

Evolução Estratigráfica e Paleogeográfica do Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-bacia Camaquã Central, RS

Gelson Luís Fambrini¹ (gelson.fambrini@ufpe.br), Liliâne Janikian², Renato Paes de Almeida³, Antonio Romalino Santos Fragoso-Cesar³

¹Departamento de Geologia - Centro de Tecnologia e Geociências - UFPE
Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, CEP 50740-530, Pernambuco, PE, BRA

²Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar - Instituto de Geociências - USP, São Paulo, SP, BRA

³Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental - Instituto de Geociências - USP, São Paulo, SP, BRA

Recebido em 07 de abril de 2006; aceito em 18 de setembro de 2006

Palavras-chave: Grupo Santa Bárbara, Bacia do Camaquã, estratigrafia, análise de proveniência, paleogeografia, Ediacarano.

RESUMO

As exposições do Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-bacia Camaquã Central são representadas por uma sucessão de depósitos arenosos e rítmicos marinhos/transicionais e depósitos conglomeráticos de leques aluviais, que compõem ciclos progracionais-retrogradacionais. Nesta sub-bacia, o Grupo Santa Bárbara apresenta mais de 2.000 m de espessura, com excelentes exposições nas regiões das Minas do Camaquã e de Bom Jardim. Estudos estratigráficos de paleoambientes, paleocorrentes e de proveniência realizados nestas regiões possibilitaram a seguinte subdivisão do Grupo Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Central, a partir da base: **1.** Formação Passo da Capela: unidade areno-siltítica subdividida em turbiditos distais de leque subaquoso (*Outer-fan*), e turbiditos proximais a distais de leque subaquoso (*Inner-Fan a Outer-fan*) e tempestitos de costa-afora (*offshore*); **2.** Formação Seival: arenitos e siltitos de depósitos litorâneos e de planície de marés; **3.** Formação Rincão do Mouras: unidade areno-conglomerática formada por depósitos de leques aluviais e de sistemas fluviais entrelaçados e **4.** Formação João Dias: composta principalmente por arenitos interpretados como depósitos litorâneos de antepaia e de face litorânea e tempestitos de face litorânea. Estes estudos permitiram ainda o reconhecimento de uma notável correlação entre as unidades encontradas nestas regiões legitimando, desta forma, a proposta de englobar os depósitos da região das Minas do Camaquã, classicamente relacionadas à Formação Arroio dos Nobres, no redefinido Grupo Santa Bárbara.

Keywords: Santa Bárbara group, Camaquã Basin, stratigraphy, provenance analysis, paleogeography, Ediacaran.

ABSTRACT

In the Central Camaquã Sub-basin, the Santa Bárbara Group (Ediacaran) is over 2,000 m thick, being well exposed in the Minas do Camaquã and Bom Jardim regions. The group is represented by a succession of marine to coastal sandstones and rhythmites, and alluvial fan conglomerates, disposed in progradational-retrogradational cycles. Detailed stratigraphic studies of paleoenvironments, paleocurrents and provenance have lead to the subdivision of the Group in the central sub-basin into four formations: **1.** Passo da Capela Formation: silty-sandy unit composed of outer- and inner- subaqueous fan turbidites and offshore tempestites; **2.** Seival Formation: sandstones of coastal deposits, including tidal flat systems; **3.** Rincão dos Mouras Formation: alluvial fan and braided alluvial pebbly unit and **4.** João Dias Formation: mainly sandstones interpreted as foreshore and shoreface coastal deposits. These studies have permitted the detailed correlation between the Minas do Camaquã and Bom Jardim regions, thus supporting the proposition of including in the Santa Bárbara Group as defined here, the deposits exposed in the Minas do Camaquã region, traditionally attributed to the Arroio dos Nobres Formation.

INTRODUÇÃO

Estudos paleogeográficos possibilitam a reconstrução da evolução tectono-sedimentar de uma bacia. Estudos de fácies, proveniência e paleocorrentes constituem ferramentas imprescindíveis na análise e compreensão da evolução tectônica de bacias, assim como contribuem significativamente para a reconstrução paleogeográfica global (Dickinson, 1988; Miall, 2000). Este artigo pretende mostrar a evolução estratigráfica e paleogeográfica do Grupo Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Central utilizando-se destas técnicas.

De acordo com Fragoso-Cesar et al. (2003), o Supergrupo Camaquã (Ediacarano) atinge espessura significativamente superior a 6.000 m e é constituído pelas seguintes unidades (Figura 1):

1. Grupo Maricá - unidade basal formada por arenitos e, subordinadamente, conglomerados, gerada em ambientes marinhos e aluviais;
2. Grupo Bom Jardim - constituído por rochas vulcânicas, vulcanoclásticas e sedimentares associadas, gerado em ambientes continentais subaquáticos e subaéreos (Janikian et al., 2003);
3. Formação Acampamento Velho - rochas vulcânicas colocadas em ambientes subaéreos;
4. Grupo Santa Bárbara - formado por rochas siliciclásticas originadas em ambientes aluviais e marinhos costeiros;
5. Grupo Guaritas - preenchido por arenitos e conglomerados aluviais e eólicos;
6. Suíte Rodeio Velho - rochas vulcânicas geradas por intrusões máficas rasas.

O Supergrupo Camaquã aflora em três sub-bacias principais de direção preferencial NNE-SSW denominadas Camaquã Ocidental, Central e Oriental, atualmente separadas pelos altos de embasamento de Caçapava do Sul, a oeste, e da Serra das Encantadas, a leste (Figura 1). O Grupo Santa Bárbara apresenta exposições em todas estas sub-bacias e foi gerado após as atividades vulcânicas da Formação Acampamento Velho.

A Sub-bacia Camaquã Central abrange, a norte do rio Camaquã, as ocorrências das regiões das Minas do Camaquã, famosa por alojar as mineralizações de cobre, aparentemente esgotadas, e de Bom Jardim, ambas no município de Caçapava do Sul, Estado do Rio Grande do Sul. A sul deste rio compreende as ocorrências das regiões da Casa de Pedra, Cerro da Cruz, Arroio Rondinha e Arroio Apati, além de outras menores ainda preliminarmente investigadas (Figura 1). As rochas sedimentares que ocorrem na região das Minas do Camaquã, classicamente relacionadas à Formação Arroio dos Nobres por outros autores (e.g. Ribeiro et al., 1966; Gonzalez e Teixeira, 1980; Paim et al., 1992), são

aqui consideradas como pertencentes ao redefinido Grupo Santa Bárbara (*sensu* Fambrini, 2003). Por outro lado, os estudos estratigráficos realizados nas unidades do Grupo Santa Bárbara expostas na área de Bom Jardim mostraram a notável correspondência entre as seções levantadas nesta área e na região das Minas do Camaquã (Figura 2). Estima-se que a espessura do Grupo Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Central seja superior a 2.000 m.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

O Grupo Santa Bárbara caracteriza-se por uma sucessão aluvial-marinho-aluvial, gerada em um sistema de *riffts* em contexto anorogênico, possivelmente a partir de distensões na direção NW-SE (Fragoso-Cesar et al., 2001; Fambrini et al., 2001; Fambrini, 2003), com a deposição de rochas siliciclásticas em ambientes aluviais, costeiros e deltaicos. O Grupo Santa Bárbara, segundo Fambrini (2003), pode ser dividido nas seguintes formações, a partir da base: Estância Santa Fé, Passo da Capela, Seival, Rincão dos Mouras e João Dias.

A Formação Estância Santa Fé (até 1.200 m), exposta somente na Sub-bacia Camaquã Ocidental, é formada por conglomerados e arenitos gerados por sistemas de leques aluviais proximais e medianos, que passam para arenitos grossos mal selecionados de sistemas fluviais entrelaçados associados aos leques (Almeida, 2001).

A Formação Passo da Capela, bem exposta nas sub-bacias Camaquã Oriental e Central, apresenta até 4.000 m de espessura na Sub-bacia Camaquã Oriental (região do vale do Piquiri) e constitui-se de:

- a. ritmitos formados por arenitos médios a muito finos com subordinada contribuição de arenitos grossos, além de siltitos com espessura centimétrica, que representam depósitos turbidíticos de franjas externas e intermediárias de leque subaquoso;
- b. possantes pacotes de conglomerados e arenitos que compreendem depósitos de turbiditos de franjas internas e intermediárias de leque subaquoso.

A Formação Seival (até 1.000 m), aflorante nas sub-bacias Camaquã Ocidental e Central, constitui-se de arenitos médios a muito finos com subordinada contribuição de arenitos grossos, além de siltitos com espessura centimétrica. Compreende depósitos de:

- a. baía estuarina e planície litorânea;
- b. tempestitos de costa-afora;
- c. planície de maré.

A Formação Rincão dos Mouras constitui-se de pacotes de conglomerados e arenitos conglomeráticos, comum a to-

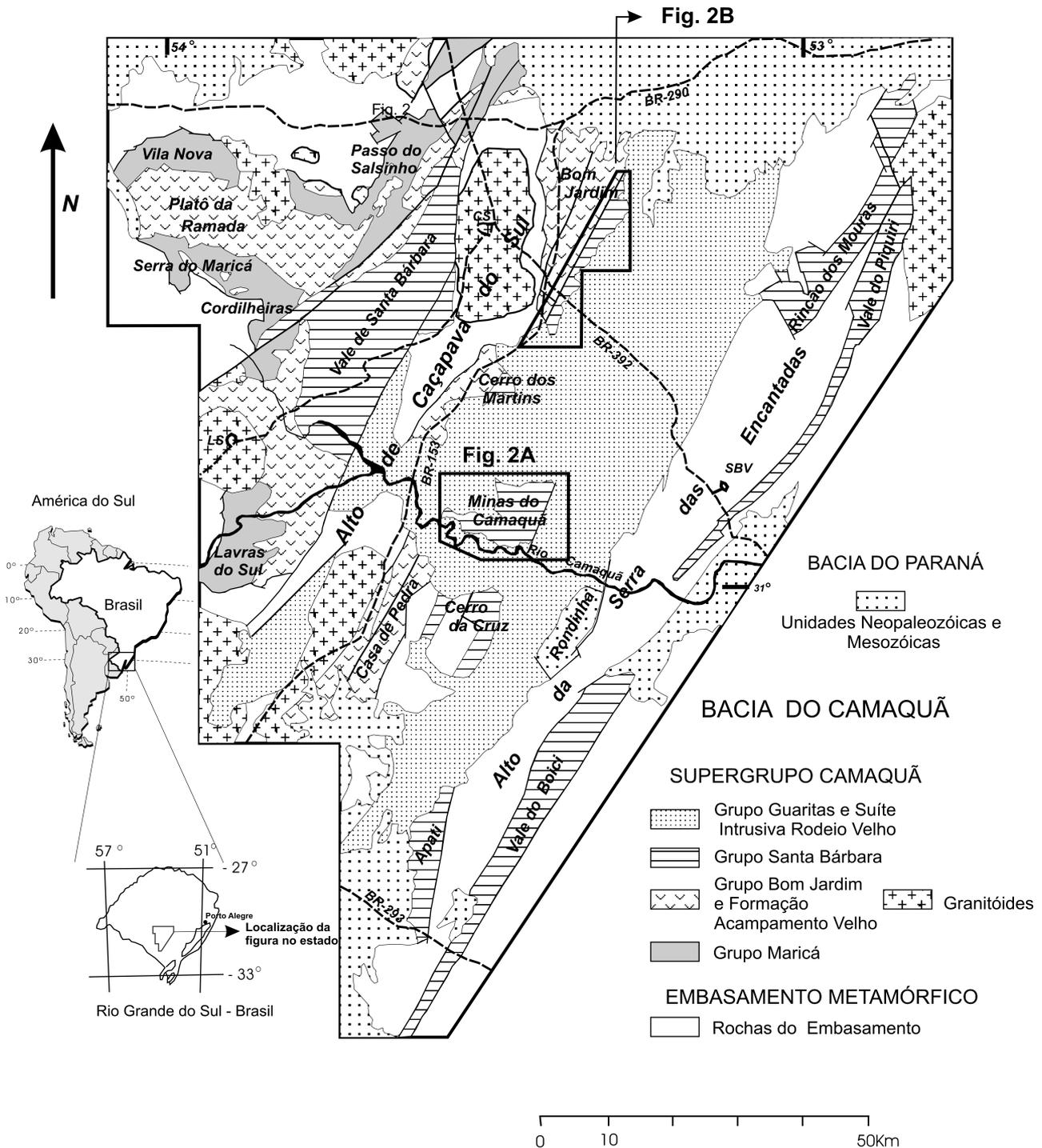


Figura 1. Esboço geológico das unidades neoproterozóicas e epaleozóicas do Rio Grande do Sul, com destaque para as unidades que constituem o Supergrupo Camaquã. Cidades: **CS** = Caçapava do Sul; **LS** = Lavras do Sul; **SBV** = Santana da Boa Vista (modificado de Fragozo-Cesar et al., 2000).

