

## Significado Tectônico dos Depósitos de Leques Aluviais da Formação Santa Bárbara (Eo-Paleozóico) na Região de Caçapava do Sul (RS, Brasil)

ANDRÉ WEISSHEIMER DE BORBA & ANA MARIA PIMENTEL MIZUSAKI

Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Av. Bento Gonçalves, 9500, Caixa Postal 15001, CEP 91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil  
e-mail: awborba.voy@poa.terra.com.br

(Recebido em 07/01. Aceito para publicação em 05/02)

**Abstract** - The alluvial fan deposits of Early Paleozoic Santa Bárbara Formation, located in Sul-rio-grandense Shield area of southernmost Brazil, have been analyzed here in terms of facies associations and tectonic significance. The investigated unit comprises conglomerates, sandstones, and siltstones, deposited probably under continental semi-arid climate conditions, in the post-collisional stages of Neoproterozoic Brasiliano/Pan-African Cycle. The location of the alluvial deposits suggests that the depositional locus of this sedimentary unit should probably consist of an individual and restricted fault-bounded basin, named here Santa Bárbara Basin. Its settling was controlled by the extensional and strike-slip reactivation of NE, NW, and N-S structures inherited from Brasiliano/Pan-African Cycle. Alluvial deposits located in the southwestern and northwestern borders show dominance of sheetflood processes in the alluvial fans deposition. On the other hand, the eastern border of Santa Bárbara Basin, named the “Caçapava paleohigh”, comprises the coarser alluvial deposits, with major occurrence of debris-flow features. This fact suggests a possible asymmetry of this basin. These eastern border deposits reveal, in the clast composition of the conglomerates, three main phases of denudation of “Caçapava paleohigh”. The basal conglomerates reflect a stage when this important topographic high was covered by andesites and metasedimentary rocks. Stratigraphically above, metavolcanic fragments compose the coarse deposits, while at the top of the package the conglomerate framework consists mainly of granitic clasts. This third stage reflects the exposure of the deeper parts of “Caçapava paleohigh”, and it can be positioned at the base of the unconformable Sequence III of Santa Bárbara Formation. The total inversion of braided fluvial axial filling system and the occurrence of intrabasinal debris-flow deposits suggest a strong tectonic event and possibly a significant time span at the base of Sequence III.

**Keywords** - sequence stratigraphy, alluvial fans, Early Paleozoic, Santa Bárbara Formation

### INTRODUÇÃO

A Formação Santa Bárbara, reconhecida e definida por Robertson (1966), constitui uma sucessão com aproximadamente 2,5 km de espessura de conglomerados, arenitos e siltitos de coloração castanha avermelhada. Esta unidade aflora de forma contínua ao longo de 400 km<sup>2</sup> a oeste e sudoeste da cidade de Caçapava do Sul, na região central do Estado do Rio Grande do Sul. Depositada no Eo-paleozóico, a Formação Santa Bárbara registra a evolução de uma bacia restrita (cerca de 50 km de extensão por 15 km de largura), gerada por esforços associados de extensão e transcorrência, dominantes nos estágios pós-colisionais do Ciclo Brasiliano/Pan-Africano na região do Escudo Sul-rio-grandense.

Os depósitos de leques aluviais que compõem a Formação Santa Bárbara, além de evidenciar os expressivos gradientes topográficos existentes

à época de deposição desta unidade, permitem inferir as rochas que serviram de possível área fonte de sedimentos, bem como os processos de denudação progressiva desses paleoaltos topográficos. Assim, os conglomerados e arenitos pertencentes a esses depósitos são aqui analisados em termos de texturas, estruturas e composição dos fragmentos, fornecendo importantes subsídios à construção de um arcabouço de seqüências deposicionais e a uma melhor compreensão do estabelecimento e evolução da bacia de deposição da Formação Santa Bárbara.

### COMPARTIMENTAÇÃO E MODELOS GEOTECTÔNICOS

A região de Caçapava do Sul, área de interesse do presente estudo, insere-se na unidade geotectônica denominada Escudo Sul-rio-grandense (Fig. 1), situada na porção meridional da Província

Mantiqueira (Almeida *et al.*, 1977). Esta área registra sobretudo os eventos relacionados ao Ciclo Brasileiro/Pan-Africano (Porada, 1979) no sudeste da América do Sul. Este ciclo, caracterizado por um conjunto de orogêneses e colagens de terrenos, foi posicionado na região estudada entre 850 e 460 Ma (Soliani Jr., 1986), tendo sido o responsável pela amalgamação definitiva da região sudoeste do Supercontinente Gondwana.

O Escudo Sul-rio-grandense pode ser compartimentado em quatro blocos (Fig. 1), segundo a proposição de Soliani Jr. (1986). O autor citado sugere que áreas mais antigas em relação ao Ciclo Brasileiro/Pan-Africano estariam representadas no Bloco Taquarembó. Os demais blocos (Dom Feliciano, Encruzilhada e São Gabriel) teriam sua evolução diretamente ligada aos eventos do Neoproterozóico, relacionados a processo de subducção para oeste e posterior colisão continental dos Crátons do Rio de la Plata (oeste) e Kalahari (leste).

O modelo proposto por Fernandes *et al.* (1995 a, b) igualmente sugere subducção para oeste, com geração de dois arcos magmáticos (o primeiro de 830 a 720 Ma e o segundo em torno de 700 Ma) e posterior colisão continental (entre 670 e 620 Ma), com domínio de tectônica transcorrente. Já a concepção evolutiva de Chemale Jr. *et al.* (1995) reconhece dois eventos distintos: o evento São Gabriel (750-700 Ma), representado por um arco vulcânico com subducção para leste; e o evento Dom

Feliciano (cerca de 600 Ma), relacionado a uma provável pluma de calor do manto sob a crosta ou *underplating* de magmas basálticos.

Os estágios finais do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano foram marcados, segundo proposta de Menegat & Fernandes (2001), por duas fases principais de formação de bacias limitadas por falhas e preenchidas por sucessões vulcânicas e sedimentares. A primeira fase, ainda ao final do Neoproterozóico, seria dominada por movimentações transcorrentes ao longo das estruturas de direção NE herdadas dos estágios iniciais do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano. Teriam resultado deste processo três bacias alongadas na direção NE: as bacias Maricá, Bom Jardim e Piquiri. A segunda fase, dominada por reativações extensionais (com transcorrência associada) das estruturas NE, teria sido responsável pela implantação das bacias Santa Bárbara e Guaritas.

As sucessões vulcânicas e sedimentares que preencheram estas bacias têm sido estudadas em conjunto, desde que Almeida (1969) considerou estes depósitos como “molássicos”. Denominações como “Antefossa do Sudeste” (Fragoso-César *et al.*, 1982) e, principalmente, “Bacia do Camaquã” (Issler, 1985; Paim *et al.*, 1995; Gresse *et al.*, 1996; Paim *et al.*, 2000) vêm sendo freqüentemente utilizadas para referir o local de deposição destas unidades.

