

EVIDÊNCIAS DE DEPÓSITOS GLACIOMARINHOS NEOPROTEROZÓICOS AFETADOS POR TEMPESTADES DA FORMAÇÃO PLAYA HERMOSA (PIRIÁPOLIS, URUGUAI)[§]

Gelson Luís Fambrini*, Renato Paes de Almeida*, Antonio Romalino Santos Fragoso-Cesar**, Claudio Riccomini**¹

[§] Trabalho financiado pelos processos FAPESP 98/04510-1, 98/03682-3, 00/07510-4

* Pós-Graduandos do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil (E-mail: g_fambrini@yahoo.com);

** Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil;

Introdução

Descrições de depósitos glaciomarinheiros são abundantes na literatura geológica, incluindo exemplos proterozóicos a mesozóicos (e.g. Eyles 1988, Eyles 1990, Francis & Frakes 1993) e cenozóicos (e.g. Thomas & Connell 1985, Eyles & McCabe 1989). Entretanto, são escassos os relatos de depósitos glaciomarinheiros afetados por ondas de tempestades (e.g. Soares 1998, Eyles *et al.* 1998), tema da presente nota.

Depósitos glaciomarinheiros neoproterozóicos afetados por ondas de tempestade ocorrem na Cidade de Piriápolis, Uruguai. Estes depósitos são reunidos na Formação Playa Hermosa, que se estende como uma faixa de afloramentos naturais nas orlas das praias Grande e Hermosa na referida cidade.

A Formação Playa Hermosa foi anteriormente estudada por Masquelin & Sánchez-Bettucci (1993), que a definiram, Sánchez-Bettucci & Pazos (1996), e por Pazos *et al.* (1998). Estes últimos autores reconheceram a origem glacial dos sedimentos com base na presença de (i) diamictitos, (ii) ritmitos com clasto de tamanho anômalo e forma prolata (de bala) com estrias longitudinais e irregulares constituindo um *outsized clast* interpretado como clasto caído (*dropstone*) de um bloco de gelo flutuante (*ice rafting*) e (iii) combinação de ritmitos e clastos caídos.

No presente trabalho, as exposições da Formação Playa Hermosa foram estudadas detalhadamente através do levantamento de seções colunares, análise de fácies e sistemas deposicionais. Estes estudos permitiram identificar que os depósitos glaciais mostram-se dominados por ondas de tempestade em ambiente de águas rasas.

Análise de Fácies

As fácies identificadas são constituídas por (Tabela 1): (i) conglomerados maciços com abundantes clastos intraformacionais (Gm - *massive conglomerates*), (ii) arenitos conglomeráticos maciços a gradados (Spm - *massive pebbly sandstones*), (iii) arenitos maciços (Sm - *massive sandstones*), (iv) arenitos com laminação ondulada (Sr - *rippled laminated sandstones*), (v) arenitos com laminação plano-paralela (Sh - *horizontally laminated sandstones*), (vi) arenitos com laminação convoluta (Sw - *swaley hummocky*), (vii) arenitos com estratificações cruzadas *swaley* e *hummocky* (SH - *hummocky and swaley cross-stratified sandstones*) e (viii) ritmitos ondulados (Fr - *laminated to rippled rhythmites*).

As rochas desta unidade incluem, na sua porção basal, ciclos granodecrescentes de (i) pacotes decimétricos de conglomerados com grânulos e seixos, esporadicamente até calhaus, e arenitos conglomeráticos passando para (ii) arenitos finos centimétricos laminados e ondulados, com níveis deformados, portando clasto anômalo de 71 cm de eixo maior (*outsized clast*), muito fraturado, que deforma as camadas subjacentes, constituindo um *dropstone* e (iii) arenitos finos centimétricos, bem selecionados, com estratificações cruzadas *swaley* e *hummocky* e *micro-hummocky* (Dott & Bourgeois 1982, Yagishita *et al.* 1992). Na parte superior, próximo ao topo da ocorrência, a Formação Playa Hermosa acha-se representada por pelitos rítmicos afetados por intrusões de rochas ígneas pertencentes à Suíte Sierra de Las Animas (traquitos, riolitos, basaltos, sienitos).

