA, K.; ARAKAWA, S.; TAIRA, A. -1992- Grain fabric of hummocky and swaley cross-stratification. *Sedimentary Geology*, 78: 181-189.



ARTICULAÇÃO DA FOLHA

ARROIO CARAJÁ	MINAS DO CAMAQUÃ
MI-2995/4	MI-2996/3

ÁREA DE ESTUDO

Anexo 1- Mapa de pontos da área de estudo.