Com relação à ordenação estratigráfica destes depósitos Eo-paleozóicos, o trabalho de Paim *et al.* (1995) merece destaque pela abordagem alostratigráfica, na qual as unidades são delimitadas por importantes discordâncias. No referido trabalho, foram definidos quatro alogrupos, da base para o topo: Maricá, Bom Jardim, Santa Bárbara e Guaritas. O Alogrupo Maricá consiste na base da “Bacia do Camaquã”, registrando depósitos continentais, transicionais e marinhos de plataforma rasa, numa clara tendência transgressiva (Leites *et al.*, 1990). O Alogrupo Bom Jardim registra associações de fácies de leques aluviais em bacias lacustres alongadas (Oliveira, 1992), intercaladas às rochas vulcânicas básicas e intermediárias de afinidade shoshonítica da Formação Hilário (Lima & Nardi, 1998).

O Alogrupo Santa Bárbara possui em sua base a Formação Acampamento Velho, composta por rochas vulcânicas e piroclásticas de composição ácida com idade de  $545,1 \pm 12,7$  Ma (Almeida *et al.*, 1996). A porção superior equivale à Formação Santa Bárbara (Robertson, 1966), objeto do presente estudo, na qual ocorrem depósitos continentais de origem lacustre, fluvial e aluvial. Por fim, o Alogrupo Guaritas (equivalente à Formação Guaritas) con-

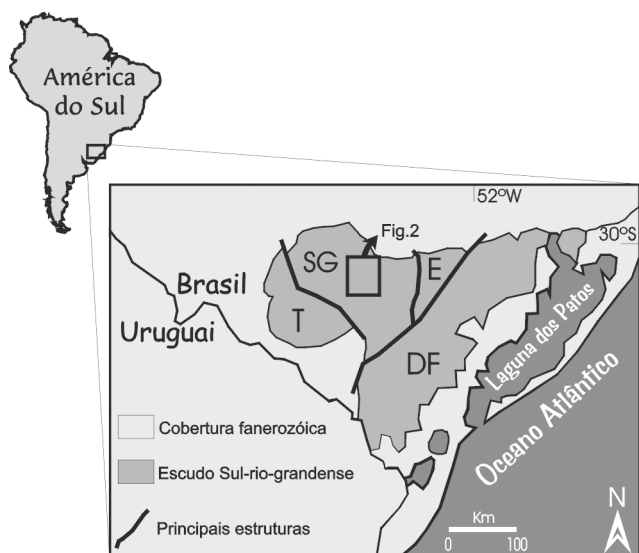


Figura 1 - Localização e arcabouço geotectônico esquemático da porção sul do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil). O Escudo Sul-rio-grandense registra principalmente os eventos do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, do Neoproterozóico, em quatro blocos distintos, propostos por Soliani Jr. (1986): Taquarembó (T), São Gabriel (SG), Dom Feliciano (DF) e Encruzilhada (E).

tém registro de atividade eólica, juntamente com associações de fácies aluviais, fluviais e lacustres. Próximo à base desta unidade ocorrem as rochas vulcânicas básicas e intermediárias alcalinas do Membro Rodeio Velho, cuja idade se situa em torno de 470 Ma (Hartmann *et al.*, 1998).

### IMPLANTAÇÃO E PREENCHIMENTO DA BACIA SANTA BÁRBARA

Na região de Caçapava do Sul afloram diversas unidades relacionadas às fases tardias do Ciclo Brasileiro (Fig. 2), cuja origem e deformação estão relacionadas a esforços de compressão e transcorrência. O Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF) (Bitencourt, 1983) é composto por anfibolitos e xistos formados por metamorfismo regional, a partir de protólitos vulcânicos, sedimentares clásticos e carbonáticos. O Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS), composto principalmente por granodioritos, monzogranitos e sienogranitos (Nardi & Bitencourt, 1989), é intrusivo naqueles metamorfitos e possui idade magmática em torno de 550 Ma (Sartori & Kawashita, 1985; Leite *et al.*, 1995). As estruturas de deformação planares e lineares de ambas as unidades citadas revelam atuação de zonas de cisalhamento transcorrentes durante a geração destas rochas. Da mesma forma, as rochas pertencentes ao Alogrupo Bom Jardim, na região de Caçapava, apresentam estruturas indicativas de atividade transcorrente. Sua porção vulcânica (Formação Hilário) possui idade magmática de aproxima-

damente 590 a 580 Ma (Remus *et al.*, 1999; Chemale Jr. *et al.*, 1999), tendo sido considerada como correspondente vulcânica do Complexo Granítico de Lavras do Sul (Nardi & Lima, 1985).

A Formação Acampamento Velho, sem registro de estruturas de deformação compressiva, recobre discordantemente o Alogrupo Bom Jardim, o que sugere o esgotamento da tectônica transpressiva entre 550 (posicionamento dos granitóides foliados do CGCS) e 545 Ma (idade da Fm. Acampamento Velho). A base da Formação Santa Bárbara, por sua vez, é claramente erosiva sobre a Formação Acampamento Velho. Assim, o estabelecimento da Bacia Santa Bárbara (termo adotado neste trabalho em consonância com as propostas de Menegat & Fernandes, 2001) parece ter se processado já em regime distensivo, com transcorrência associada, a partir da reativação das estruturas de direção NE (herdadas do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano) e NW (dominantes no oeste, em direção ao cráton). O limite leste da bacia obedece a uma condição de contorno particular: as foliações de direção N-S dos Complexos Passo Feio e Caçapava do Sul (Fig. 3). Os depósitos de leques aluviais da Formação Santa Bárbara, preservados junto a estas estruturas, não apenas revelam as paleobordas da bacia, como registram na composição dos clastos de seu arcabouço a configuração da superfície aflorante no momento da deposição.

Com base nas ferramentas da estratigrafia de seqüências (Vail *et al.*, 1977; Van Wagoner *et al.*, 1988, 1990), e em sua crescente aplicação a depósi-

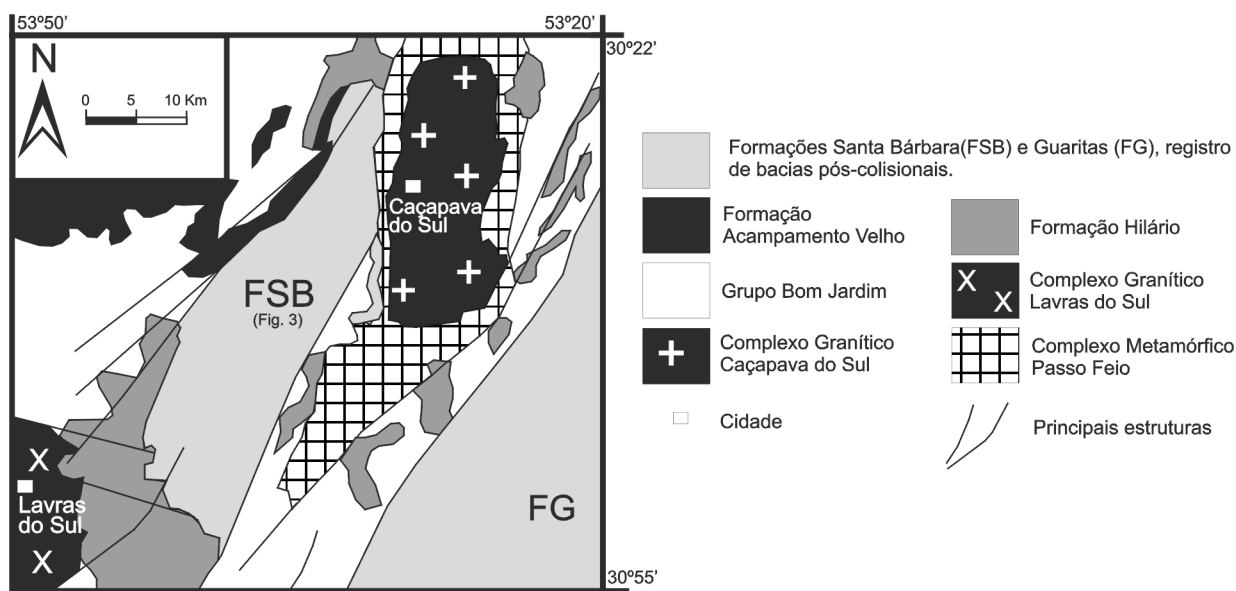


Figura 2 - Mapa geológico esquemático da região de Caçapava do Sul, na porção central do Estado do Rio Grande do Sul, mostrando as principais unidades aflorantes na região e ressaltando a Formação Santa Bárbara, objeto do presente estudo.