Interpretação

As principais evidências que permitiram inferir ambiente glaciogênico para esses depósitos são: (i) a presença de clasto anômalo isolado constituindo um clasto caído (*dropstone*) em meio a sedimentos finos ondulados

In: Congresso Latinoamericano de Geología 11 /
 Congreso Uruguayo de Geología, 3, Montevideo,
 2001

indicativo de paradoxo hidrodinâmico (Bennett *et al.* 1996), (ii) fácies de arenitos com abundantes grânulos esparsos interpretadas como resultantes de chuva de detritos por degelo de blocos flutuantes (*rain-out* —Eyles & Eyles 1992). Essa interpretação é corroborada por dados paleomagnéticos de Sánchez-Bettucci & Rapalini (1998) que colocam o Cráton Rio de La Plata e regiões vizinhas em altas latitudes e, por consequência, próximo ao pólo terrestre no fim do Neoproterozóico.

A presença de laminação cavalgante, com sentido unidirecional de corrente em perfis simétricos de marcas onduladas, sugere a ação de ondas de fluxo combinado (correntes oscilatórias e unidirecionais —De Raaf *et al.* 1977). A abundância de ondulações (marcas onduladas e laminações onduladas) indica a ação de ondas normais, ou seja, deposição dentro do nível de ação de ondas de tempo bom, possivelmente em ambiente de águas rasas. O amplo predomínio de sedimentos arenosos retrabalhados por ondas indica ambiente de face litorânea para essa fácies (*shoreface*), conforme modelo de Walker & Plint (1992).

As estratificações cruzadas *hummocky* e *swaley* indicam a ação de fluxo oscilatório ou combinado (Cheel & Leckie, 1992), e sua passagem para o topo para estruturas de menor energia (marcas onduladas), sugere recorrência de eventos episódicos, compondo ciclos mais rasos em direção ao topo (*shallowing upward*). Essas características são interpretadas como resultado de aporte do material arenoso em eventos de tempestades em um ambiente marinho raso, de face litorânea inferior a média, com pouco retrabalhamento por ondas de tempo bom.

Correlações

O período em torno de 600 Ma é marcado por episódios de glaciação em várias partes do mundo —*e.g.* Escócia, Groenlândia, Escandinávia, Canadá, China, Austrália e Brasil— e é conhecido como Período Glacial Varanger (Eyles 1993, Hoffman *et al.* 1998), atualmente interpretado como de extensão global (*Snowball Earth Theory* — Hoffman *et al.* 1998, Hyde *et al.* 2000).

Um fato curioso comum às glaciações neoproterozóicas —em especial à varengiana—consiste na relação entre depósitos glaciogênicos e rochas carbonáticas —associação tilito/dolomito (Fairchild 1993, Eyles 1993). Nesse ponto, algumas considerações devem ser feitas. No Brasil, exemplos de depósitos glaciais associados a rochas carbonáticas são reconhecidos (i) na Formação Puga, Bacia Corumbá, Faixa Alto-Paraguai (Boggiani 1997), (ii) na Formação Jequitai e Grupo Macaúbas (Karfunkel & Hoppe 1988). A identificação de glaciações neoproterozóicas nas coberturas do Uruguai é recente na literatura, restringindo-se ao trabalho de Pazos *et al.* (1998) que relataram preliminarmente a ocorrência de glaciação nos sedimentos siliciclásticos da Formação Playa Hermosa.

Propõe-se aqui a inclusão dos depósitos da Formação Playa Hermosa no Período Glacial Varanger e a determinação relativa de sua idade como vendiana (~600 ma), esta relativa à Glaciação Varanger.