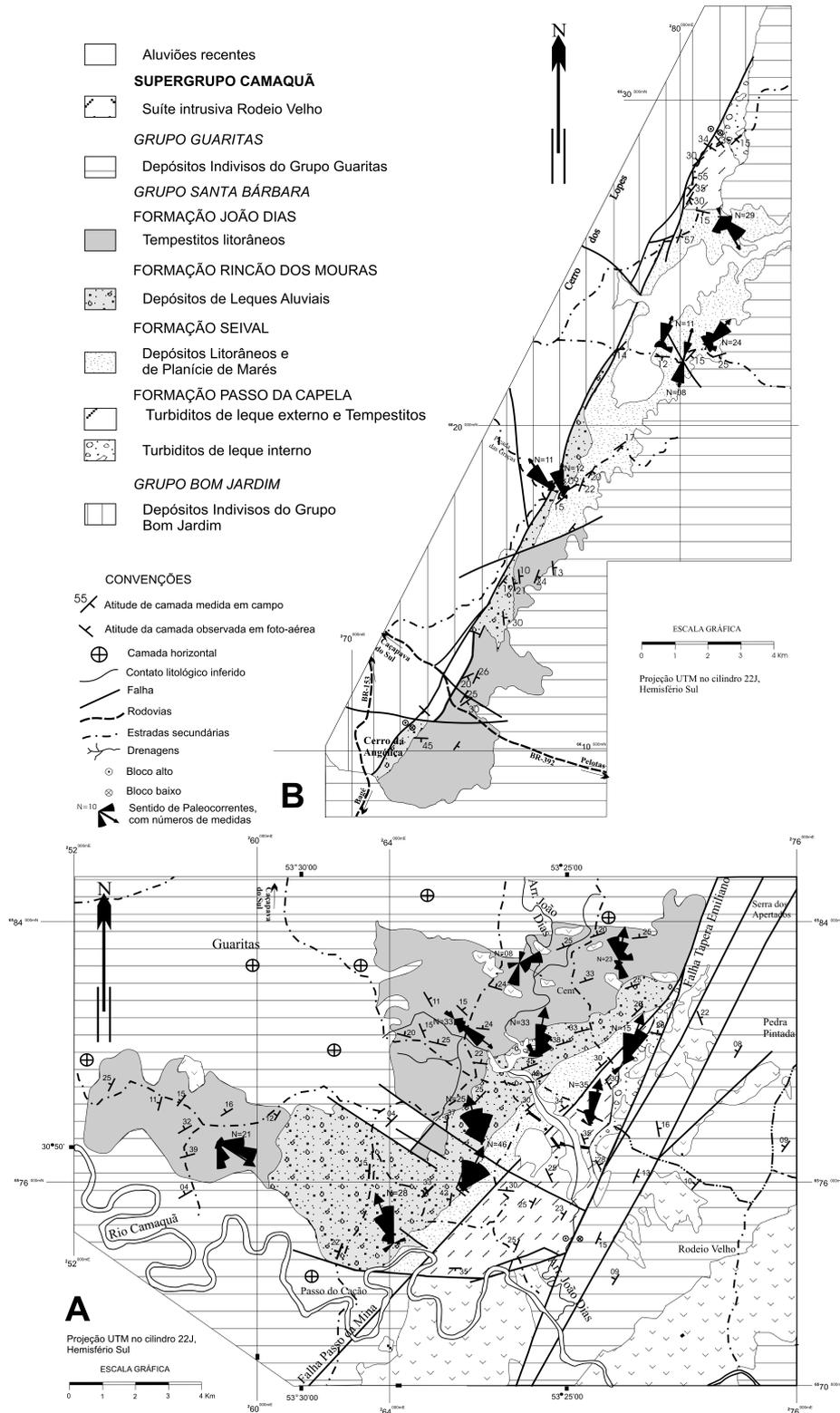


Figura 2. A. Mapa geológico do Grupo Santa Bárbara na região das Minas do Camaquã (modificado de Fambrini, 1998). **B.** Mapa geológico do Grupo Santa Bárbara na região de Bom Jardim (modificado de Janikian, 2001).

das as sub-bacias da Bacia Camaquã onde ocorre o Grupo Santa Bárbara, depositados principalmente por sistemas de leques aluviais e fluviais entrelaçados. Esta unidade atinge espessura superior a 2.000 m na Sub-bacia Camaquã Oriental.

Os depósitos aluviais da Formação Rincão dos Mouras são recobertos por depósitos marinhos da Formação João Dias, que ultrapassam 500 m de espessura. Os depósitos da Formação João Dias restringem-se à Sub-bacia Camaquã Central e apresentam excelentes exposições na região das Minas do Camaquã. Esta unidade caracteriza-se pelo amplo predomínio de arenitos médios e finos contendo grãos de glauconita com claras evidências de ação de ondas de tempestade e de tempo bom, caracterizando ambiente marinho costeiro de antepraia (*foreshore*) e de face litorânea (*shoreface*).

TRABALHOS ANTERIORES NA SUB-BACIA CAMAQUÃ CENTRAL

As ocorrências cupríferas das Minas do Camaquã foram descobertas em 1865 por mineiros ingleses que garimpavam ouro na região (Teixeira et al., 1978b). Deste modo, a região das Minas do Camaquã foi palco de intensas pesquisas e explorações minerais, tendo-se iniciado pelos trabalhos de Gorceix (1875), ao que se seguiram vários outros (Carvalho, 1932; Leinz, 1939; Ribeiro et al., 1966; Bettencourt, 1972; Teixeira et al., 1978a; Ribeiro et al., 1980; Veigel e Dardenne, 1990; Ronchi et al., 1998; Remus et al., 2000; Ronchi e Lobato, 2000; entre outros), também realizados na área de Bom Jardim (Ribeiro et al., 1966; Ribeiro, 1970).

Robertson (1966) redefiniu a “Série Camaquan” de Carvalho (1932) como Grupo Camaquã, constituído pelas formações Santa Bárbara e Guaritas, e Ribeiro et al. (1966) definiram a Formação Arroio dos Nobres como depósitos de conglomerados e arenitos mineralizados em cobre, distinguindo dos não-mineralizados relacionados à parte da Formação Santa Bárbara de Robertson (1966). Na porção oriental da área de Bom Jardim, Ribeiro et al. (1966) reconheceram a Formação Santa Bárbara em estreita faixa de afloramentos de orientação NE-SW.

Ribeiro (1978) dividiu informalmente a Formação Arroio dos Nobres de Ribeiro et al. (1966) na região das Minas do Camaquã em 5 níveis:

1. Arenito Inferior;
2. Conglomerado Inferior;
3. Arenito Intermediário, que serviu de camada-guia para individualização dos conglomerados;
4. Conglomerado Superior;
5. Arenito Superior, anteriormente englobada na Formação Santa Bárbara (*sensu* Ribeiro et al., 1966).

Os níveis 2 a 4 foram interpretados por Teixeira et al. (1978b), Gonzalez e Teixeira (1980) e Ribeiro et al. (1980) como depósitos

de leques aluviais que invadem a planície deltaica da unidade 1, sendo estes trabalhos pioneiros na aplicação do conceito de fácies, seguidos por outros (e.g. Della Fávera, 1984; Fragoso-Cesar et al., 1985; Lavina et al., 1985; Faccini et al., 1987).

Faccini et al. (1987) empregaram enfoque semelhante ao de Lavina et al. (1985) no estudo dos ambientes deposicionais da região das Minas do Camaquã, reconhecendo também tempestitos e turbiditos marinhos em sucessões então atribuídas à Formação Maricá (*sensu* Fragoso-Cesar et al., 1985), porém posteriormente interpretadas como pertencentes à Formação Santa Bárbara (Fambrini et al., 1996).

Fambrini et al. (1996) retomaram a definição original de Formação Santa Bárbara (de Robertson, 1966) para os depósitos das Minas do Camaquã, anteriormente relacionados à Formação Arroio dos Nobres de Ribeiro et al. (1966).

Análises estratigráficas de fácies, proveniência e paleocorrentes foram aplicadas às unidades do Grupo Santa Bárbara por Fambrini et al. (1998a, 1998b), Fambrini (1998) e Fambrini e Fragoso-Cesar (1999) na região das Minas do Camaquã, e por Janikian (2001) na região de Bom Jardim.

Trabalhos de estratigrafia de seqüências foram realizados na Sub-bacia Camaquã Central por Paim et al. (1992, 2002), Paim (1994), Fragoso-Cesar et al. (2000), Paim e Lopes (2000) e Fambrini et al. (2002).

As rochas da região das Minas do Camaquã foram objetos de estudos geocronológicos, com datações pelo método K-Ar em pelitos intercalados nos conglomerados e arenitos, fornecendo idade de 572 ± 17 Ma e 535 ± 16 Ma (Bonhomme e Ribeiro, 1983), bem como estudos em icnofósseis que sugerem idade do Vendiano Superior (icnogênero *Intrites*) ao Cambriano (Netto et al., 1992), respectivamente para os depósitos basais e de topo.

LITOESTRATIGRAFIA DO GRUPO SANTA BÁRBARA NA SUB-BACIA CAMAQUÃ CENTRAL

Investigações geológicas realizadas nas regiões de Bom Jardim e das Minas dos Camaquã possibilitaram uma subdivisão litoestratigráfica comum para o Grupo Santa Bárbara nesta sub-bacia, constituído, a partir da base, pelas formações (Figura 3):

1. Passo da Capela, constituída por intercalações de arenitos, siltitos e argilitos subordinados constituindo espessos pacotes de ritmitos interpretados como turbiditos de franjas intermediárias e externas de leque subaquoso e depósitos de tempestitos de costa-afora (*offshore*);
2. Seival, composta por arenitos e siltitos gerados em sistemas costeiros de face litorânea (*shoreface*) e de planície de marés;
3. Rincão dos Mouras, formada por arenitos e conglo-

merados de sistemas aluviais e fluviais associados;

4. João Dias, composta principalmente por arenitos de depósitos litorâneos de antepraia (*foreshore*) e de face litorânea (*shoreface*) e tempestitos de face litorânea.

Na região das Minas do Camaquã o Grupo Santa Bárbara acha-se truncado pela Falha do Passo da Mina e pelo sistema de falhas Tapera Emiliano (Figura 2A) que limita a leste esta sub-bacia, ao passo que na área de Bom Jardim estes depósitos estão limitados a oeste por contato tectônico, através da Falha Cerro da Angélica com o Grupo Bom Jardim (Figura 2B) (Fambrini et al., 2005). Estes falhamentos, em cuja fase cinemática principalmente normal, foram responsáveis pela justaposição de rochas do Grupo Santa Bárbara com do Grupo Guaritas.

Formação Passo da Capela

A Formação Passo da Capela do Grupo Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Central é constituída por sucessões de arenitos, siltitos, conglomerados e, subordinadamente, argilitos, interpretados como turbiditos de franjas distais de leque subaquoso, turbiditos de franjas proximais de leque subaquoso e tempestitos de costa-afora apresentando espessura aflorante superior a 500 m (Figura 3).

Turbiditos distais de leque subaquoso

Os depósitos basais da Formação Passo da Capela, expostos apenas na região das Minas do Camaquã da Sub-bacia Camaquã Central (Figura 2), caracterizam-se por sucessões de arenitos e siltitos de grande persistência lateral (Figura 4) constituídos internamente por:

- a. arenitos médios a finos com fragmentos esparsos pela matriz (grânulos e pequenos seixos), por vezes de granulometria grossa, maciços a grosseiramente laminados;
- b. arenitos médios a finos maciços dispostos em camadas amalgamadas;
- c. arenitos médios a finos com laminação cruzada cavalgante de corrente (*climbing ripples*);
- d. siltitos deformados em camadas lenticulares decimétricas;
- e. siltitos e argilitos laminados de espessura centimétrica de ocorrência subordinada.

Estes depósitos foram interpretados como originados por correntes de turbidez abaixo da ação de ondas (turbiditos marinhos de baixa densidade) compondo uma sucessão retrogradacional de depósitos turbidíticos com predomínio de fácies finas em franjas externas de leque subaquoso (turbiditos distais). Fambrini et al. (2005) classificaram-nos

como turbiditos clássicos finos, segundo critérios de Walker (1992).

Turbiditos proximais e distais de leque subaquoso

Estes depósitos sobrepõem-se aos turbiditos clássicos finos por contato erosivo. Na região de Bom Jardim (Figura 3B), onde são mais espessos, com cerca de 150 m, compreendem arenitos conglomeráticos e conglomerados polimíticos, predominantemente maciços, de geometria tabular, sustentados pelo arcabouço, cujos clastos subangulosos a subarredondados variam de seixo a calhau (de até 15 cm de diâmetro). Na área das Minas do Camaquã, onde atingem espessuras métricas (até 1,50 m), os conglomerados mostram-se bem estratificados em camadas de geometria tabular.

Em direção ao topo, os depósitos conglomeráticos e areno-conglomeráticos de franjas internas transicionam para camadas de granulometria mais fina, de geometria tabular e espessuras centimétricas a decimétricas, constituídas por:

- a. arenitos grossos micáceos com estratificação plano-paralela ou mesmo maciços, por vezes com grânulos concentrados na base das camadas;
- b. arenitos finos e pelitos com laminação plano-paralela (Figura 5).

A granodecrescência dos ciclos, a tabularidade das camadas e as características de transporte sedimentar acima interpretadas indicam deposição por fluxos de gravidade alternados por correntes de turbidez de baixa densidade no sentido de Lowe (1982), abaixo da zona de ação de ondas de tempestades, em porções distais de leque subaquoso.

Análise de proveniência

Na região das Minas do Camaquã os conglomerados possuem clastos de leucogranitos róseos médios, riolitos, xistos, milonitos, quartzo branco leitoso, quartzo vítreo, feldspato e quartzitos (Figura 6A).

Na área de Bom Jardim, a análise estatística do arcabouço dos conglomerados indica uma fonte predominantemente de rochas do embasamento (filito, metabasito, xisto e quartzito), rochas vulcânicas de composição ácida, subordinadamente intermediária, e fragmentos de arenitos finos, quartzo de veio e granito de textura fina (Figura 6B).

A grande contribuição de rochas do embasamento nestes pacotes conglomeráticos basais permitem inferir um rearranjo tectônico da bacia, com soerguimento do embasamento e, desta forma, variação do nível de base relativo e do aporte sedimentar, que resultou numa superfície erosiva sobre os depósitos da unidade de turbiditos finos da porção basal da Formação Passo da Capela.