tos continentais (Kocurek & Havholm, 1993; Shanley & McCabe, 1994; Martinsen *et al.*, 1999), foram estabelecidas três seqüências deposicionais para a Formação Santa Bárbara (Fig. 3) (Borba, 2001; Borba & Mizusaki, *in prep.*). As duas seqüências basais (I e II) são compostas por associações de fácies de leques aluviais, deltas aluviais lacustres e canais fluviais *braided* de carga arenosa, todos com importante transporte axial no sentido nordeste e contribuição de leques aluviais laterais às bordas da bacia (Fig. 4a). Já a Seqüência III, posicionada no topo do pacote, é formada por depósitos de canais *braided* cascalhosos, com características erosivas sobre as subunidades basais e paleocorrentes para sudoeste, refletindo inversão total do sentido de transporte axial da Bacia Santa Bárbara (Fig. 4b).

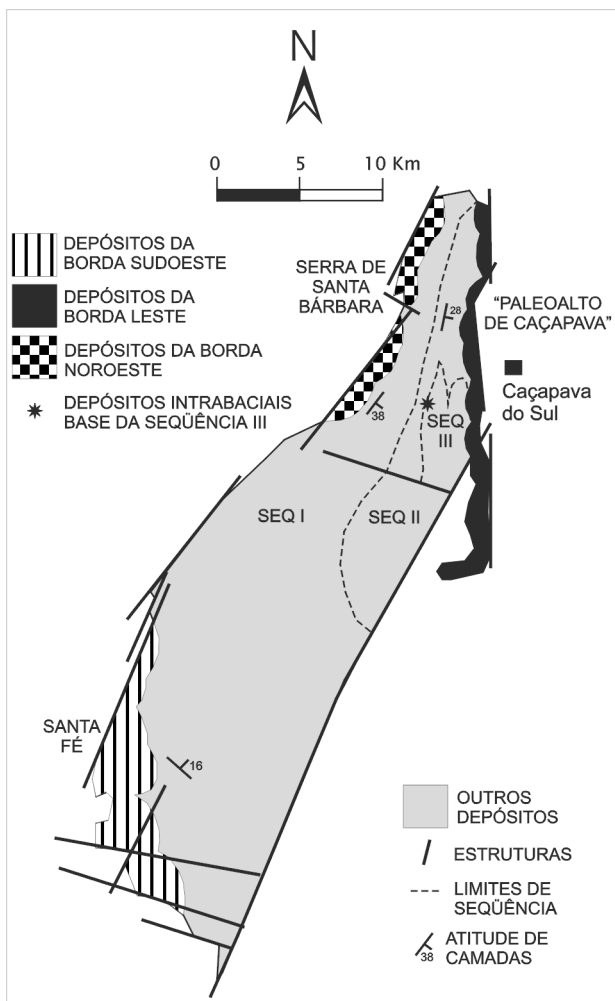


Figura 3 - Contorno geológico da Formação Santa Bárbara (ver Fig. 2), ressaltando a localização dos depósitos de leques aluviais citados no texto. Estes depósitos marcam as paleobordas da Bacia Santa Bárbara, controladas principalmente por estruturas NE e NW herdadas do Ciclo Brasileiro, e pelas foliações N-S dos Complexos Caçapava do Sul e Passo Feio.

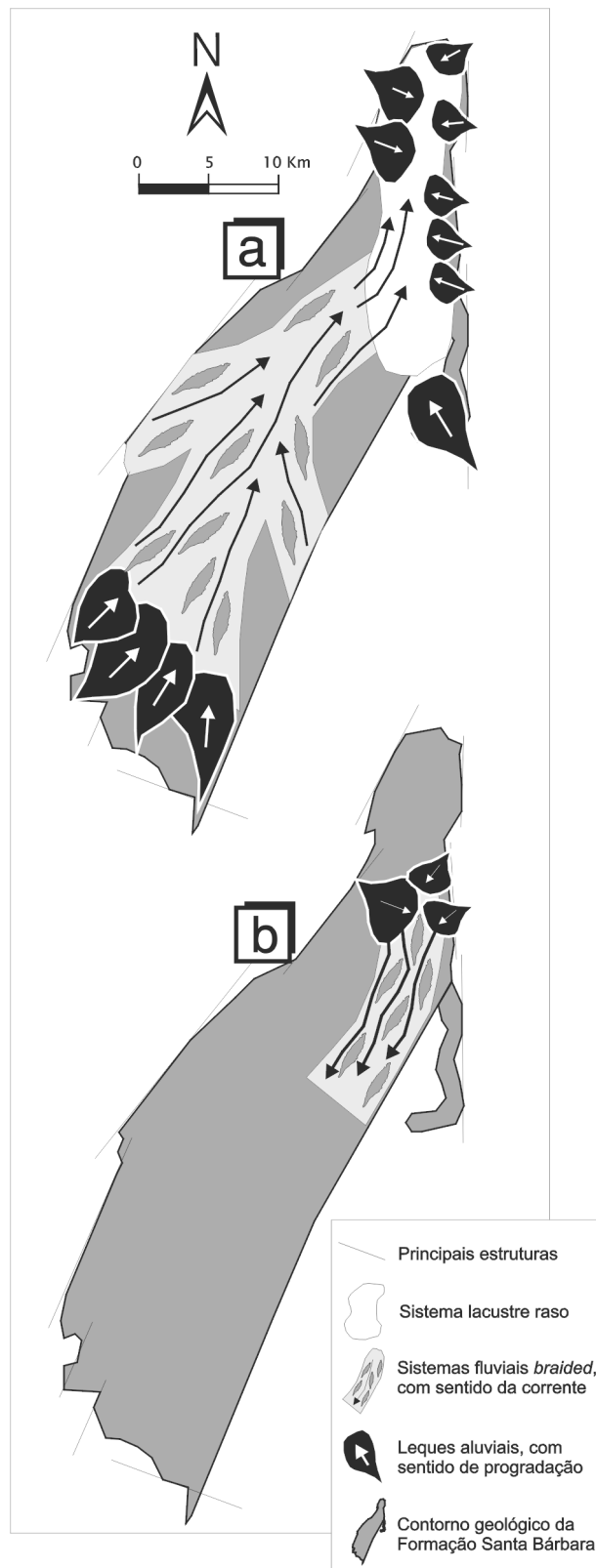


Figura 4 - Esquema evolutivo dos sistemas deposicionais responsáveis pelo preenchimento da Bacia Santa Bárbara; a) durante o desenvolvimento das seqüências I e II, sistemas fluviais (durante o *lowstand*) e deltaicos (durante as inundações) preenchiam a bacia lacustre no sentido nordeste; b) na Seqüência III, sistemas fluviais *braided* cascalhosos transportavam no sentido sul, de forma erosiva sobre as seqüências anteriormente depositadas.