Sugere-se, também, a possível correlação dos depósitos da Formação Playa Hermosa com os de cobertura dobrada e metamorfizada do Cinturão Dom Feliciano —Grupo Lavalleya e Formação Rocha. Conforme registrado por Sánchez-Bettucci & Ramos (1999 —*vide* Fig. 7, pg. 561), no Grupo Lavalleya ocorrem calhaus e matacões esparsos em meta-calcários laminados, aqui interpretados como *dropstones*, sugerindo também condições glaciais na fase inicial de deposição deste grupo. A correlação com a Formação Rocha, apesar da ausência de evidências de ambiente glaciogênico, deve-se às similaridades litológicas e paleoambientais. Entre estas, a presença de tempestitos no afloramento do Faro de La Paloma (Fragoso-Cesar *et al.* 1987). Por outro lado, a ausência de metamorfismo e a moderada deformação da Formação Playa Hermosa frente às unidades dobradas e metamórficas do Cinturão Dom Feliciano pode refletir sua posição geotectônica, pois situa-se na região limítrofe entre a faixa móvel e o Cráton Rio de La Plata.

Considerações Finais

A Formação Playa Hermosa —possível correlata pouco deformada do Grupo Lavalleya e da Formação Rocha—representa depósitos glaciogênicos afetados por ondas de tempestade. O caráter glaciogênico desses depósitos é evidenciado pela (i) presença de clasto caído de tamanho anômalo (*dropstone*) e (ii) fácies de arenitos conglomeráticos maciços formados por chuva de detritos, processo análogo aos *rain-out deposits* de Eyles & Eyles (1992). A ação de ondas de tempestades na Formação Playa Hermosa é indicada por (i)

abundantes ondulações representadas por laminações onduladas e marcas onduladas assimétricas e (ii) estratificações cruzadas *hummocky*, *swaley* e *micro-hummocky*.

Dados paleomagnéticos colocam o Cráton Rio de La Plata e regiões vizinhas junto a altas latitudes e, por consequência, próximo ao pólo terrestre no fim do Neoproterozóico (Sánchez-Bettucci & Rapalini 1998).

Agradecimentos

Os autores agradecem às agências FAPESP pelo apoio financeiro (Processo 98/04510-1) e pelas bolsas de pesquisa (Processos 98/03682-3 de GLF e 98/11544-0 de RPA) e CNPq pelas bolsas de produção científica (CR). Ao colega Prof. Msc. Afonso C. R. Nogueira (FUA/IGc-USP) pelas discussões e sugestões formuladas.