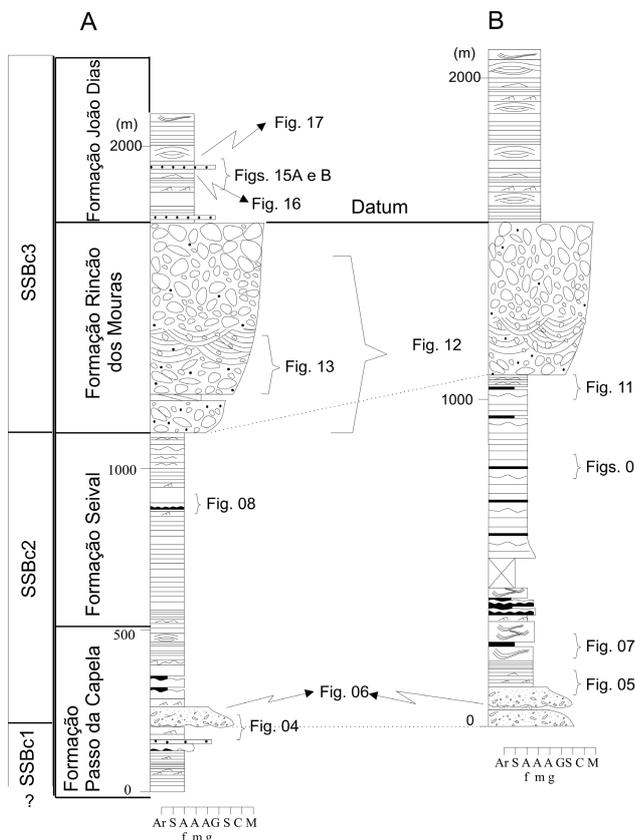


Figura 3. Comparação entre as seções colunares do Grupo Santa Bárbara aflorantes nas regiões das Minas do Camaquã (A) e de Bom Jardim (B).

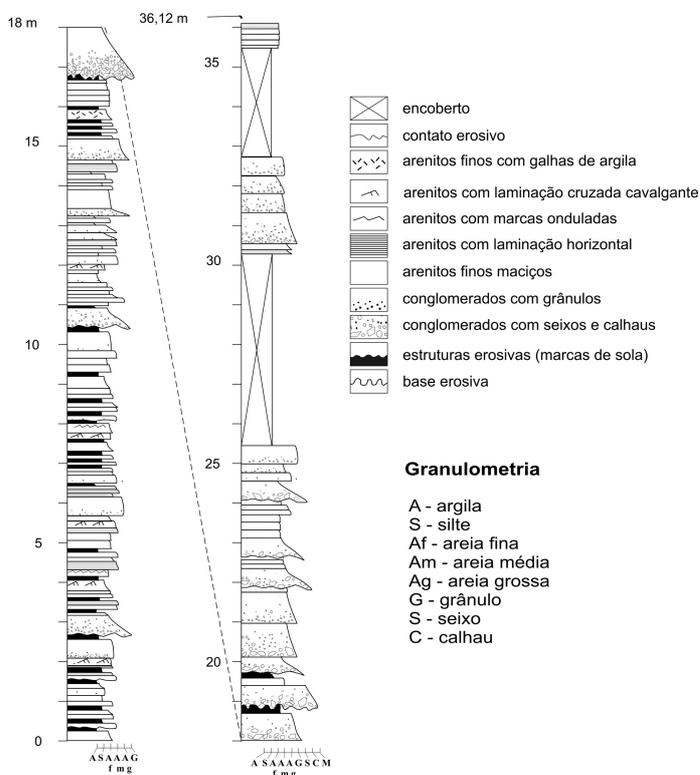


Figura 4. Turbiditos de franjas externas (*outerfan*) de leque subaquoso da Formação Passo da Capela na região das Minas do Camaquã (modificado de Fambrini, 1998).

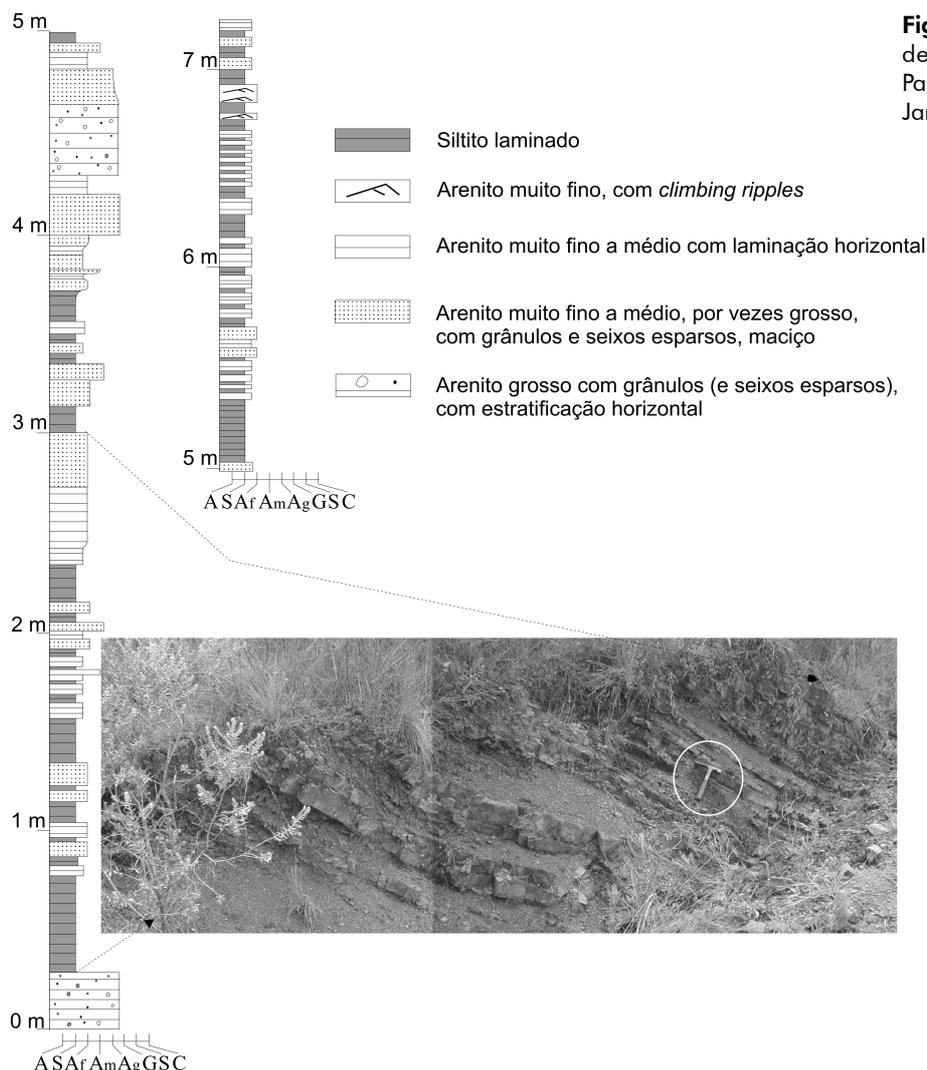


Figura 5. Turbiditos de franjas externas de leque subaquoso da Formação Passo da Capela na região de Bom Jardim (modificado de Janikian, 2001).

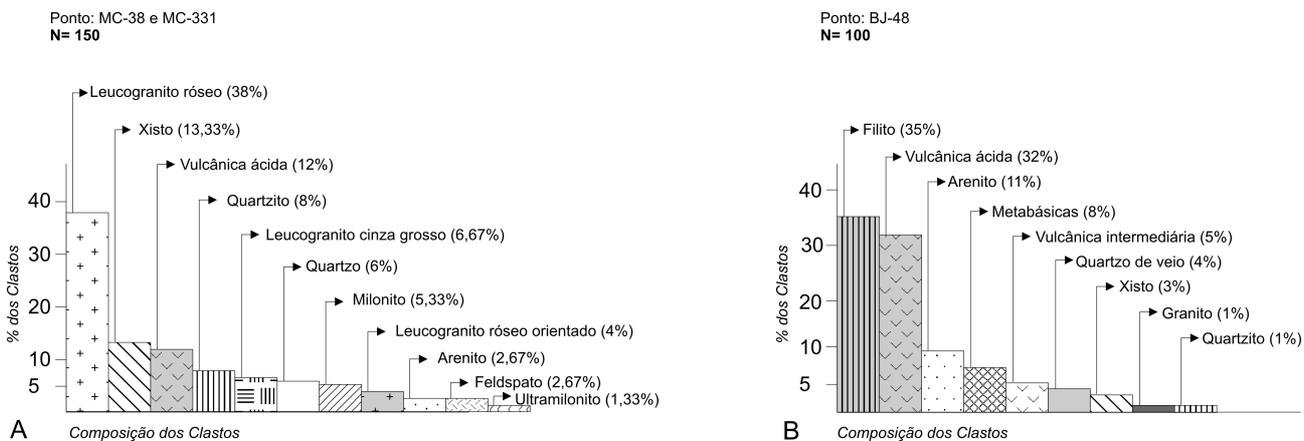


Figura 6. Gráfico ilustrativo da análise de proveniência dos clastos realizada nos depósitos turbidíticos de franjas internas da Formação Passo da Capela nas regiões das Minas do Camaquã **(A)** e de Bom Jardim **(B)**.

Tempestitos de costa-afora (*offshore*)

A unidade de topo da Formação Passo da Capela, na Sub-bacia Camaquã Central, constitui-se por ritmitos com intercalações de camadas tabulares, centimétricas a decimétricas, de arenitos finos a médios, micáceos, e de siltitos arenosos, com ocorrência subordinada de argilitos. A espessura estimada atinge cerca de 350 m. Em termos de estruturas sedimentares, os arenitos finos (Figuras 7A e 7B) apresentam laminação plano-paralela e heterolítica, alternância de camadas de arenitos finos de topo e base ondulados com níveis centimétricos de siltitos, com estruturas como laminação plano-paralela, laminação cruzada truncada por migração de ondas (*mini-hummocky* no sentido de Dott e Bourgeois, 1982), laminações cruzadas cavalgantes e, no topo das camadas arenosas, marcas onduladas simétricas com comprimento de onda variando de 1 a 6 cm, indicativas de oscilação. Os arenitos médios a finos possuem estratificações cruzadas tabulares de baixo ângulo e do tipo *hummocky*, de geometrias lenticulares. Em seção delgada foram observados minerais de glauconita, indicativos de ambiente marinho.

As fácies com estratificações cruzadas do tipo *hummocky* apontam ação de ondas de tempestades, sendo registrados períodos de atenuação ou calmaria, com a deposição de fácies heterolíticas que indicam episódios de deposição em águas mais profundas, abaixo do nível de ação das ondas de tempo bom, em zona de transição de costa-afora (*offshore transition*).

As associações de fácies observadas nesta unidade são interpretadas como produtos de eventos esporádicos de transporte e acumulação de material arenoso sob a ação combinada de fluxo oscilatório e unidirecional (no sentido de Cheel e Leckie, 1992 e Myrow e Southard, 1996), gerado por ondas de tempestades em ambiente marinho raso. Estes tempestitos de costa-afora (*offshore transition*) gradam para depósitos de face litorânea (*shoreface*) em ambiente marinho raso (Fambrini et al., 1996; Fambrini, 1998; Janikian, 2001; Fambrini et al., 2005).

Análise de paleocorrentes

Nos depósitos da área de Bom Jardim foram obtidas 29 medidas de paleofluxos a partir de marcas onduladas assimétricas e, subordinadamente, de laminações cruzadas cavalgantes, bem como de estratificações cruzadas tabulares (Janikian, 2001). Estas medidas de paleocorrentes foram interpretadas como correntes de deriva litorânea (*longshore currents*), com paleofluxo médio para SE (Figura 2B).

Formação Seival

A Formação Seival na Sub-bacia Camaquã Central apresenta sucessões de arenitos e siltitos interpretados como

depósitos litorâneos e de planície de marés, com espessura aflorante em torno de 600 m (Figura 03).

Depósitos de face litorânea e de planície de marés

Os depósitos de face litorânea na região das Minas do Camaquã compreendem pacotes tabulares de espessura variável (decimétricos a métricos - até 2 m) de ritmitos psamopelíticos (Figura 8) formados internamente pela alternância brusca de três fácies:

1. arenitos médios a finos, maciços, comumente de base erosiva;
2. arenitos médios a finos, micáceos, com laminação plano-paralela e lineação primária de fluxo (*parting lineation*);
3. delgada película de argila na interface das camadas arenosas apresentando gretas de contração.

Estas fácies geralmente postam-se na base dos ciclos. Também são observadas camadas tabulares decimétricas de arenitos médios com estratificações cruzadas tabulares de baixo-ângulo e camadas milimétricas a centimétricas de arenitos com laminação cruzada cavalgante e ondulada. Estes depósitos litorâneos apresentam espessura aproximada de 500 m.

Os depósitos de planície de marés apresentam pacotes tabulares de espessura variável de:

- a. arenitos com laminação cruzada cavalgante, marcas onduladas por corrente associadas (*current ripples*) e laminação ondulada (*wavy bedding*), por vezes realçada por lentes de argilitos em meio às camadas areníticas constituindo laminação *flaser*, associados a siltitos com laminação plano-paralela, arenitos laminados e arenitos maciços;
- b. arenitos médios com estratificações cruzadas tabulares de médio porte e baixo ângulo ($\theta = 5^\circ - 8^\circ$) de caráter bimodal (sentidos opostos de mergulho dos *foresets* das estratificações), geometria tabular, bem selecionados por estrato, formando sucessões granodecrescentes para o topo das camadas; freqüentemente ocorrem filmes de argila (*drapes*).

As camadas heterolíticas com acamadamentos como *flaser*, *wavy* e arenitos lenticulares (*linsen*), bem como estratificações cruzadas de baixo ângulo com sentidos opostos de mergulho dos estratos, levaram Fambrini (1998) a interpretar, para estes depósitos, ambiente transicional de lâmina d'água rasa em sistemas de planície de marés para a região das Minas do Camaquã, conforme critérios de De Raaf et al. (1977). Recentemente, identificaram-se estruturas *tidal bundles* nestes depósitos, reforçando esta interpretação.