## DEPÓSITOS ALUVIAIS DA FORMAÇÃO SANTA BÁRBARA E SEU SIGNIFICADO TECTÔNICO

### Depósitos da borda sudoeste

Na região sudoeste (localidade de Santa Fé) da área de afloramento da Formação Santa Bárbara (Fig. 3), ocorrem rochas indicativas da atividade de leques aluviais na base desta unidade, assentadas diretamente sobre rochas vulcânicas e hipabissais da Formação Hilário. Estes depósitos conglomeráticos foram definidos por Paim *et al.* (1995) como a Aloformação Santa Fé do Alogrupo Santa Bárbara.

As fácies representativas da atividade de leques aluviais afloram sob forma de camadas de geometria tabular ou lenticular, com contatos abruptos e, em alguns casos, erosivos, com espessuras métricas, chegando a mais de vinte metros quando amalgamadas. São conglomerados sustentados pelos clastos, maciços (fácies Gcm de Miall, 1996) ou com estratificação plano-paralela ou horizontal (fácies Gh) (Fig. 5a), apresentando incipiente imbricação de clastos. Associadas a estes conglomerados estão camadas de arenitos grossos a conglomeráticos, que apresentam estratificação horizontal (fácies Sh) e gradação normal até arenitos finos e siltitos portadores de grânulos. Estes depósitos representam processos de fluxos de gravidade com grande contribuição de água no transporte dos fragmentos (*sheetflooding*), um dos mais efetivos processos na evolução de leques aluviais (Blair & McPherson, 1994).

Na borda sudoeste, camadas de conglomerados sustentados pela matriz, sem organização interna (fácies Gmm) ou com gradação inversa (fácies Gmg) (Fig. 5b) igualmente compõem a associação de fácies de leques aluviais, ainda que de forma subordinada. Tais litologias denotam processos de fluxo de detritos (*debris-flow*). O conjunto de fácies conglomeráticas apresenta um padrão granocrescente e estratocrescente em direção ao topo, descrito por Prothero (1990) como uma característica distintiva de depósitos de leques aluviais. A ocorrência deste tipo de empilhamento deve refletir atividade tectônica inicial, resultando em criação de relevo e subsidência pronunciada. Posterior quiescência tectônica levaria à progradação das porções mais proximais (e mais grossas) sobre as partes distais, conforme discutido por Blair (1987). Um pulso de subsidência posterior pode ser reconhecido quando sucessões fluviais ou lacustres recobrem os leques, como ocorre na Formação Santa Bárbara.

Através da análise qualitativa de clastos dos conglomerados com diâmetro superior a 5 cm, foram inferidos parâmetros relativos à área fonte dos sedimentos. Assim, observa-se que cerca de 70% dos fragmentos analisados são associados a composições traquíticas e andesíticas, e portanto consideradas como pertencentes à Formação Hilário. Secundariamente, ocorrem fragmentos de rochas sedimentares (10%), provavelmente do Alogrupo Bom Jardim, e ainda clastos de rochas metassedimentares (metapelitos e mármore) do Complexo Passo Feio. Esta composição detrítica foi posteriormente também confirmada em frações de granulometria mais fina, quando da análise de lâminas petrográficas (Fig. 7a). A imaturidade textural e composicional dos arenitos e conglomerados analisados é evidenciada pelo baixo grau de arredondamento dos grãos e seleção pobre. Tais características atestam o reduzido transporte experimentado pelos fragmentos. Por outro lado, o recobrimento da grande maioria dos grãos destas rochas por películas de óxido de ferro (Fig. 7a) origina a cor avermelhada destes depósitos (Walker, 1967). Este fato, associado à cimentação calcítica e à preservação de fragmentos considerados quimicamente instáveis como feldspatos e clastos vulcânicos, sugere, como já observado para a Formação Guaritas (De Ros *et al.*, 1994), o predomínio de uma eodiagênese continental de clima semi-árido durante a deposição da Formação Santa Bárbara.

### Depósitos da borda noroeste

Na borda noroeste da área preservada da Formação Santa Bárbara, correspondente à região da Serra de Santa Bárbara (Fig. 3), os depósitos de leques aluviais são menos expressivos. Compõem apenas a base da unidade e assentam-se em discordância erosiva sobre os riolitos e rochas piroclásticas da Formação Acampamento Velho. Dentre os fragmentos que compõem o arcabouço dos conglomerados aluviais analisados, a grande maioria dos clastos relaciona-se aos termos vulcânicos e piroclásticos de composição ácida da unidade citada, bem como os fragmentos de quartzo de veios.

O tamanho dos clastos dos conglomerados geralmente não ultrapassa 5 cm de diâmetro nesta porção da bacia, e fácies características de fluxo de detritos não foram identificadas. Os depósitos sedimentares mais expressivos são compostos predominantemente por camadas lenticulares de conglomerados suportados pelos clastos, maciços ou com

estratificação plano-paralela, que se associam a camadas lenticulares de arenitos médios a grossos, com gradação normal e estratificação cruzada acanalada (Fig. 5c), podendo ser comparados à fácies St de Miall (1996). As características petrográficas são semelhantes àquelas observadas nas litologias da borda sudoeste. As paleocorrentes inferidas a partir das estratificações cruzadas nos arenitos e de raras imbricações de clastos indicam paleotransporte para sudeste.

A granulometria mais fina e a presença quase exclusiva de depósitos relacionados a processos de *sheetflood* são características que permitem supor que esta fosse a borda de menor declividade da bacia, conseqüentemente com taxas de subsidência menos pronunciadas.

### Depósitos da borda leste

Os depósitos de leques aluviais da borda leste da Bacia Santa Bárbara (Fig. 3) afloram recobrando ou em contato por falha com as litologias metamórficas do Complexo Passo Feio (CMPF). A evolução desta borda ao longo do desenvolvimento da bacia está intimamente relacionada à atividade das falhas de direção N-S controladas pelas foliações deformacionais dos xistos do CMPF e granitóides do CGCS. Os depósitos aluviais, nesta região, além de corresponderem à base da Formação Santa Bárbara, registram toda a sedimentação proveniente da borda leste da bacia, em contínua atividade tectônica e soerguida em diversos pulsos. Este importante limite da Bacia Santa Bárbara é aqui denominado de “paleoalto de Caçapava”.