O mesmo foi seguido por Janikian (2001) para depósitos análogos na área de Bom Jardim, onde identificou estruturas

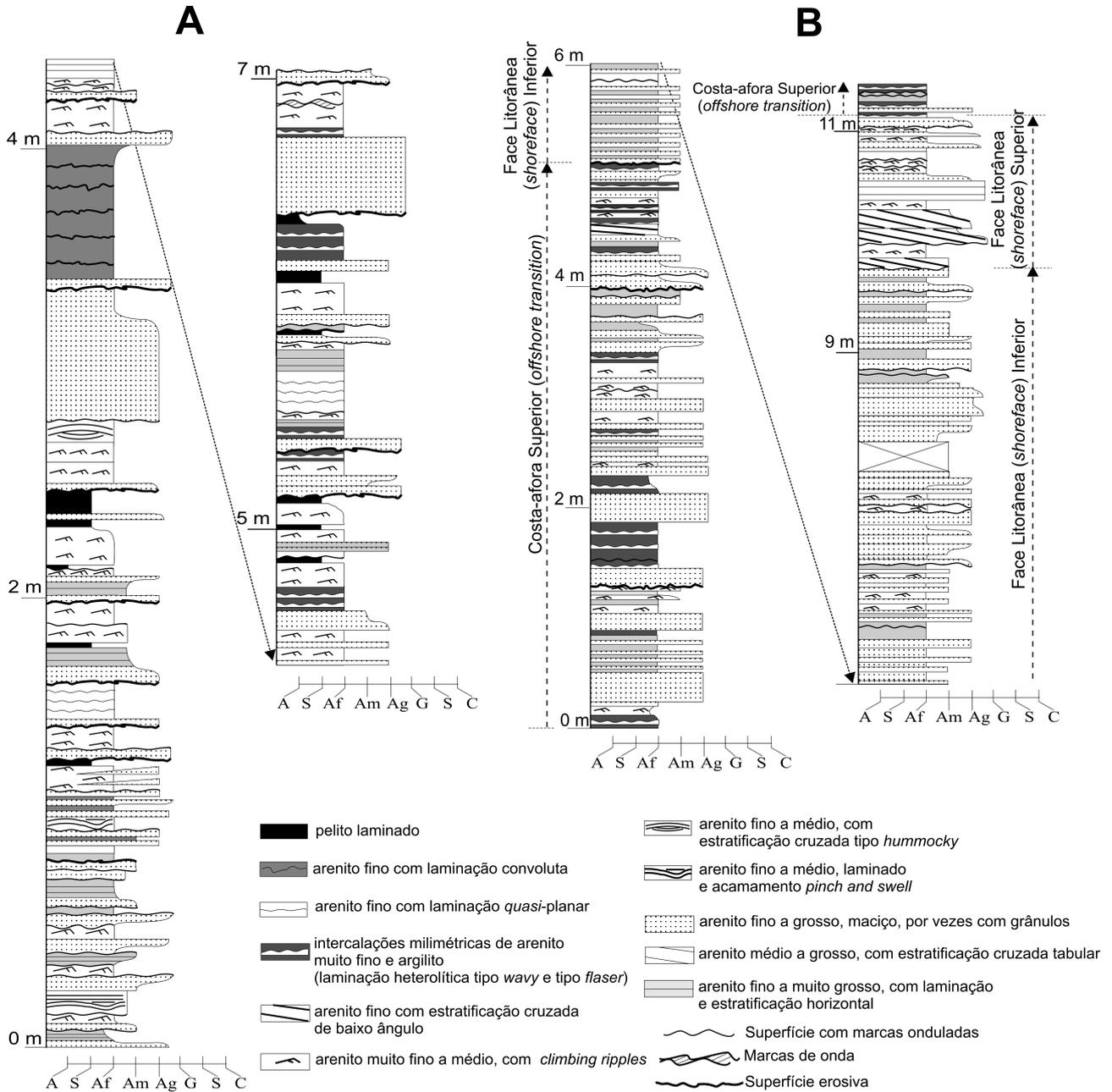


Figura 7. Depósitos gerados por ondas de tempestades, em ambiente de costa-afora superior (**A** e **B**), com ciclos progradantes para ambientes de face litorânea inferior a superior (**B**) da Formação Passo da Capela, aflorantes na região de Bom Jardim (modificado de Janikian, 2001).

fundamentais para tal. Estas estruturas são compostas por camadas lenticulares de arenitos grossos a finos com espessuras centimétricas a decimétricas, com estratificação cruzada tangencial na base e com abundantes lâminas argilosas (por vezes recurvadas) nos estratos frontais (Figura 9), constituindo *tidal bundles*, com superfícies de reativação no topo. Também foram observados corpos com geometria lenticular, de largura métrica e altura decimétrica, preenchidas por siltitos laminados (Figura 10), interpretadas como pequenos canais de intermaré (*tidal creeks*) e diversas superfícies com marcas onduladas assimétricas e gretas de contração intercaladas nos arenitos (base da Figura 11).

Análise de paleocorrentes

Nos depósitos de marés da área de Bom Jardim (Figura 2B) foram coletadas 19 medidas a partir de marcas onduladas e, subordinadamente, laminações cruzadas cavalgantes, interpretadas como originadas como correntes de maré. Apesar do pequeno número de medidas, a bipolaridade e bimodalidade das correntes foram observadas.

Em depósitos de barras de submaré, que registram a corrente de maré dominante, 24 medidas de paleofluxo foram obtidas em estratificações cruzadas de maré, indicando sentido de paleocorrentes para NE (Figura 2B). A presença de um único sentido de migração de correntes nestes depósitos advém do mecanismo gerador da barra, que se move apenas durante a corrente dominante (diária e bidiária), sendo erodida pela corrente subordinada (superfícies de reativação) e registrando os períodos de estagnação como camadas de siltitos.

Formação Rincão dos Mouras

A Formação Rincão dos Mouras compreende espessos depósitos rudáceos de conglomerados (> 500 m na região das Minas do Camaquã) com padrão granocrescente para o topo, interpretados como depósitos de leques aluviais. Subordinadamente ocorrem arenitos conglomeráticos e arenitos com estratificações cruzadas acanaladas, possivelmente relacionados à implantação de sistemas fluviais entrelaçados. Estes depósitos apresentam excelentes exposições na área das Minas do Camaquã (e.g. cava a céu aberto da extinta Companhia Brasileira do Cobre - CBC, além de exposições naturais), bem como na porção sudoeste da área de Bom Jardim.

Depósitos de leques aluviais

Na região das Minas do Camaquã, os depósitos da Formação Rincão dos Mouras são formados por conglomerados organizados métricos e separados por camadas decimétricas de arenitos conglomeráticos com estratificações plano-paralelas e cruzadas dos tipos acanalado e tabular.

A porção inferior (Figura 12) constitui-se de camadas de geometria tabular e espessuras decimétricas de conglomerados organizados, normalmente bem estratificados, polimíticos, sustentados pela matriz, com clastos da granulometria seixo e, subordinadamente, calhau de até 15 cm de tamanho, predominantemente subangulosos, sendo os calhaus geralmente melhor arredondados. Estes conglomerados gradam para ou intercalam-se com arenitos conglomeráticos pobremente organizados em camadas de até 1,50 m, arenitos grossos a médios, por vezes finos, bem estratificados, apresentando acamadamentos plano-paralelos e estratificações cruzadas dos tipos tabular e acanalado. Como estruturas sedimentares destacam-se estratificação plano-paralela, estratificações cruzadas acanaladas de baixo ângulo e médio porte e tênue imbricação de clastos. No topo das camadas, encerrando um ciclo, pode haver película de siltitos exibindo gretas de contração. É comum nestas fácies a presença de intercalações de conglomerados maciços de geometria lenticular, de espessura variando de 50 cm a 1 m, alternados em contato brusco, sobretudo na base dos ciclos. A matriz, em geral, compõe-se de arenito médio a grosso, mal selecionado, com grânulos.

A porção superior (Figura 13) é composta de conglomerados polimíticos pouco a bem organizados, sustentados pelo arcabouço (50 - 60% do arcabouço) formado de clastos de seixo a matacão (até 120 cm de diâmetro), angulosos a arredondados, dispostos em camadas de geometria tabular de espessuras decimétricas (30 - 70 cm), por vezes métricas, de extensão lateral grande, separados por níveis de arenitos grossos conglomeráticos. A matriz é composta por arenito médio a grosso a muito grosso com grânulos. Internamente, os pacotes podem exibir estratificações cruzadas acanaladas de baixo ângulo e médio porte, gradação normal e estratificação plano-paralela, e ocasional imbricação de clastos.

Na área de Bom Jardim, ocorrem intercalações de conglomerados sustentados pelo arcabouço com matriz arenosa e arenitos conglomeráticos com estratificação plano-paralela que gradam, em direção ao topo, para conglomerados sustentados pela matriz arenosa com estratificação plano-paralela e cruzada tabular de médio e pequeno porte (Figura 11).

Estes depósitos foram interpretados como originados pela ação de fluxos inicialmente confinados (porção inferior) da carga sedimentar que, ao atingirem os arenitos da Formação Seival, sofreram desaceleração e desconfinamento, acarretando a formação de depósitos de enchentes em lençol (*sheet-floods sensu* Blair e McPherson, 1994; Blair, 1999). A sucessão vertical de fácies, seguidamente mais grossas para o topo da coluna, chegando a conglomerados com matações (Figura 13), testemunha o caráter progradacional desta associação, culminando com a substituição gradual de fácies subaquáticas litorâneas da Formação Seival por aquelas desenvolvidas em ambiente subaéreo de leques aluviais dominados por processos de enchentes em lençol, caracterizando

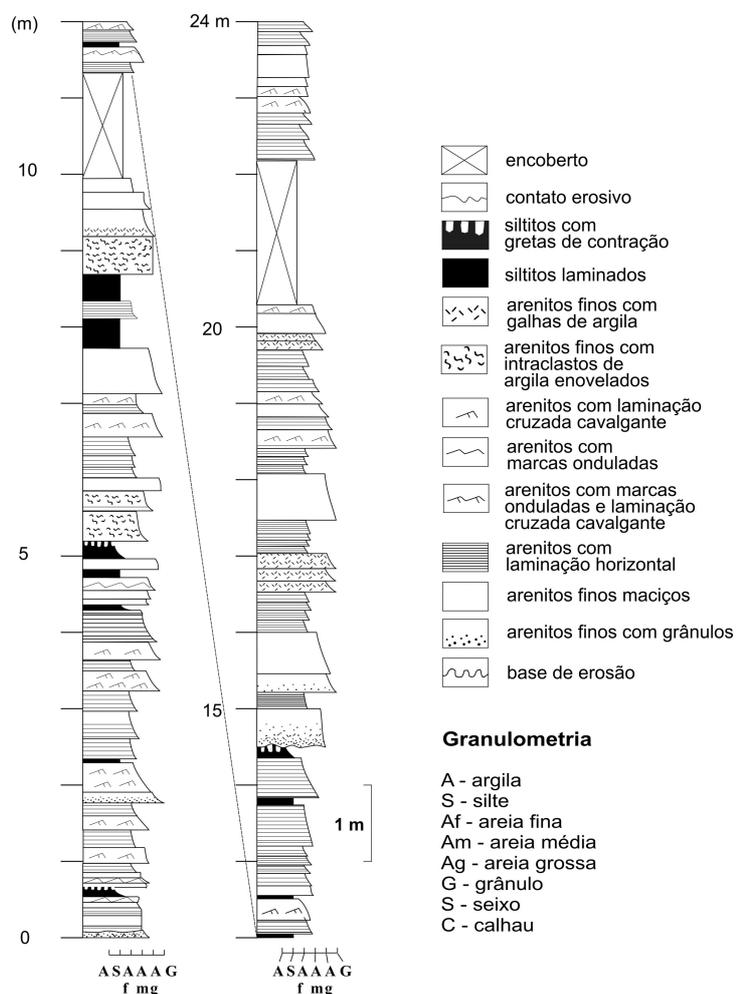


Figura 8. Seção de detalhe de depósitos litorâneos da Formação Seival na região das Minas do Camaquã (modificado de Fambrini, 1998).

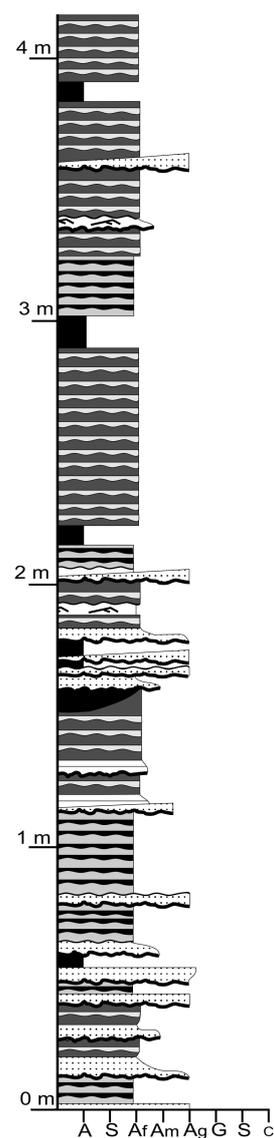


Figura 9. Seção de detalhe dos depósitos de planície de maré, com canais de submaré, da Formação Seival na região de Bom Jardim (modificado de Janikian, 2001).