A base deste sistema de leques aluviais está discordantemente instalada sobre as rochas metassedimentares do Complexo Metamórfico Passo Feio (Fig. 6a). São camadas lenticulares amalgamadas, com espessura acumulada de até trinta metros, de conglomerados maciços sustentados por uma matriz de granulometria areia grossa (fácies Gmm de Miall, 1996), ou pelos clastos (fácies Gcm), de granulometria bloco e mesmo matacão. O arcabouço destes conglomerados é composto por fragmentos de rochas metassedimentares e vulcânicas intermediárias (Fig. 6b). Este fato sugere assim uma primeira fase de denudação do “paleoalto de Caçapava”, então recoberto pelas rochas do Alogrupo Bom Jardim e pelas rochas metassedimentares do Complexo Passo Feio (Fig. 8a). Nesta associação de fácies ocorrem ainda camadas tabulares de arenitos médios a finos e siltitos, todos com estratificação



Figura 5 - Depósitos aluviais da Formação Santa Bárbara: a) borda sudoeste: conglomerados organizados, sustentados pelos clastos, apresentando estratificação plano-paralela ou horizontal, refletindo processos de *sheetflood*; b) borda sudoeste: conglomerados sustentados pela matriz, com clastos de composição predominantemente traquítica, mostrando gradação inversa, sugestiva da atuação de processos de *debris-flow*; c) borda noroeste: camadas lenticulares de arenitos médios com gradação normal e estratificação cruzada acanalada.

plano-paralela e topo com *ripples* de corrente, com indicações de transporte para oeste.

Na porção mediana do sistema de leques aluviais afloram conglomerados com clastos muito angulosos de rochas metavulcânicas (Fig. 6c). Estes conglomerados podem ser correlacionados a arenitos característicos de canais fluviais de carga arenosa, posicionados na base da Sequência II. Esta



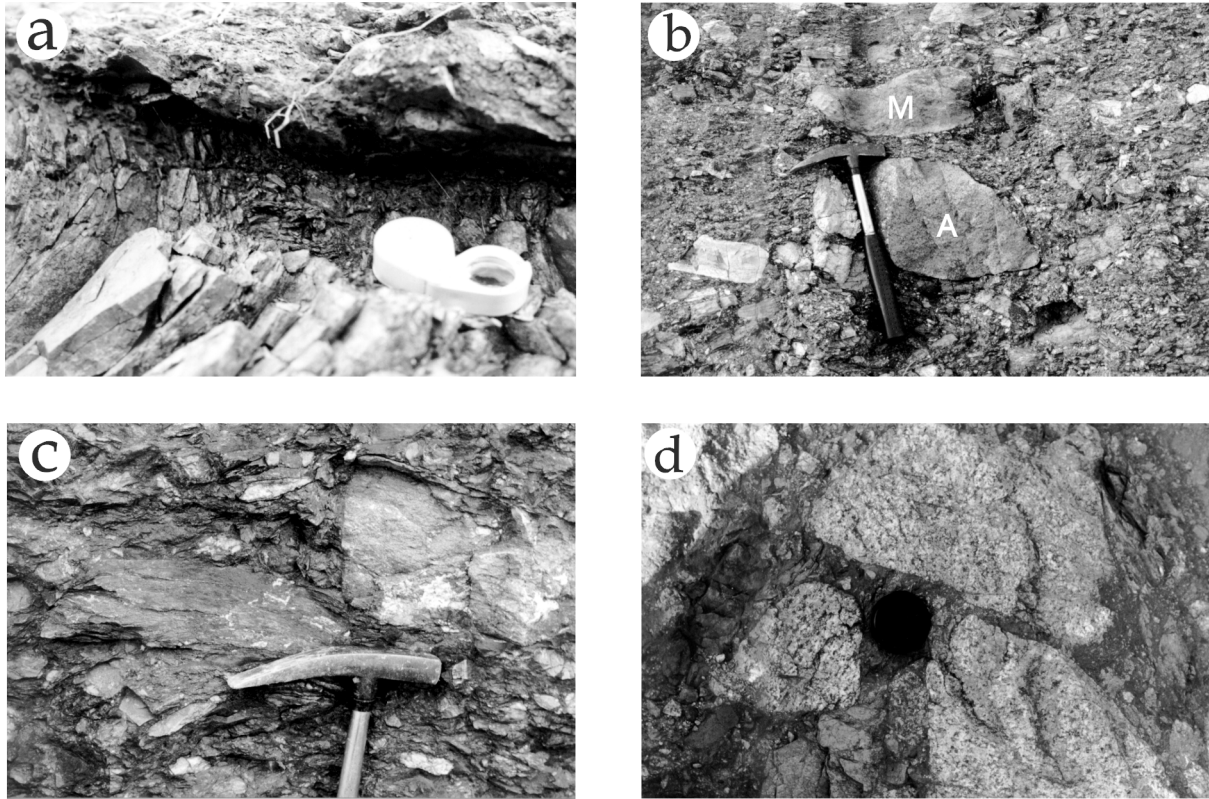


Figura 6 - Depósitos aluviais provenientes do “paleoalto de Caçapava”, a borda leste da Bacia Santa Bárbara: a) superfície erosiva localizada na base da Formação Santa Bárbara, instalada sobre as rochas metassedimentares do Complexo Metamórfico Passo Feio; b) conglomerados suportados por matriz arenosa grossa, compostos por fragmentos de tamanho até matacão de andesitos (A) e de rochas metassedimentares (M); c) conglomerados com clastos muito angulosos de xistos metavulcânicos do Complexo Passo Feio; d) blocos de composição granítica, constituindo o arcabouço dos conglomerados da Sequência III da Formação Santa Bárbara, os quais revelam a exposição definitiva do Complexo Granítico Caçapava do Sul, no terceiro estágio de denudação do “paleoalto de Caçapava”.

correlação é possível uma vez que o arcabouço destes arenitos é constituído principalmente por fragmentos metavulcânicos (Fig. 7b), interpretados como provenientes do Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF). Então, um segundo estágio de denudação do “paleoalto de Caçapava” pode ser proposto. Com o progressivo desgaste das rochas metassedimentares, afloram as componentes metavulcânicas do CMPF, que ocupavam posição mais profunda em relação às primeiras (Fig. 8b). Por fim, depósitos aluviais portadores de blocos e matações de composição granítica (Fig. 6d), associados à Sequência III, possuem igualmente correspondência na composição dos conglomerados fluviiais da Pedra do Segredo (Fig. 4), onde a proveniência granítica é mais comum (Fig. 7c). Estes conglomerados sustentados pelos clastos ou pela matriz (areia grossa), são característicos de processos de *debris-flow*, e indicam um estágio final de desgaste do “paleoalto de Caçapava”. Este evento marca, além da inversão no sentido de preenchimento da bacia, a exposição definitiva dos granitóides do Complexo Granítico Caçapava do Sul (Fig. 8c).

A granulometria muito grossa das litologias, associada à presença abundante de fácies relacionadas a *debris-flow*, fazem supor que a borda leste da Bacia Santa Bárbara era uma margem falhada, onde os taludes mais íngremes se desenvolveram e foram responsáveis pela deposição de fácies gravitacionais importantes. Com isto evidencia-se a possibilidade de assimetria da bacia. Tal característica é esperada em bacias onde movimentações transcorrentes se fazem presentes, conforme sugerido por Massari & Colella (1988). Bons exemplos de depósitos aluviais assimétricos em bacias transcorrentes são descritos na Bacia Ridge, Califórnia (Crowell, 1975) e na Bacia Hornelen, Noruega (Gloppen & Steel, 1981; Steel, 1988).