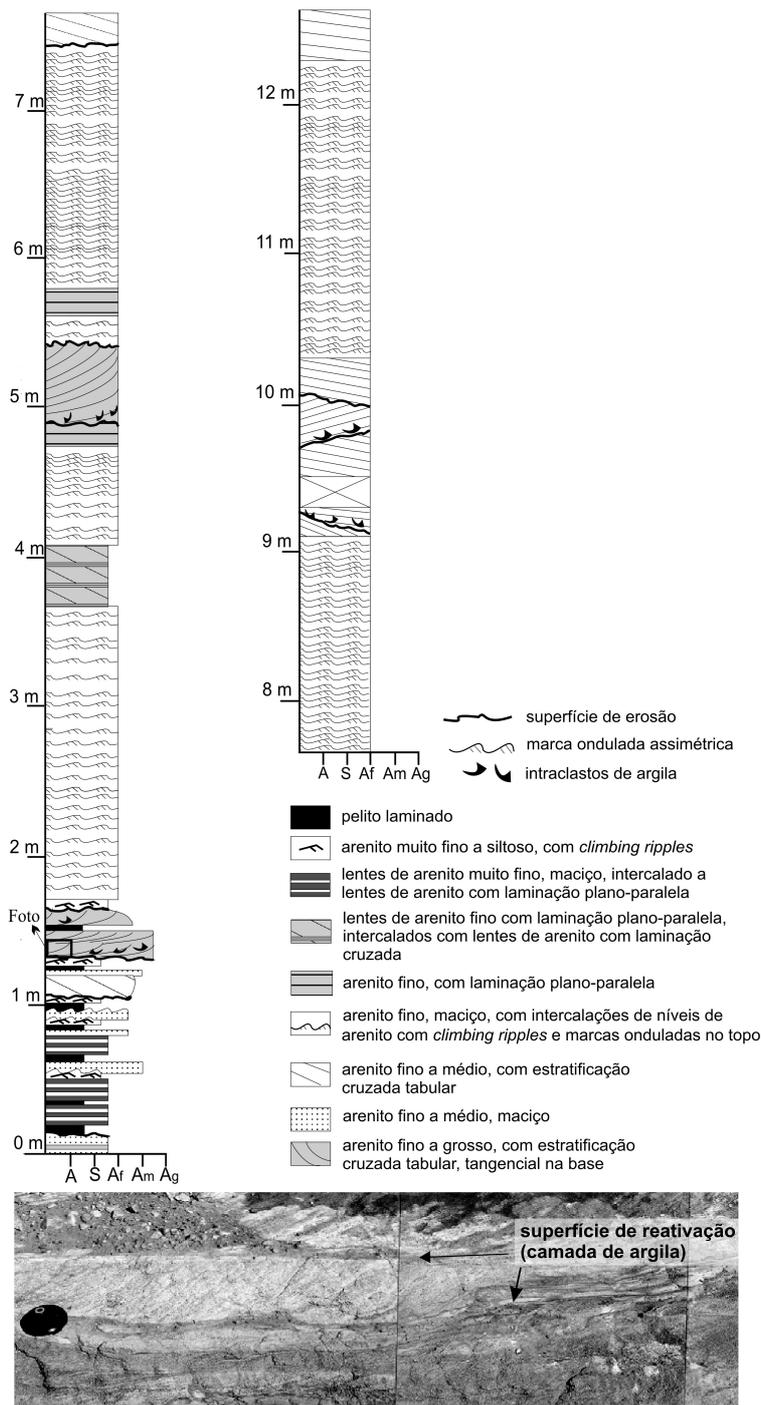


Figura 10. Seção de detalhe dos depósitos de planície de maré, com canais de intermaré, da Formação Seival na região de Bom Jardim (modificado de Janikian, 2001).

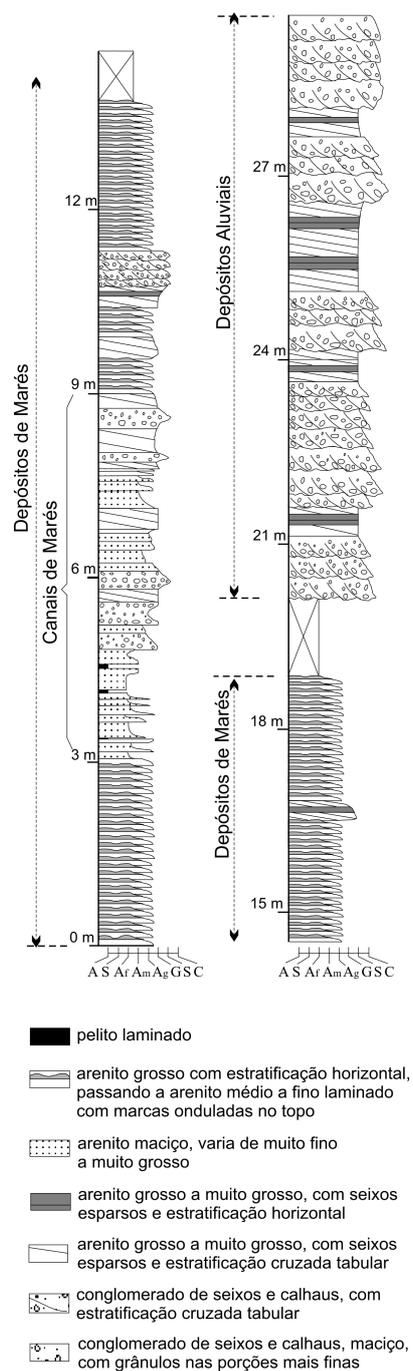


Figura 11. Seção de detalhe da porção de topo dos depósitos de planície de maré da Formação Seival, na região de Bom Jardim, passando para os depósitos aluviais da Formação Rincão dos Mouras (modificado de Janikian, 2001).

assim, ambiente de leques aluviais (no sentido de Steel et al., 1977). No topo desta sucessão, bem expostas nas Minas do Camaquã, aparecem camadas métricas (1 - 1,50 m) de arenitos conglomeráticos com abundantes estratificações cruzadas acanaladas de médio e pequeno porte, interpretadas como a porção distal dos leques e sistemas fluviais entrelaçados associados. Estes depósitos são bruscamente recobertos por arenitos marinhos da Formação João Dias, indicando tratar-se de um trato transgressivo, como demonstrado adiante.

Análise de paleocorrentes

As medidas de paleocorrentes dos depósitos de leques aluviais refletem consistentemente paleotransporte transversal à sub-bacia para NNW, revelando áreas fontes a S e, principalmente, a SE (Figura 2). A distribuição de fácies enfatiza as medidas de paleocorrentes obtidas.

Análise de proveniência

Na região das Minas do Camaquã os conglomerados dos depósitos de leques aluviais apresentam clastos de diversas origens (Fambrini, 1998; Fambrini et al., 1998b). Na base dos conglomerados predominam fragmentos de leucogranitos róseos, quartzo, quartzitos róseos a esverdeados, leucogranitos foliados, xistos, arenitos finos castanhos, vulcânicas ácidas, andesitos, conglomerados e milonitos (Figura 14A). Para o topo há o progressivo predomínio de milonitos destes granitóides, granitos porfíricos, granitos com turmalina e greizenizados, arenitos e conglomerados das unidades inferiores e mármore, concomitante ao aumento na granulometria (Figura 14B). Petrograficamente, estes depósitos possuem derivação de áreas fontes granito-gnáissicas deformadas e metamórficas, de corpos graníticos intrusivos e de coberturas vulcano-sedimentares situadas a sul (Fambrini, 1998; Fambrini et al., 1998b).

Na região de Bom Jardim, a análise de proveniência mostrou o predomínio dos termos sedimentares e vulcânicos nestes depósitos, com uma diminuição da quantidade de clastos do embasamento e aumento de fonte granítica em direção ao topo desta unidade (Figuras 14B e 14C).

Formação João Dias

A unidade de topo do Grupo Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Central constitui-se de espessos depósitos (> 500 m) de arenitos marinhos costeiros dominados por ondas, interpretados como decorrentes de um evento de inundação por transgressão marinha sobre os registros de leques aluviais. Estes depósitos marinhos foram reconhecidos apenas na Sub-bacia Camaquã Central, tanto na região das Minas do Camaquã quanto na área de Bom Jardim, e

definidos na região das Minas do Camaquã como Formação João Dias por Fambrini (1998), que identificou fácies de tempestitos em seus depósitos. Anteriormente interpretada como flúvio-deltaica (Faccini et al., 1987; Paim, 1994), seu ambiente deposicional é aqui revisado.

Esta unidade caracteriza-se pelo predomínio de arenitos médios bem selecionados, apesar de localmente haver a presença de arenitos finos e camadas pouco espessas de conglomerados finos (níveis com seixos residuais). São os depósitos de maior expressão em área na região das Minas do Camaquã, limitando-se por contato brusco com a Formação Rincão dos Mouras, sotoposta, e por discordância angular e erosiva com os arenitos e arenitos conglomeráticos do Grupo Guaritas, sobrepostos.

A Formação João Dias compreende duas porções: uma inferior, com depósitos de antepraia e de face litorânea superior, e outra superior, com tempestitos de face litorânea.

Depósitos de antepraia (*foreshore*) e face litorânea superior (*upper shoreface*)

Na região das Minas do Camaquã a porção inferior da Formação João Dias compreende camadas centimétricas (mais abundantes) e decimétricas de arenitos micáceos médios, por vezes finos, de coloração róseo-avermelhada, de geometria tabular com topo e base ondulados (Figura 15). Internamente, as camadas centimétricas de arenitos possuem estratificações cruzadas de baixo ângulo dos tipos tangencial e/ou tabular, predominantemente de pequeno porte, estratificação e laminação plano-paralela, freqüentemente associadas a lineações primárias de corrente, marcas onduladas, geralmente assimétricas no topo das camadas, e algumas vezes com laminações cruzadas cavalgantes associadas. Nas camadas decimétricas aparecem estratificação inclinada de baixo-ângulo (*swash*) (Figura 16), freqüentes discordâncias e megaondulações (*megaripples*). Localmente, na base acima do contato com a Formação Rincão dos Mouras, ocorrem níveis decimétricos (10 – 15 cm) de seixos residuais (*lags*).

Estes depósitos da porção inferior da Formação João Dias são interpretados como gerados em ambiente de antepraia (*foreshore*) e de face litorânea superior (*upper shoreface*) ou zona de surfe (*surf zone*). As evidências de ambiente de antepraia (*foreshore*) são as estratificações cruzadas *swash*, que refletem processos de espraiamento na linha de costa, e a estratificação plano-paralela, muitas vezes apresentando lineação primária de corrente (*parting lineation*), indicativa de regime de fluxo superior. No caso de ambiente de face litorânea superior (*upper shoreface*) ou zona de surfe (*surf zone*), os processos atuantes acham-se registrados principalmente nas megaondulações (*megaripples*), que são ondas de tempo bom (*fairweather*), e níveis de seixos associados às estratificações cruzadas,

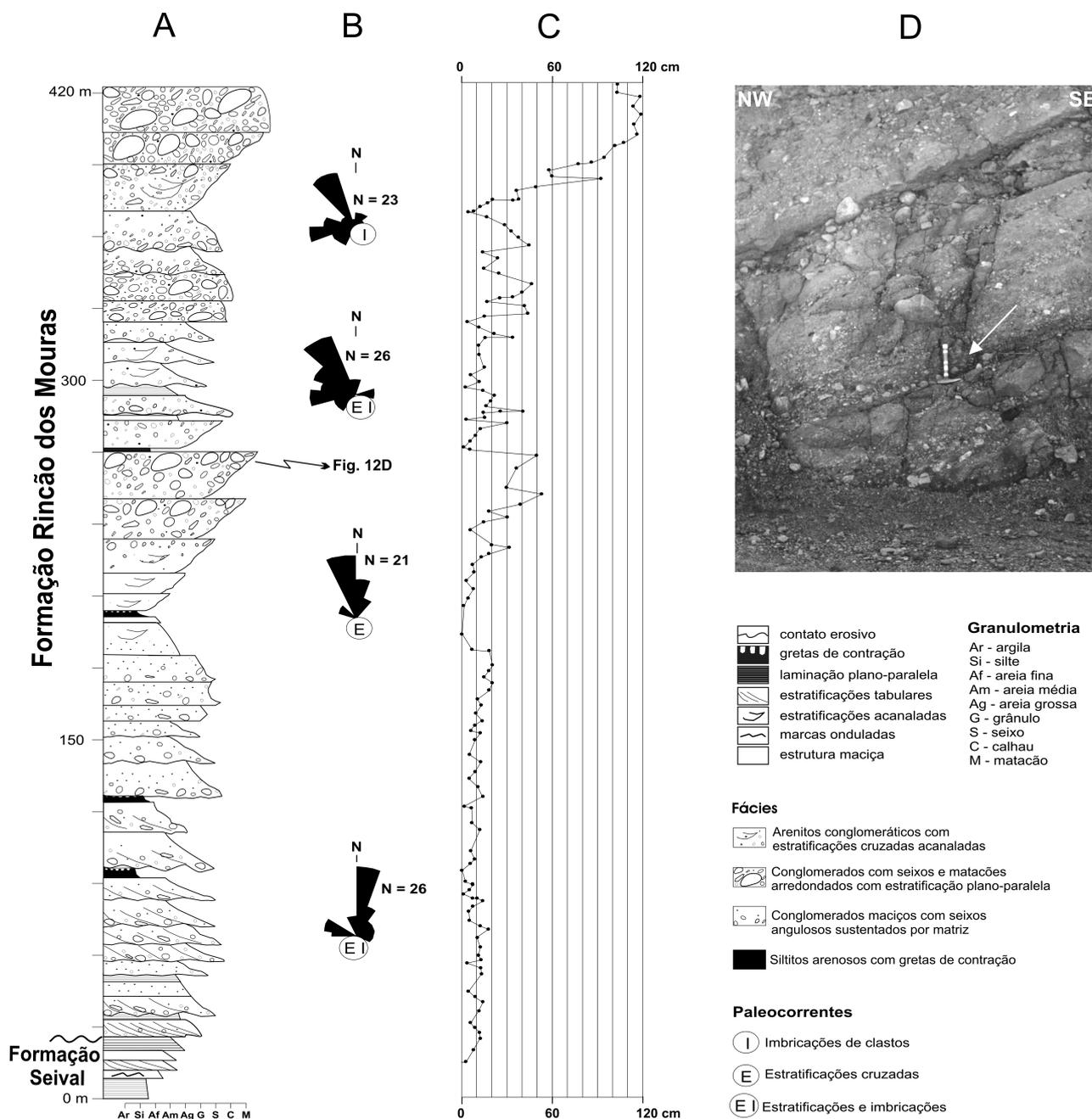


Figura 12. A. Seção colunar de detalhe de parte do topo da Formação Seival e grande parte da Formação Rincão dos Mouras do Grupo Santa Bárbara levantada na cava a céu aberto da Mina Uruguai (CBC), Minas do Camaquã. B. Paleocorrentes obtidas nos níveis compatíveis. C. Gráfico com o tamanho máximo dos clastos. D. Foto de detalhe dos conglomerados estratificados. Seta indica escala. Modificado de Fambrini et al. (1998b).