### Depósitos intrabaciais da base da Sequência III

São depósitos localizados aproximadamente 1.200 metros a oeste da Pedra do Segredo (Fig. 3). Eles compreendem conglomerados sustentados por abundante matriz siltica de coloração creme. Destaca-se a angulosidade dos clastos, bem como a sua

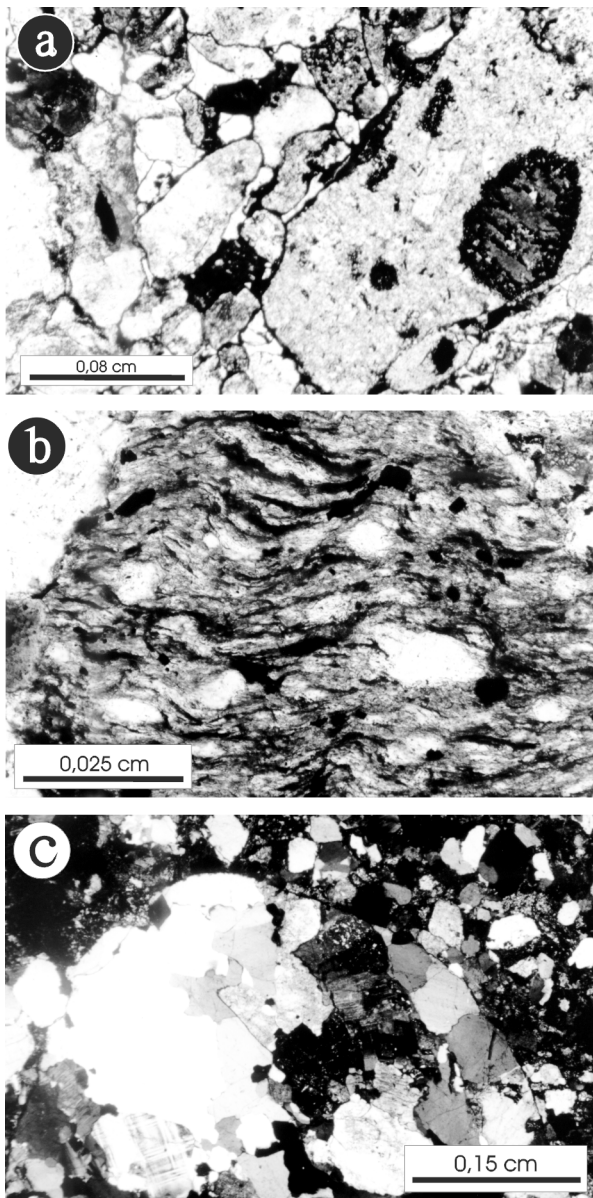


Figura 7 - a) fotomicrografia (LN) mostrando películas de óxidos de ferro sobre os grãos de proveniência sobretudo vulcânica dos arenitos da Seqüência I; b) fotomicrografia (LN) do detalhe de um fragmento metavulcânico pertencente ao arcabouço dos arenitos fluviais da Seqüência II; c) fotomicrografia (LP) de clastos de composição granítica, compostos por quartzo, plagioclásio e microclínio, no arcabouço dos conglomerados da Seqüência III (Pedra do Segredo).

composição quase exclusivamente de litologias de granulometria fina das seqüências basais (I e II) da própria Formação Santa Bárbara (Fig. 9a, b, c). Processos de *debris-flow* são considerados os responsáveis pela formação desta fácies, o que é esperado no caso de rochas fontes sedimentares, conforme discutido por Blair (1999). Estes depósitos reforçam a sugestão de uma importante reestruturação da bacia, já sugerida pela inversão no sentido de transporte

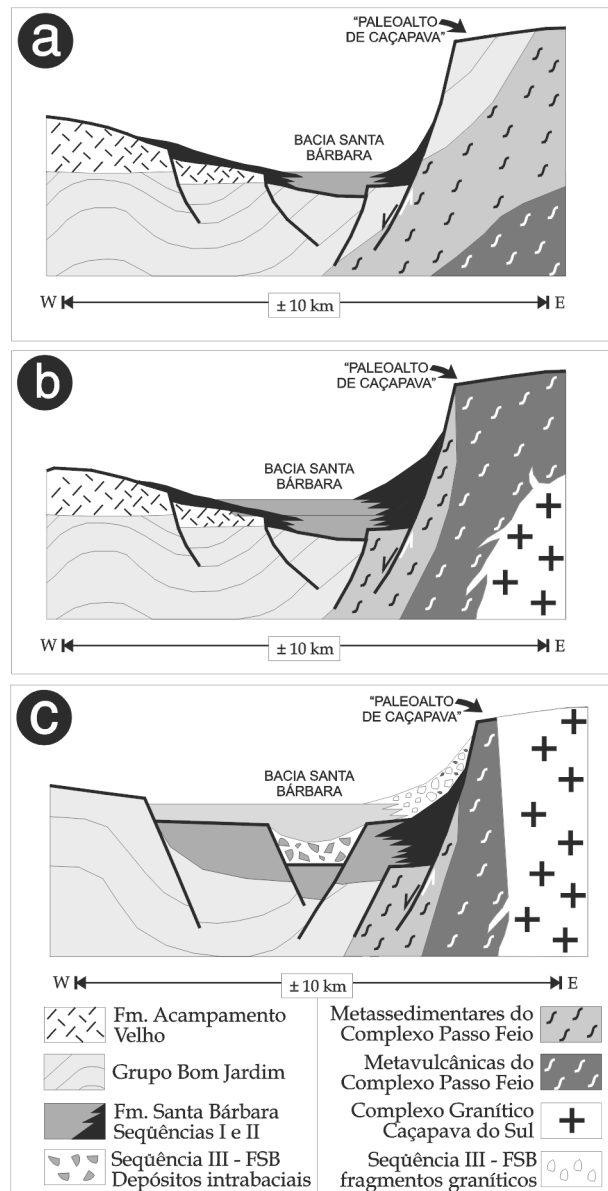


Figura 8 - Diagramas evolutivos esquemáticos ilustrando os três estágios de denudação do "paleoalto de Caçapava" (borda leste da Bacia Santa Bárbara): a) primeiro estágio, com contribuição de fragmentos de andesitos do Grupo Bom Jardim e de rochas metassedimentares do Complexo Metamórfico Passo Feio; b) segunda fase, a partir do desgaste das metassedimentares, passam a aflorar as rochas metavulcânicas da mesma unidade; c) no último estágio, correspondente à Seqüência III, ocorre a exposição definitiva do Complexo Granítico Caçapava do Sul e a formação de depósitos aluviais de contribuição intrabaciais; \*(sem escala vertical).

(Borba & Mizusaki, *in prep.*) indicada pelas paleocorrentes da Pedra do Segredo. Percebe-se assim que áreas anteriormente atuando como sítios deposicionais sofreram um provável soerguimento, que as levou à exposição e retrabalhamento por processos gravitacionais ao tempo da base da Seqüência III (Fig. 8c).



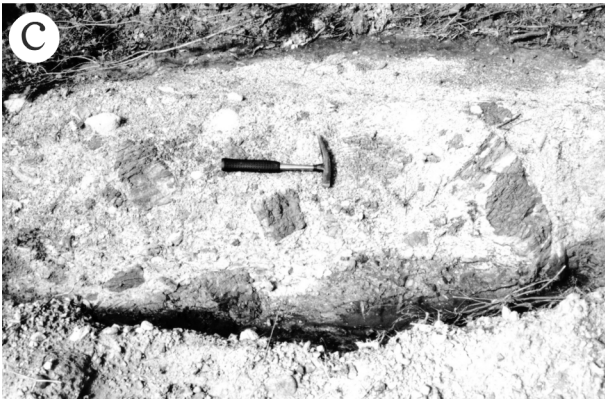


Figura 9 - Conglomerados suportados pela matriz, compostos por clastos muito angulosos das litologias das sequências basais da Formação Santa Bárbara. Estes depósitos, característicos de processos de fluxo de detritos, posicionam-se na base da Sequência III. Sugerem, desta forma, a atuação de movimentações tectônicas responsáveis pelo soerguimento de áreas anteriormente deposicionais, e sua consequente exposição aos processos de superfície, dominados por intemperismo físico e deposição gravitacional.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos depósitos conglomeráticos de origem aluvial da Formação Santa Bárbara permitiu inferências a respeito da resposta sedimentar às movimentações tectônicas processadas durante a evolução da Bacia Santa Bárbara, no Eo-paleozóico. Inicialmente, como resposta às reativações extensionais e transcorrentes das estruturas de orientação

nordeste, noroeste e norte, importantes limites da bacia, foram depositados leques aluviais de diferentes granulometrias, evidenciando a assimetria da bacia. Neste caso, supõe-se que os mais íngremes taludes estivessem posicionados junto ao “paleoalto de Caçapava”, estrutura continuamente soerguida e correspondente à borda leste da bacia. Arrefecimento tectônico posterior levou à progradação dos leques aluviais proximais sobre as porções distais, como bem demonstrado na borda sudoeste (região de Santa Fé).

A continuidade do soerguimento do “paleoalto de Caçapava” permitiu, ainda, o registro nos leques aluviais da borda leste, da evolução dos processos de desgaste desta importante barreira topográfica. Num primeiro estágio, depositaram-se leques aluviais carregados em fragmentos vulcânicos e metassedimentares, correspondendo à Sequência I. Posteriormente, formaram-se depósitos nos quais os clastos predominantes são de rochas metavulcânicas, fato que encontra correspondência em arenitos da Sequência II; no topo do pacote, os leques aluviais foram alimentados principalmente por fragmentos de granitóides, revelando a exposição definitiva do Complexo Granítico Caçapava do Sul durante a inversão da bacia e implantação da Sequência III.

Ainda na base da Sequência III, concomitante à exposição dos granitóides na borda leste, ocorreu importante soerguimento intrabacia, submetendo à ação do intemperismo e a processos gravitacionais as litologias correspondentes às sequências basais, reforçando assim o caráter erosivo e fortemente discordante da base da Sequência III (Pedra do Segredo) da Formação Santa Bárbara.

**Agradecimentos** - Este trabalho é parte da Dissertação de Mestrado do autor sênior, apresentada no Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGGeo-UFRGS). O primeiro autor agradece à CAPES, pela concessão de bolsa durante o curso de Mestrado, e à Pró-Reitoria de Pesquisa (Propesq) da UFRGS pelo financiamento parcial deste projeto. Os autores agradecem ao Prof. Dr. Antônio J. V. Garcia (UNISINOS), pela colaboração no processo de confecção das lâminas petrográficas utilizadas neste trabalho. Aos Geólogos José Luís Souto e Larissa Ramage Souto, pelo acompanhamento em campo nas fases iniciais de aquisição dos dados, e ao Geólogo Henrique Zerfass pelas proveitosas discussões a respeito do conteúdo do trabalho. Os autores agradecem igualmente as críticas construtivas de dois revisores anônimos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, D. P. M.; Zerfass, H. & Basei, M. A. S. 1996. Mineralogia, geoquímica e novas idades para o vulcanismo ácido da Bacia do Camaquã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., Salvador, 1996, **Anais...**, SBG, v. 2, p. 19-21.
- Almeida, F. F. M. 1969. Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., 1969, **Anais...**, SBG, p. 29-46.
- Almeida, F. F. M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B. B. & Fuck, R. A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., Campina Grande, 1977. **Atas...**, SBG, p. 363-391.
- Bitencourt, M. F. A. S. 1983. Metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS - Geologia e relações com o corpo granítico. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1., Porto Alegre, 1983. **Atas...**, Porto Alegre, SBG, p. 37-49.
- Blair, T. C. 1987. Tectonic and hydrologic controls on cyclic alluvial fan, fluvial, and lacustrine rift-basin sedimentation, Jurassic-lowermost Cretaceous Todos Santos Formation, Chiapas, Mexico. **Journal of sedimentary petrology**, 57 (5): 845-862.
- Blair, T. C. 1999. Cause of dominance by sheetflood vs. debris-flow processes on two adjoining alluvial fans, Death Valley, California. **Sedimentology**, 46 (6): 1015-1028.
- Blair, T. C. & McPherson, J. G. 1994. Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages. **Journal of sedimentary research**, A64 (3): 450-489.
- Borba, A. W. 2001. **Formação Santa Bárbara (Eo-paleozóico da região de Caçapava do Sul, RS): uma nova visão através de técnicas estratigráficas e geocronológicas**. Porto Alegre, 131p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
- Borba, A. W. & Mizusaki, A. M. P. (em preparação) Sequence stratigraphy and depositional evolution of Early Paleozoic Santa Bárbara Formation, southernmost Brazil. (**Submetido ao Journal of Sedimentary Research**).
- Chemale Jr., F.; Hartmann, L. A. & Silva, L. C. 1995. Stratigraphy and tectonism of the Brazilian Cycle in southern Brazil. **Communications of the Geological Survey of Namibia**, 10, 151-166.
- Chemale Jr., F.; Wildner, W.; Lima, E. F. & Van Schmus, W. R. 1999. Isotopic studies of Brasiliano retro-arc magmatism in southern Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1., 1999, Gramado, **Boletim...**, Porto Alegre, UFRGS, p. 57.
- Crowell, J. C. 1975. The San Gabriel Fault and Ridge Basin, southern California. In: Crowell, J. C. (ed.). **San Andreas Fault in Southern California**. Special Report of California Division of Mines and Geology, n. 18, p. 208-219.
- De Ros, L. F.; Morad, S. & Paim, P. S. G. 1994. The role of detrital composition and climate on the diagenetic evolution of continental molasses: evidence from the Cambro-Ordovician Guaritas Sequence, southern Brazil. **Sedimentary Geology**, 92: 197-228.
- Fernandes, L. A. D.; Menegat, R.; Costa, A. F. U.; Koester, E.; Porcher, C. C.; Tommasi, A.; Kraemer, G.; Ramgrab, G. E. & Camozzato, E. 1995(a). Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte I – uma contribuição a partir do registro geológico. **Revista Brasileira de Geociências**, 25 (4), p. 351-374.
- Fernandes, L. A. D.; Menegat, R.; Costa, A. F. U.; Koester, E.; Porcher, C. C.; Tommasi, A.; Kraemer, G.; Ramgrab, G. E. & Camozzato, E. 1995(b). Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte II – uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. **Revista Brasileira de Geociências**, 25 (4), p. 375-384.
- Fragoso-César, A. R. S.; Wernick, E. & Soliani Jr., E. 1982. Associações Piroclásticas do Cinturão Dom Feliciano (SE da Plataforma Sul-americana). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, 1982. **Anais...**, SBG, vol. 1, p. 1-12.
- Gloppen, T. G. & Steel, R. J. 1981. The deposits, internal structure and geometry in six alluvial fan-fan delta bodies (Devonian, Norway) – a study in the significance of bedding sequences in conglomerates. In: Ethridge, F.G. & Flores, R.M. (eds.) **Recent and Ancient Non-Marine Depositional Environments: Models for Exploration**. Tulsa, Oklahoma, SEPM Geology, p. 49-69 (SEPM Special Publication, n. 31).
- Grasse, P. G.; Chemale Jr., F.; Silva, L. C.; Walraven, F. & Hartmann, L. A. 1996. Late- to post-orogenic basins of the Pan-African-Brasiliano collision orogen in southern Africa and southern Brazil. **Basin Research**, 8: 157-171.
- Hartmann, L. A.; Silva, L. C.; Remus, M. V. D.; Leite, J. A. D. & Phillip, R. P. 1998. Evolução geotectônica do sul do Brasil e Uruguai entre 3.3 Ga e 470 Ma, In: CONGRESSO URUGUAYO DE GEOLOGIA, 2., Punta del Este, 1998. **Actas...**, p. 277-284.
- Issler, R. S. 1985. Bacia Periférica Camaquã – Itajaí: elemento tectônico desenvolvido pela tectônica de placas, SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis, 1985. **Atas...**, SBG, vol. 1, p. 184-198.
- Kocurek, G. & Havholm, K. G. 1993. Eolian sequence stratigraphy – a conceptual framework. In: Weimer, R.P. & Posamentier, H. W. (eds.) **Siliciclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications**. Tulsa, Oklahoma, AAPG Memoir 58, p. 393-409.
- Leite, J. A. D.; McNaughton, N. J.; Hartmann, L. A.; Chemale Jr., F. & Remus, M. V. D. 1995. SHRIMP U/Pb zircon dating applied to the determination of tectonic events: the example of the Caçapava do Sul Batholith, Pedreira Inducal, Caçapava do Sul, Brazil, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5, Gramado, 1995. **Boletim...**, pp. 389-390.
- 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. **Boletim...**, p. 300-312.
- Lima, E. F. & Nardi, L. V. S. 1998. O vulcanismo shoshonítico e alcalino da Bacia do Camaquã: Estado do Rio Grande do Sul – Brasil, In: CONGRESSO URUGUAYO DE GEOLOGIA, 2., Punta del Este, 1998. **Actas...**, p. 263-268.
- Martinsen, O. J.; Ryseth, A.; Helland-Hansen, W.; Flesche, H.; Torkildsen, G. & Idil, S. 1999. Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ericson Sandstone (Campanian), Rock Springs Uplift, SW Wyoming, USA. **Sedimentology**, 46: 235-259.
- Massari, F. & Colella, A. 1988. Evolution and types of fan-delta systems in some major tectonic settings. In: Nemeč, W. & Steel, R.J. (eds.). **Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings**. London, UK, Blackie and Son, p. 103-122.
- Menegat, R. & Fernandes, L. A. D. 2001. A reappraisal of the nature and age of the late-orogenic basins of the Neoproterozoic Dom Feliciano Belt in southern Brazil. In: TECTONIC STUDIES GROUP ANNUAL MEETING 2001, **Proceedings...**, Leeds (UK).
- Miall, A. D. 1996. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Berlin, Springer-Verlag, 582p.
- Nardi, L. V. S. & Bitencourt, M. F. A. S. 1989. Geologia, petrologia e geoquímica do Complexo Granítico de Caçapava do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, 19: 153-169.
- Nardi, L. V. S. & Lima, E. F. 1985. A Associação Shoshonítica de Lavras do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, 15: 139-146.
- Oliveira, J. M. M. T. 1992. Formação Arroio dos Nobres: depósitos marinhos ou continentais? Uma discussão. In: WORKSHOP SOBRE AS BACIAS MOLÁSSICAS BRASILIANAS, 1., São Leopoldo, 1992. **Boletim...**, UNISINOS, pp. 106-112.
- Paim, P. S. G.; Chemale Jr., F. & Lopes, R. C. 1995. Alostratigrafia, sistemas deposicionais e evolução paleogeográfica da Bacia do Camaquã – Vendiano superior/Ordoviciano inferior do RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 4., Porto Alegre, 1995. **Atas...**, SBG, p. 39-50.
- Paim, P. S. G.; Chemale Jr., F. & Lopes, R. C. 2000. A Bacia do Camaquã. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (eds.) **Geologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, CIGO-UFRGS, p. 231-274.