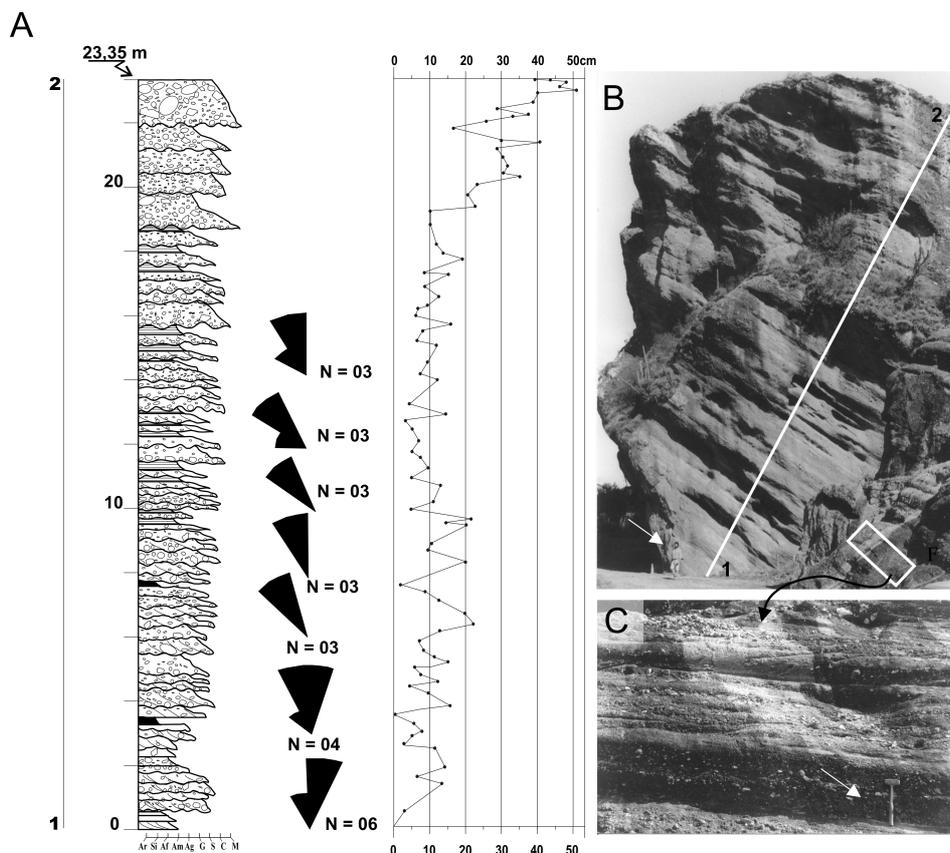


Figura 13. Leques aluviais da Formação Rincão dos Mouras na região das Minas do Camaquã. **A.** Seção de detalhe da porção superior dos depósitos de leques aluviais com paleocorrentes e gráfico com o tamanho máximo dos clastos medidos em cada camada investigada. **B.** Foto da seção levantada (barra branca). **C.** Foto de detalhe dos depósitos aluviais. Modificado de Fambrini (1998). Fácies: vide Figura 12. Setas brancas indicam escalas utilizadas.

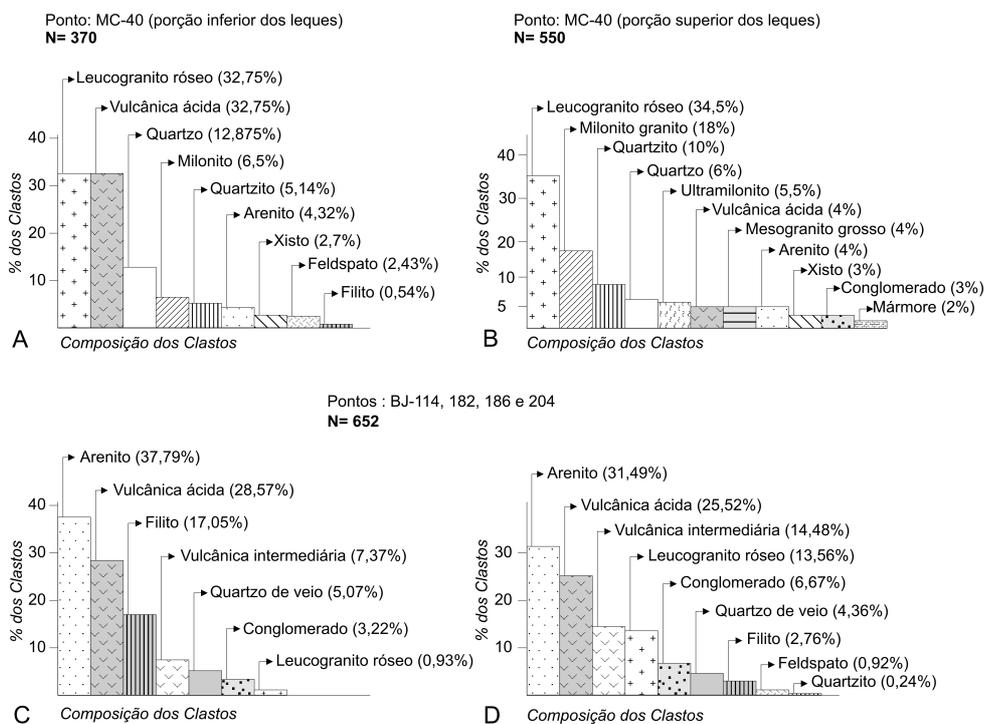


Figura 14. Gráficos ilustrativos da análise de proveniência dos clastos realizada nos depósitos de leques aluviais da Formação Rincão dos Mouras aflorantes na região das Minas do Camaquã (**A** e **B**) e na região de Bom Jardim, nas porções inferior (**B**) e superior (**C**), respectivamente, para cada região.

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

Tempestitos de face litorânea (*shoreface*)

A porção superior da Formação João Dias é constituída por arenitos micáceos, finos a médios, de coloração róseo-avermelhada, com estratificação e laminação cruzadas de baixo ângulo, tangenciais e/ou tabulares, de pequeno a médio porte, estratificações cruzadas tipo *hummocky* no sentido de Duke et al. (1991) (Figura 17), estratificação cruzada *swaley* e marcas onduladas assimétricas no topo das camadas. Esta porção caracteriza a face litorânea intermediária (*medium shoreface*) ou zona de arrebentação (*breaker 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* representam esses eventos de tempo ruim. Em seções delgadas ocorre abundância de glauconita, típica de depósitos marinhos devido às condições ambientais, de temperatura, de profundidade e também pela sua composição (Van Houten e Purucker, 1985; Odin, 1988; Chafetz e Reid, 2000).

As fácies da porção superior dos depósitos marinhos costeiros sugerem ambiente costeiro dominado por ondas de tempo bom com a ocorrência eventual de ondas de tempestades, exemplificadas pelas estratificações cruzadas *swaley* e *hummocky*, que representam esses eventos de mau tempo.

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

Análise de 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 ambiente. As principais estruturas indicativas de paleofluxo encontradas foram estratificações cruzadas tipo *swaley* e estratificações cruzadas por migração de dunas subaquáticas (tabulares e tangenciais). Adicionalmente efetuaram-se medidas em cristas de marcas onduladas assimétricas dos tipos retilíneo, sinuoso e linguóide (conforme classificação de Collinson e Thompson, 1989) e de estratificações cruzadas tabulares de pequeno e médio portes.

As estratificações cruzadas *swaley* são geradas por processos de fluxo oscilatório e fluxo combinado (oscilatório mais unidirecional) no sentido de Cheel e Leckie (1992), 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 (Allen e Underhill, 1989). 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.

Nos depósitos de tempestitos de face litorânea 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 se reconheceu a assimetria da forma e o sentido dos planos de maior mergulho. A Figura 2A 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 subaquáticas. 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 e 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 (vide Figura 2A).

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

O vetor médio das estratificações cruzadas por migração de megaondulações 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 NE-SW, com um corpo marinho a norte, confirma o quadro paleogeográfico obtido por Fambrini (1998), Frago-Cesar et al. (2000), Almeida (2001) e Fambrini (2003) a partir de paleocorrentes de unidades aluviais e, em menor medida, também marinhas costeiras dominadas por ondas e por marés.

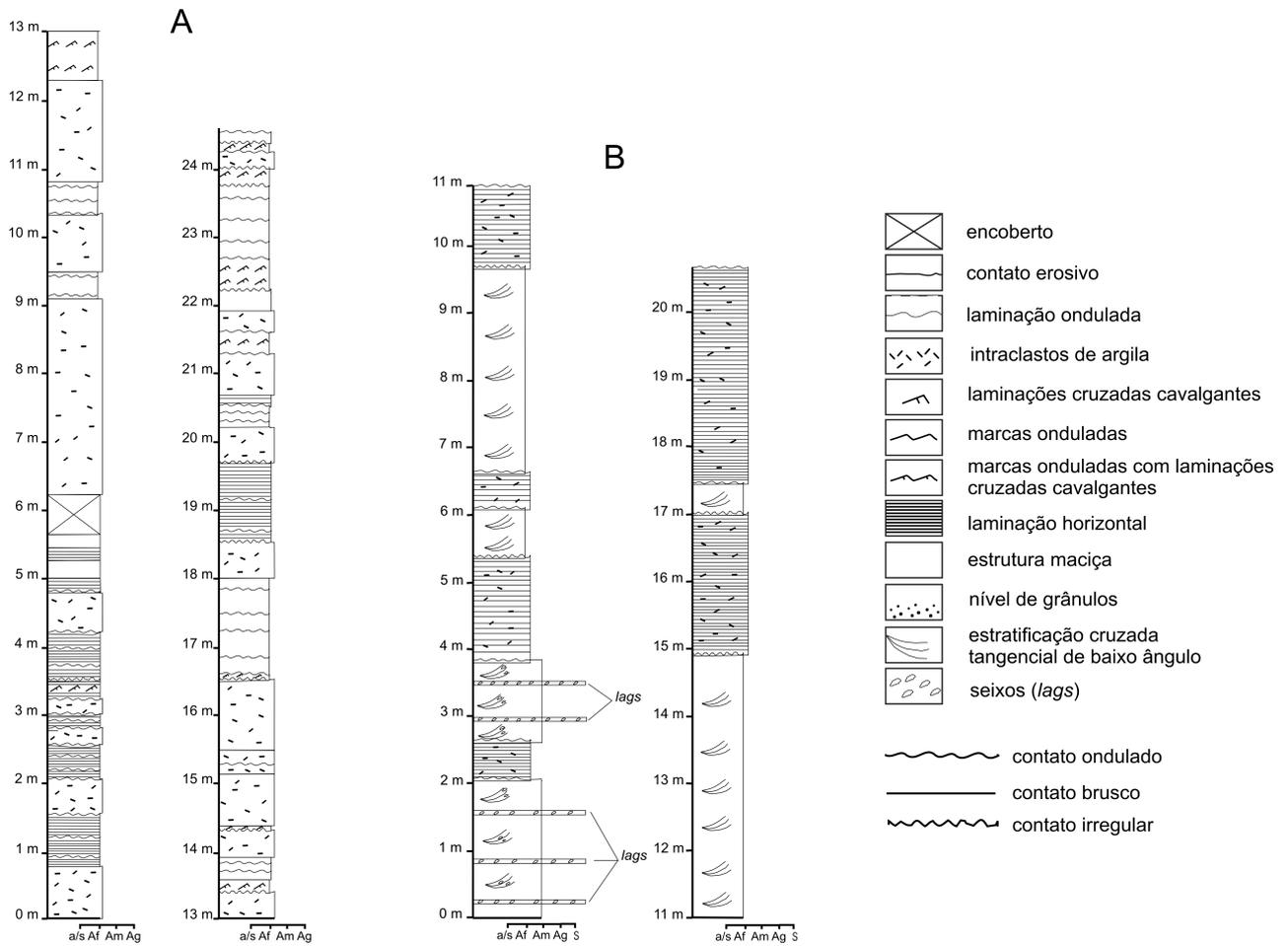


Figura 15. Seções colunares de detalhe da Formação João Dias na região das Minas do Camaquã. **A.** Depósitos de antepraia. **B.** Depósitos de face litorânea superior.

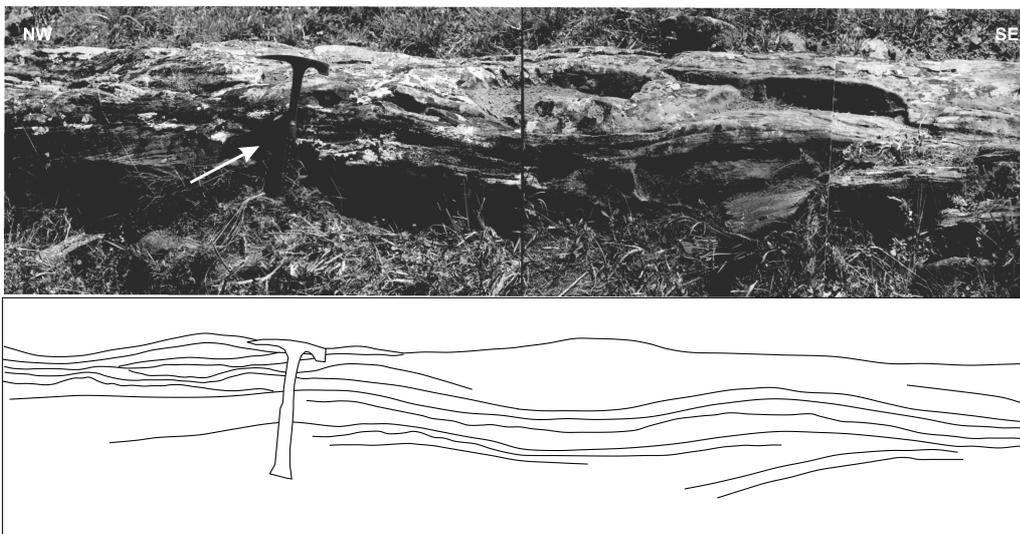


Figura 16. Depósitos de face litorânea, constituídos por arenitos finos lamina-dos truncados por superfícies de baixo ângulo – estratificação cruzada swash.

SEQÜÊNCIAS DEPOSICIONAIS

Na Sub-bacia Camaquã Central foram identificadas três seqüências deposicionais separadas por discordâncias erosivas, designadas como Seqüência Santa Bárbara Central 1, 2 e 3, respectivamente, SSBc1, SSBc2 e SSBc3. Essas seqüências caracterizam-se pelas superfícies limitantes e pelo padrão de empilhamento de seus tratos de sistemas, distintas da divisão litoestratigráfica que é baseada na composição litológica de cada conjunto e com limites sem significado genético. É notável a correspondência entre as seções colunares das regiões das Minas do Camaquã e de Bom Jardim (Figura 3).

A SSBc1 não exhibe os depósitos basais, pois estes se encontram truncados pela Falha Tapera-Emiliano que limita a leste a Sub-bacia Camaquã Central nas Minas do Camaquã, onde ocorre. Esta seqüência caracteriza-se por uma suces-

são marinha de costa-afora onde se destacam depósitos de conglomerados e arenitos interpretados como fácies distais de turbiditos. A espessura estimada é de cerca de 150 m.

A SSBc2 limita-se com a anterior por superfície de erosão marcada pela presença brusca de conglomerados submarinos sobre arenitos finos e ritmitos gerados por correntes de turbidez. Nesta superfície encontram-se vestígios da erosão dos depósitos subjacentes evidenciados por clastos de arenitos e pelitos. Esta seqüência, a mais espessa da sub-bacia (cerca de 1.200 m), compõe-se de depósitos marinhos de costa-afora separados em três sucessões:

1. sucessão marinha de turbiditos proximais a distais;
2. sucessão marinha de tempestitos de costa-afora;
3. sucessão marinha de face litorânea (*shoreface*) e de planície de marés.

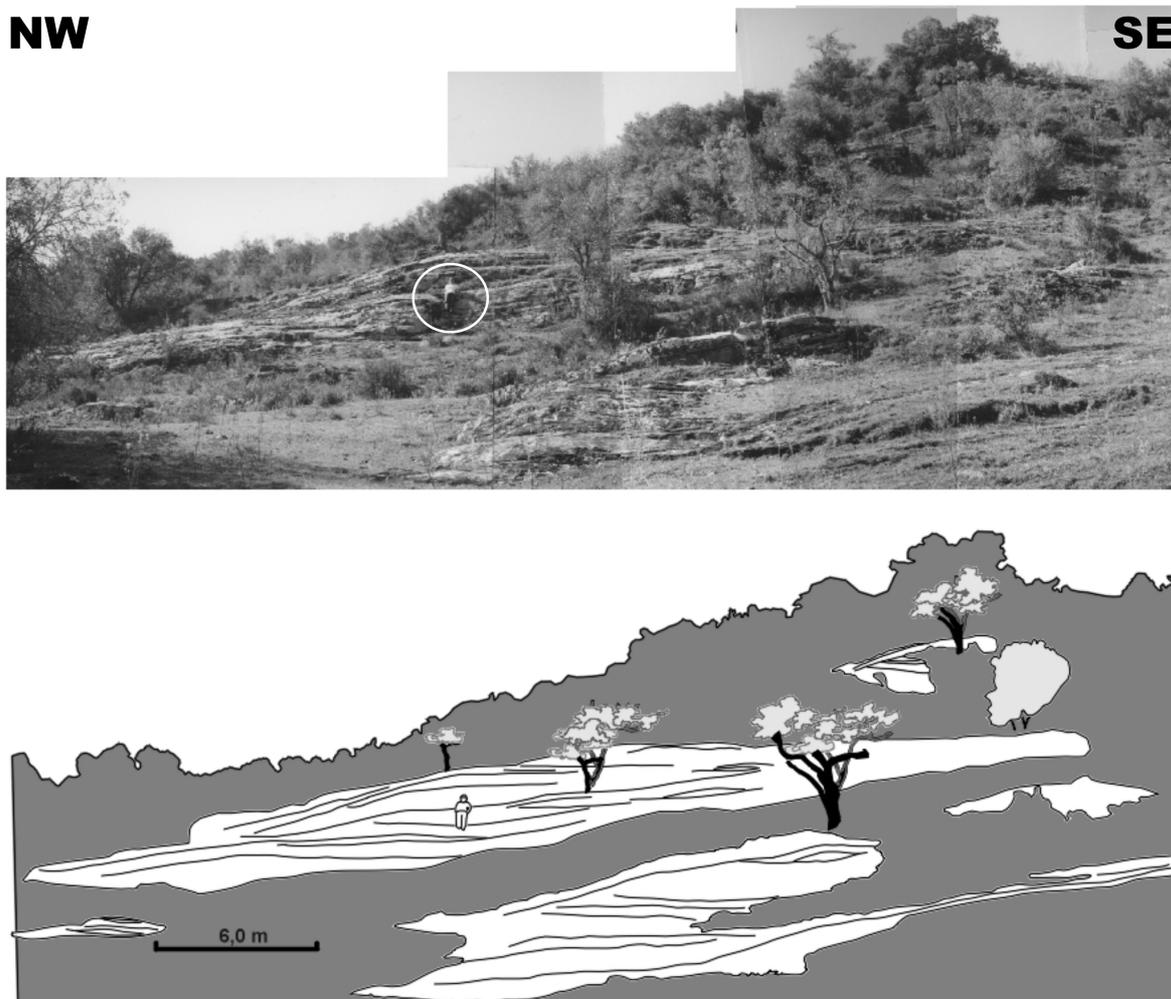


Figura 17. Depósitos de arenitos finos com estratificações cruzadas do tipo *hummocky*. Unidade de Tempestitos Litorâneos da Formação João Dias, na região das Minas do Camaquã.

A SSBc3 acha-se limitada com a SSBc2 por superfície de erosão claramente marcada pela presença abrupta de conglomerados de leques aluviais sobre arenitos finos e ritmitos marinhos de planície de marés e de face litorânea. Esta seqüência é individualizada em:

1. sucessão de leques aluviais;
2. sucessão marinha costeira interpretada como evento amplo de inundação causado por transgressão marinha posterior.

A espessura mínima estimada para a seqüência gira em torno de 1.000 m.

EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

O Grupo Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Central teve sua evolução marcada essencialmente por variações do nível de base relativo, identificadas em ciclos retrogradacionais, agradacionais e progradacionais, bem como pelo controle tectônico na sedimentação. Estes ciclos são bem representados com a subdivisão do Grupo Santa Bárbara, adotada no presente trabalho.

Um ciclo retrogradacional pode ser inferido para as porções inferiores da Formação Passo da Capela, correspondendo às sucessões de fácies marinhas de turbiditos proximais que rapidamente transicionam para depósitos de turbiditos distais, em modelo análogo aos de Howell e Normark (1982) e de Mutti et al. (1999). Em relação às variações do nível relativo do mar, sugere-se que o empilhamento dos turbiditos deu-se em trato de sistemas de mar baixo, conforme modelos encontrados na literatura (Mutti, 1992; Boiano, 1997; Johnson et al., 2001).

Um ciclo progradacional sobrepõe-se ao anterior, sendo representado por depósitos de tempestitos de costa-afora que passam para depósitos de tempestitos litorâneos.

A Formação Seival caracteriza um ciclo agradacional evidenciado por espessos pacotes de depósitos de planícies de marés, com paleocorrentes para NE e correntes bipolares NNE-SSW. A superfície que limita o ciclo progradacional anterior deste ciclo agradacional não foi observada em campo.

Um provável evento de rápida inundação do corpo d'água caracteriza o topo da Formação Seival e limita o ciclo agradacional de um segundo ciclo progradacional da unidade seguinte, com a instalação de depósitos de leques aluviais mediano-distais, passando rapidamente para depósitos de leques aluviais proximais que culminam com sistemas fluviais entrelaçados de alta energia, registrados na Formação Rincão dos Mouras. A enérgica deposição dos conglomerados da porção superior da Formação Rincão dos Mouras decorreu do soerguimento regional mais intenso a S e SE e a denudação dos depósitos subjacentes e erodidos durante o soerguimento de um alto situado a SE (hoje ocupado por depósitos do Grupo Guaritas), seguido pela erosão do embasamento deste alto, evidenciada por frag-

mentos de granitóides e de milonitos do Alto da Serra das Encantadas, a SE, coerente com o seu levantamento neste estágio de evolução (Fambrini et al., 1992, 1998b). A evolução deste processo culminou com a colmatação do corpo d'água e conseqüente continentalização da bacia (Fragoso-Cesar et al., 1985; Lavina et al., 1985; Faccini et al., 1987; Fambrini et al., 1998b). O clima nas áreas fontes pode ter sido semi-árido em virtude da abundância relativa de clastos de calcário e do mineral feldspato fresco, além da matriz dos conglomerados constituir-se de areia grossa, predominantemente.

Nova retrogradação é evidenciada na base da Formação João Dias, que se sobrepõe aos depósitos de leques aluviais, formada por depósitos litorâneos de tempestitos, que compõem um espesso pacote, provavelmente agradacional.

A caracterização destes padrões de preenchimento poderá servir como elemento de correlação entre as diversas ocorrências do Grupo Santa Bárbara. Estudos detalhados visando à caracterização das superfícies transgressivas, de inundação máxima e de erosão, são sugeridos para o refinamento das correlações.

O ambiente marinho para a deposição das unidades do Grupo Santa Bárbara também foi claramente identificado na Sub-bacia Camaquã Central, com a identificação de depósitos gerados em planícies de marés e de face litorânea a costa-afora, com ocorrência de glauconita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exposição do Grupo Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Central é representada por uma alternância de depósitos arenosos e rítmicos marinhos/transicionais e depósitos conglomeráticos de leques deltaicos (*fan deltas*), que compõem ciclos progradacionais-retrogradacionais. Estes ciclos foram interpretados como resultados de variações relativas do nível de base, possivelmente relacionadas em alguma medida a variações relativas do nível do mar, provavelmente associadas a mudanças no equilíbrio entre subsidência e aporte sedimentar, ambos relacionados à evolução tectônica da Bacia do Camaquã.

A progradação dos depósitos de leques aluviais da Formação Rincão dos Mouras foi interpretada como sucessões progradantes resultantes da diminuição da erosão de depósitos mais antigos do Supergrupo Camaquã. Esse mesmo evento foi reconhecido por Almeida (2001) e Fambrini et al. (no prelo) na Sub-bacia Camaquã Ocidental, podendo constituir um elemento de correlação estratigráfica regional.

O contato brusco basal da Formação João Dias constitui a superfície transgressiva do Grupo Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Central, indicando o avanço do mar durante este período.

A presença de depósitos marinhos costeiros afetados por ondas de tempestades na Formação João Dias contrapõe-se às observações de Faccini et al. (1987) e Paim (1994) que sugere-

riram ambiente de planície flúvio-deltaica progradante para estes depósitos, implicando assim na reformulação dos modelos que considerem variações do nível do mar para a bacia.

A evolução estratigráfica e paleoambiental, documentada nos depósitos do Grupo Santa Bárbara mapeados em toda a Sub-bacia Camaquã Central, apontou uma notável correlação entre as sucessões das regiões das Minas do Camaquã e de Bom Jardim. Tal correlação baseia-se tanto nas interpretações paleoambientais quanto nas espessuras das unidades estudadas, legitimando, desta forma, a proposta de Robertson (1966) e de Fambrini et al. (1996) de incluir os depósitos da região das Minas do Camaquã no redefinido Grupo Santa Bárbara.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi elaborado com auxílio financeiro da FAPESP —Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processos 93/03228-7, 98/04510-1, 98/03682-3, 99/00878-7, 00/07510-4 e 01/01439-9), a quem agradecemos o apoio. Ao CNPq pela bolsa de mestrado de G.L.Fambrini. Ao núcleo CPRM/RS pela cessão de fotografias aéreas e mapas. Aos colegas geólogos Ana Paula M. R. Pelosi, Wellington F. Silva Filho, Annamaria Rizzo da Fonseca, Claudio Riccomini e Afonso C. R. Nogueira pelo auxílio nos trabalhos de campo e pelas discussões. Aos revisores da revista Geologia USP, Léo A. Hartmann e outro anônimo, pelas sugestões e observações efetuadas que aprimoraram o texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, P. A.; UNDERHILL, J. R. Swaley cross-stratification produced by unidirectional flows, Beneliff Group (Upper Jurassic), Dorset, UK. *Journal of the Geological Society London*, v.146, n. 2, p. 241-252, 1989.
- ALMEIDA, R. P. *Evolução tectono-sedimentar da Formação Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Ocidental*. 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- BETTENCOURT, J. S. *A mina de cobre de Camaquã, RS*. 1972. 176 f. Tese (Doutoramento) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.
- BLAIR, T. C. Cause of dominance by sheetflood vs. debris-flow processes on two adjoining alluvial fans, Death Valley, California. *Sedimentology*, v. 46, n. 6, p. 1015-1028, 1999.
- BLAIR, T. C.; McPHERSON, J. G. Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes and facies assemblages. *Journal of Sedimentary Petrology*, Section A, v. 64, n. 3, p. 450-489, 1994.
- BOIANO, U. Anatomy of a siliciclastic turbidite basin: the Gorgoglione Flysch, Upper Miocene, southern Italy: physical stratigraphy, sedimentology and sequence-stratigraphic framework. *Sedimentary Geology*, v. 107, n. 1, p. 231-262, 1997.
- BONHOMME, M. E.; RIBEIRO, M. J. Datações K-Ar das argilas associadas a mineralizações de cobre da Mina Camaquã e de suas encaixantes. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1., 1983, Porto Alegre. *Atas...* Porto Alegre: SBG, 1983. p. 82-88. v. 1.
- CARVALHO, P. F. *Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro: IGMB, 1932. 72 p. (Boletim, 66).
- CHAFETZ, H. S.; REID, A. Syndepositional shallow-water precipitation of glauconitic minerals. *Sedimentary Geology*, v. 136, n. 1, p. 29-42, 2000.
- CHEEL, R. J.; LECKIE, D. A. Coarse-grained storm beds of the Upper Cretaceous Chungo Member (Wapiabi Formation), southern Alberta, Canada. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 62, n. 6, p. 933-945, 1992.
- COLLINSON, J. D.; THOMPSON, D. B. *Sedimentary structures*. London: Unwin Hyman, 1989. 207 p.
- DELLA FÁVERA, J. C. Eventos de sedimentação episódica nas bacias brasileiras. Uma contribuição para atestar o caráter pontuado do registro sedimentar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, 1984. p. 489-501. v. 1.
- DE RAAF, J. F. M.; BOERSMA, J. R.; VAN GELDER, A. Wave-generated structures and sequences from a shallow marine succession, Lower Carboniferous, County Cork, Ireland. *Sedimentology*, v. 24, n. 4, p. 451-483, 1977.
- DICKINSON, W. R. Provenance and sediment dispersal in relation to paleotectonics and paleogeography of sedimentary basins. In: KLEINSPEHN, K. L.; PAOLA, C. (Ed.). *New perspectives in basin analysis*. New York: Springer-Verlag, 1988. p. 3-25.
- DOTT Jr., R. H.; BOURGEOIS, J. Hummocky stratification: significance of its variable sequences. *Geological Society of America Bulletin*, v. 93, n. 8, p. 663-680, 1982.
- DUKE, W. L.; ARNOTT, R. W. C.; CHEEL, R. J. 1991. Storm sandstones and hummocky cross-stratification: new evidences

on a stormy debate. *Geology*, v.19, n. 6, p. 625-628, 1991.