- Porada, H. 1979. The Damara-Ribeira Orogen of the Pan African-Brasiliano Cycle in Namibia (Southwest Africa) and Brazil as interpreted in terms of continental collision. **Tectonophysics**, **57**: 237-265.
- Prothero, D. R. 1990. **Interpreting the Stratigraphic Record**, New York, W. H. Freeman & Co., 410p.
- Remus, M. V. D.; Hartmann, L. A.; McNaughton, N. J. & Fletcher, I. R. 1999. SHRIMP U-Pb zircon ages of volcanism from the São Gabriel Block, southern Brazil, In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1., 1999. Gramado, Boletim..., Porto Alegre, UFRGS, p. 83.
- Robertson, J. F. 1966. Revision of the stratigraphy and nomenclature of rock units in the Caçapava-Lavras region, State of Rio Grande do Sul, Brazil, **Notas e Estudos - IG/UFRGS**, **1** (2): 41-54.
- Sartori, P. L. P. & Kawashita, K. 1985. Petrologia e geocronologia do Batólito granítico de Caçapava do Sul, RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis, 1985, **Atas...**, SBG, p. 102-115.
- Shanley, K. W. & McCabe, P. J. 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. **AAPG Bulletin**, **78**: 544-568.
- Soliani Jr., E. 1986. **Os dados geocronológicos do Escudo Sul-riograndense e suas implicações de ordem geotectônica**. São Paulo, 239p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP).
- Steel, R. J. 1988. Coarsening-upward and skewed fan bodies: symptoms of strike-slip and transfer fault movement in sedimentary basins. In: Nemeč, W. & Steel, R. J. (eds.) **Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings**. London, UK, Blackie and Son, p. 75-83.
- Vail, P. R., Mitchum, R. M. & Thompson, S. 1977. Seismic stratigraphy and global changes in sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap. In: Payton, C.E. (ed.). **Seismic stratigraphy – application to hydrocarbon exploration**. American Association of Petroleum Geologists Memoir 26: 63-81.
- Van Wagoner, J. C.; Posamentier, H. W.; Mitchum, R. M.; Vail, P. R.; Sarg, J. F.; Loutit, T. S. & Hardenbol, J. 1988. An overview of sequence stratigraphy and key definitions. In: Wilgus, C.K.; Hastings, B. S.; Kendall, C. G. St. C.; Posamentier, H. W.; Ross, C. A. and Van Wagoner, J. C. 1988. **Sea-level changes: an integrated approach**. Tulsa, Oklahoma, SEPM Special Publication, n. 42, p. 39-45.
- Van Wagoner, J. C.; Mitchum, R. M.; Campion, K. M. & Rahmanian, V. D. 1990. **Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops**. *AAPG, Methods on exploration series*.
- Walker, T. R. 1967. Formation of red beds in modern and ancient deserts. **Geological Society of America Bulletin**, **78**: 353-368.