FACCINI, U. F.; PAIM, P. S. G.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Análise faciológica das molassas brasileiras na região das Minas do Camaquã, Eo-paleozóico do RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1987. p. 75-91. v. 1.

FAMBRINI, G. L. *O Grupo Camaquã (Transição Proterozóico-Fanerozóico) na região das Minas do Camaquã, RS: análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes*. 1988. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FAMBRINI, G. L. *O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) a norte do rio Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil*. 2003. 243 f. Tese (Doutoramento) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FAMBRINI, G. L.; ALMEIDA, R. P.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Evolução estratigráfica do Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) na Sub-Bacia Camaquã Ocidental, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n. 1, 2006. No prelo.

FAMBRINI, G. L.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Análise de proveniência do Grupo Camaquã (transição Neoproterozóico-Cambriano) na região das Minas do Camaquã, RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7., 1999. Lençóis. *Anais...* Lençóis: SBG/ABGP, 1999. p. 71-74.

FAMBRINI, G. L.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; RICCOMINI, C.; JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R. P. de; PELOSI, A. P. M. R. Tectônica extensional sin-deposicional na Formação Santa Bárbara, Bacia do Camaquã, RS (Neoproterozóico III-Cambriano Inferior). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 8., 2001, Recife. *Anais...* Recife: SBG/ABGP, 2001. p. 149-150.

FAMBRINI, G. L.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; SILVA FILHO, W. F.; SAES, G. S.; MACHADO, R. Paleocorrentes do Grupo Camaquã (transição Neoproterozóico-Cambriano), região das Minas do Camaquã, RS: implicações paleogeográficas na evolução tectônica da Bacia do Camaquã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998, Belo Horizonte. *Boletim de Resumos Expandidos...* Belo Horizonte: SBG, 1998a. p. 379-381. v. 5.

FAMBRINI, G. L.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; SILVA FILHO, W. F.; TEIXEIRA, G.; SAYEG, H. S.; MACHADO, R. 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*, v. 29, p.39-69, 1998b.

FAMBRINI, G. L.; JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R. P.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. O Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-Bacia Camaquã Central, RS: estratigrafia e sistemas deposicionais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n. 2, p. 227-238, 2005.

FAMBRINI, G. L.; JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R. P. de; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; FONSECA, A. R. Sequências da Formação Santa Bárbara (Neoproterozóico III-Cambriano Inferior) na Sub-Bacia Camaquã Central, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBG, 2002. p. 660.

FAMBRINI, G. L.; SAES, G. S.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; SILVA FILHO, W. F.; SAYEG, H. S.; TEIXEIRA, G.; MACHADO, R.; McREATH, I.; ALMEIDA, T. I. R. de; PHILLIP, R. P. Sistemas costeiros da Formação Santa Bárbara, Bacia do Camaquã, RS (transição Proterozóico-Fanerozóico): registro preliminar da sedimentação em ambiente de águas rasas dominado por ondas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. *Boletim de Resumos Expandidos...* Salvador: SBG Núcleos Bahia/Sergipe, 1996. p. 204-206. v. 2.

FAMBRINI, G. L.; SAYEG, H. S.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Variação de áreas-fonte da Formação Arroio dos Nobres (Cambriano) no Vale do Arroio Boici, RS: análise estratigráfica de proveniência e de paleocorrentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. *Boletim de Resumos Expandidos...* São Paulo: SBG, 1992. p. 441. v. 2.

FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; ALMEIDA, R. P.; FAMBRINI, G. L.; PELOSI, A. P. M. R.; JANIKIAN, L. A Bacia Camaquã: um sistema intracontinental anorogênico de rifts do Neoproterozóico III-Eopaleozóico no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO SOBRE A ESTRATIGRAFIA DO RIO GRANDE DO SUL – ESCUDOS E BACIAS, 1., 2003, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBG, 2003. p. 139-144.

FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; FACCINI, U. F.; PAIM, P. S. G.; LAVINA, E. L.; ALTAMIRANO, J. A. F. Revisão na estratigrafia das molassas do Ciclo Brasileiro no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., *Anais...*, SBG, 1985. p. 477-491. v. 1

FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; FAMBRINI, G. L.; ALMEIDA, R. P. de; PELOSI, A. P. M. R.; JANIKIAN, L.; RICCOMINI, C.; MACHADO, R.; NOGUEIRA, A. C. R.; SAES, G. S. The Camaquã extensional basin: Neoproterozoic to early

- Cambrian sequences in southernmost Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 3, p. 438-441, 2000.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; FAMBRINI, G. L.; RICCOMINI, C.; JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R. P. de; PELOSI, A. P. M. R.; MACHADO, R. Estruturas induzidas por abalos sísmicos na Sequência Santa Bárbara (Neoproterozóico III-Eocambriano), Bacia do Camaquã, RS: o exemplo do Passo da Capela. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 31, n. 2, p. 155-162, 2001.
- GONZALEZ, M. A.; TEIXEIRA, G. Considerações sobre a estratigrafia e ambientes de sedimentação da região das Minas do Camaquã e Jazida Santa Maria - RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriu. *Anais...* Camboriú: SBG, 1980. p. 1513-1524. v. 3.
- GORCEIX, H. C. Résultat d'une première exploration de La Province du Rio Grande do Sul (Brésil). *Bulletin de la Société Géologique de France*, v. 3, Serv. III, 1875.
- HOWELL, D. G.; NORMARK, W. R. Sedimentology of submarine fans. In: SCHOLLE, P. A.; SPEARING, Darwin (Ed.) *Sandstone Depositional Environments*. Tulsa: AAPG, 1982. p. 365-404. (Memoir, 31).
- JANIKIAN, L. *Evolução Paleambiental do Grupo Camaquã na região de Bom Jardim, Sub-Bacia Camaquã Central, RS*. 2001. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R. V. P.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; FAMBRINI, G. L. Redefinição do Grupo Bom Jardim (Neoproterozóico III) em sua área-tipo: litoestratigrafia, evolução paleoambiental e contexto tectônico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 4, p. 349-362, 2003.
- JOHNSON, S. D.; FLINT, S.; HINDS, D.; VILLE, WICKENS H. Anatomy, geometry and sequence stratigraphy of basin floor to slope turbidite systems, Tanqua Karoo, South Africa. *Sedimentology*, v. 48, n. 5, p. 987-1023, 2001.
- LAVINA, E. L.; FACCINI, U. F.; PAIM, P. S. G., FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Ambientes de sedimentação da Bacia do Camaquã, Eo-Paleozóico do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, v. 21, n. 9, p. 185-227, 1985.
- LEINZ, V. Problema geológico do Post-Arqueano no Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, v. 4, n. 22, p. 203-206, 1939.
- LOWE, D. R. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 52, n. 1, p. 279-297, 1982.
- MIALL, A. D. *Principles of sedimentary basin analysis*. 3. ed.. New York: Springer-Verlag, 2000. 616 p.
- MUTTI, E. *Turbidite sandstones*. Milan: AGIP, 1992. 275 p. (Special Publication).
- MUTTI, E.; TINTERRI, R.; REMACHA, E.; MAVILLA, N.; ANGELLA, S.; FAVA, L. An introduction to the analysis of ancient turbidite basins from an outcrop perspective. Tuls: AAPG, 1999. 61 p. (Continuing Education Course Note Series, 39).
- MYROW, P. M.; SOUTHARD, J. B. Tempestite deposition. *Journal of Sedimentary Research*, v. 66, n. 5, p. 875-887, 1996.
- GUIMARÃES NETTO, R.; PAIM, P. S. G.; ROSA, C. L. M. Informe preliminar sobre a ocorrência de traços fósseis em sedimentitos das Bacias do Camaquã e Santa Bárbara. In: WORKSHOP BACIAS MOLÁSSICAS BRASILIANAS, 1., 1992, São Leopoldo. *Boletim de Resumos Expandidos...* São Leopoldo: SBG/UNISINOS, 1992. p. 90-96.
- ODIN, G. S. *Green marine clays*. Elsevier: Amsterdam, 1988. 112 p. (Developments in Sedimentology, 45).
- PAIM, P. S. G. *Depositional systems and paleogeographical evolution of the Camaquã and Santa Bárbara Basins, Brazil*. 1994. 277 f. Doctor (Thesis) - University of Oxford, Oxford, 1994. v. I.
- PAIM, P. S. G.; CHEMALE JR., F.; LOPES, R. C. A Bacia do Camaquã. In: HOLTZ, M.; DE ROS, L. F. (Ed.) *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Edição CIGO/UFRGS, 2002. p. 231-274.
- PAIM, P. S. G.; FACCINI, U. F.; GUIMARÃES NETTO, R.; NOWATZKI, C. H. Estratigrafia de seqüências e sistemas deposicionais das bacias do Camaquã e Santa Bárbara, Eopaleozóico do RS (Brasil). *Correlación Geologica*, v. 9, p. 41-45, 1992.
- PAIM, P. S. G.; LOPES, R. C. Geologia da região das Minas do Camaquã. In: RONCHI, L. H.; LOBATO, A. O. C. (Org.) *Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar*. São Leopoldo: UNISINOS, 2000. p. 111-132.
- REMUS, M. V. D.; HARTMANN, L. A.; McNAUGHTON, N. J.; GROVES, D. I.; REISCHL, J. L. A distal magmatic-hydrothermal origin for the Camaquã Cu (Au-Ag) and Santa

- Maria Pb, Zn (Cu-Ag) deposits, southern Brazil. *Gondwana Research*, v. 3, n. 2, p. 155-174, 2000.
- RIBEIRO, M. *Geologia da Folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul, Brasil*. Rio de Janeiro: DGM/DNPM, 1970. 142 p. (Boletim, 247).
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P. R.; FIGUEIREDO FILHO, P. M.; TESSARI, R. I. *Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, 1966. 232 p. (Boletim, 127).
- RIBEIRO, M. J. *Mapa previsional do cobre no Escudo Sul-Rio-Grandense. Nota explicativa*. Brasília: DNPM, 1978. p. 1-104. v. 1. (Série Geologia, 3 – Seção Geologia Econômica).
- RIBEIRO, M. J.; BADI, W. S. E.; GONZALEZ, A. P.; GONZALEZ, M. A.; LICHT, O. A. B.; TEIXEIRA, G. Jazida Santa Maria, chumbo e zinco estratiformes no Grupo Bom Jardim, Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú. *Anais*. Camboriú: SBG, 1980. p. 1725-1742. v. 3.
- ROBERTSON, J. F. Revision on stratigraphy and nomenclature of rock units in Caçapava-Lavras Region. *Notas e Estudos*, v. 1, n. 2, p. 41-54, 1966.
- RONCHI, L. H.; LOBATO, A. O. C. *Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar*. São Leopoldo: UNISINOS, 2000. 366 p.
- RONCHI, L. H.; MURTA, C. R.; GODOY, M. M. O minério sulfetado no arenito inferior da mina de cobre Uruguai, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998, Belo Horizonte. *Boletim de Resumos Expandidos*...Belo Horizonte. SBG, 1998. p. 154. v. 1.
- STEEL, R. J.; MAEHLE, S.; NILSEN, H.; ROE, S. L.; SPINNANGAR, A. Coarsening-upward cycles in the alluvium of Hornelen Basin (Devonian), Norway: sedimentation response to tectonic events. *Geological Society of America Bulletin*, v. 88, n. 8, p. 1124-1134, 1977.
- TEIXEIRA, G.; GONZALEZ, A. P.; GONZALEZ, M. A.; LICHT, O. A. B. Contribuição ao estudo de mineralizações cupríferas disseminadas no distrito Minas do Camaquã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978a, Recife. *Anais*...Recife: SBG, 1978a. p. 1644-1654. v. 4.
- TEIXEIRA, G.; GONZALEZ, A. P.; GONZALEZ, M. A.; LICHT, O. A. B. Situação das Minas do Camaquã, Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978b, Recife. *Anais*...Recife: SBG, 1978b. p. 1893-1905. v. 4.
- VAN HOUTEN, F. B.; PURUCKER, M. E. On the origin of glauconitic and chamositic granules. *Geo-Marine Letters*, v. 5, n. 1, p. 47-49. 1985.
- VEIGEL, R.; DARDENE, M. A. Paragênese e sucessão mineral nas diferentes etapas da evolução da mineralização de Cu-Pb-Zn do Distrito de Camaquã, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 20, n. 1-4, p. 55-67, 1990.
- WALKER, R. G. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: WALKER, R. G.; JAMES, N. P. (Ed.). *Facies Models - Response to Sea-level Change*. Newfoundland: Geological Association of Canada/Memorial University, 1992. p. 1-14. (Geotext, 1).
- WALKER, R. G.; PLINT, A. G. Wave and storm-dominated shallow marine systems. In: R. G. WALKER, R. G.; JAMES, N. P. (Ed.). *Facies Models: Response to Sea-level Change*. Newfoundland: Geological Association of Canada/Memorial University, 1992. p. 219-238. (Geotext, 1).
- YAGISHITA, K.; ARAKAWA, S.; TAIRA, A. Grain fabric of hummocky and swaley cross-stratification. *Sedimentary Geology*. v. 78, n. 3-4, p. 181-189, 1992.