Referências Bibliográficas

- Bennett M.R., Doyle P., Mather A.E. 1996. Dropstones: their origin and significance. *Palaeog., Palaeoclimat., Palaeoec.*, **121**(3-4):331-339.
- Boggiani P.C. 1997. Análise estratigráfica da Bacia Corumbá (Neoproterozóico) – Mato Grosso do Sul. Instituto de Geociências, USP, São Paulo, Tese de Doutorado, 181 p.
- Cheel R.J. & Leckie D.A. 1992. Coarse-grained storm beds of the Upper Cretaceous Chungo Member (Wapiabi Formation), southern Alberta, Canada. *J. Sediment. Petrol.* **62**(6): 933-945.
- De Raaf J.F.M., Boersma J.R., van Gelder A. 1977. Wave-generated structures and sequences from a shallow marine succession, Lower Carboniferous, County Cork, Ireland. *Sedimentology*, **24**(4):451-483.
- Dott Jr. R.H. & Bourgeois J. 1982. Hummocky stratification: significance of its variable sequences. *Geological Society of America Bulletin*, **93**(8):663-680.
- Eyles C.H. 1988. Glacially- and tidally-influenced shallow marine sedimentation of the Late Precambrian Port Askaig Formation, Scotland. *Palaeog., Palaeoclimat., Palaeoec.*, **68**(1):73-98.
- Eyles C.H., Eyles N., Gostin V.A. 1998. Facies and allostratigraphy of high-latitude, glacially-influenced marine strata of the Early Permian southern Sydney Basin, Australia. *Sedimentology*, **45**(1):121-161.
- Eyles N. 1990. Late Precambrian "tillites" of the Avalonian-Cadomian belt: marine debris flows in an active tectonic setting. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **79**(1-2):73-98.
- Eyles N. 1993. Earth glacial record. *Earth Science Reviews*, **35**(1-2):1-248.
- Eyles N. & Eyles C.H. 1992. Glacial depositional systems. In Walker R.G. & James N.P. (eds.) *Facies models. Response to sea level changes*. Geological Association of Canada, p. 73-100.
- Eyles N., Eyles C.H., Miall A.D. 1983. Lithofacies types and vertical profile models: an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences. *Sedimentology*, **30**(2):393-410.
- Eyles N. & McCabe A.M. 1989. Glaciomarine facies within subglacial tunnel valleys; the sedimentary record of glacioisostatic downwarping in the Irish Sea Basin. *Sedimentology*, **36**(3):431-448.
- Fairchild I.J. 1993. Balmy shores and icy wastes: the paradox of carbonates associated with glacial deposits in Neoproterozoic times. In Wright V.P. (Editor) *Sedimentology Review*, **1**, Blackwell, p. 17-30.
- Fragoso-Cesar A.R.S., Machado R., Rifas C.G. 1987. Observações sobre o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio e correlações com o Escudo do Rio Grande do Sul. In SBG, Simpósio sul-brasileiro de geologia, **3**, *Atas* **2**:791-809.
- Francis J.E. & Frakes L.A. 1993. Cretaceous climates. In Wright V.P. (Editor) *Sedimentology Review*, **1**, Blackwell, p. 17-30.
- Hoffman P.F., Kaufman A. J., Halverson G. P., Schrag D.P. 1998. A Neoproterozoic Snowball Earth. *Science*, **281**: 1342-1346.
- Hyde W.T., Crowley T.J., Baum S.K., Peltler W.R. 2000. Neoproterozoic "snowball Earth" simulations with a coupled climate/ice-sheet model. *Nature*, **405**: 425-429.
- Karfunkel J. & Hoppe A. 1988. Late Proterozoic glaciation in central-eastern Brazil: synthesis and model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **65**(1-2):1-21.
- Masquelin H. & Sánchez-Bettucci L. 1993. Propuesta de evolución tectono-sedimentaria para la Cuenca de Piriápolis, Uruguay. *Revista Brasileira de Geociências*, **23**(3):313-322.
- Pazos P.J., Tófolo R.O., Sánchez-Bettucci L. 1998. Procesos sedimentarios e indicadores paleoclimáticos en la sección inferior de la Formación Playa Hermosa, Cuenca Playa Verde, Piriápolis, Uruguay. In SUG/Facultad de Ciencias, Congreso Uruguayo de Geología, **2**, Punta del Este, 1998. *Actas*, p. 64-69.
- Sánchez-Bettucci L. 1998. *Evolución tectónica del cinturón Dom Feliciano en la región Minas-Piriápolis, República Oriental del Uruguay*. Universidad de Buenos Aires, Tesis de Doctorado, 344p.
- Sánchez-Bettucci L. & Pazos P. 1996. Análisis paleoambiental y marco tectónico en la Cuenca Playa Verde, Piriápolis, Uruguay. In: XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, **1**: 405-412.
- Sánchez-Bettucci L. & Rapalini A. 1998. La curva de desplazamiento polar aparente neopaleozoica del craton Rio de La Plata In SUG/Facultad de Ciencias, Congreso Uruguayo de Geología, **2**, Punta del Este, 1998. *Actas*, p. 14-15.
- Sánchez Bettucci L. & Ramos V. 1999. Aspectos geológicos de las rocas metavolcánicas y metasedimentarias del Grupo Lavalleja, sudeste de Uruguay. *Revista Brasileira Geoc.*, **29**(4):557-570.

- Soares E.A.A. 1998. *Fácies litorâneas glaciais da Formação Nhamundá (Siluriano Inferior), na região de Presidente Figueiredo, AM, Bacia do Amazonas*. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Dissertação de Mestrado, 98p.
- Thomas G.S.P. & Connell R.J. 1985. Iceberg drop, dump, and grounding structures from Pleistocene glacio-lacustrine sediments, Scotland. *J.Sediment. Petrology*, **55**(2):243-249.
- Walker R.G. & Plint A.G. 1992. Wave- and storm-dominated shallow marine systems. In Walker R.G. & James N.P. *Facies Models-Response to Sea Level Changes*. Geological Association of Canada, p. 219-238.
- Yagishita K., Arakawa S., Taira A. 1992. Grain fabric of hummocky and swaley cross-stratification. *Sedimentary Geology*, **78**(3-4):181-189.

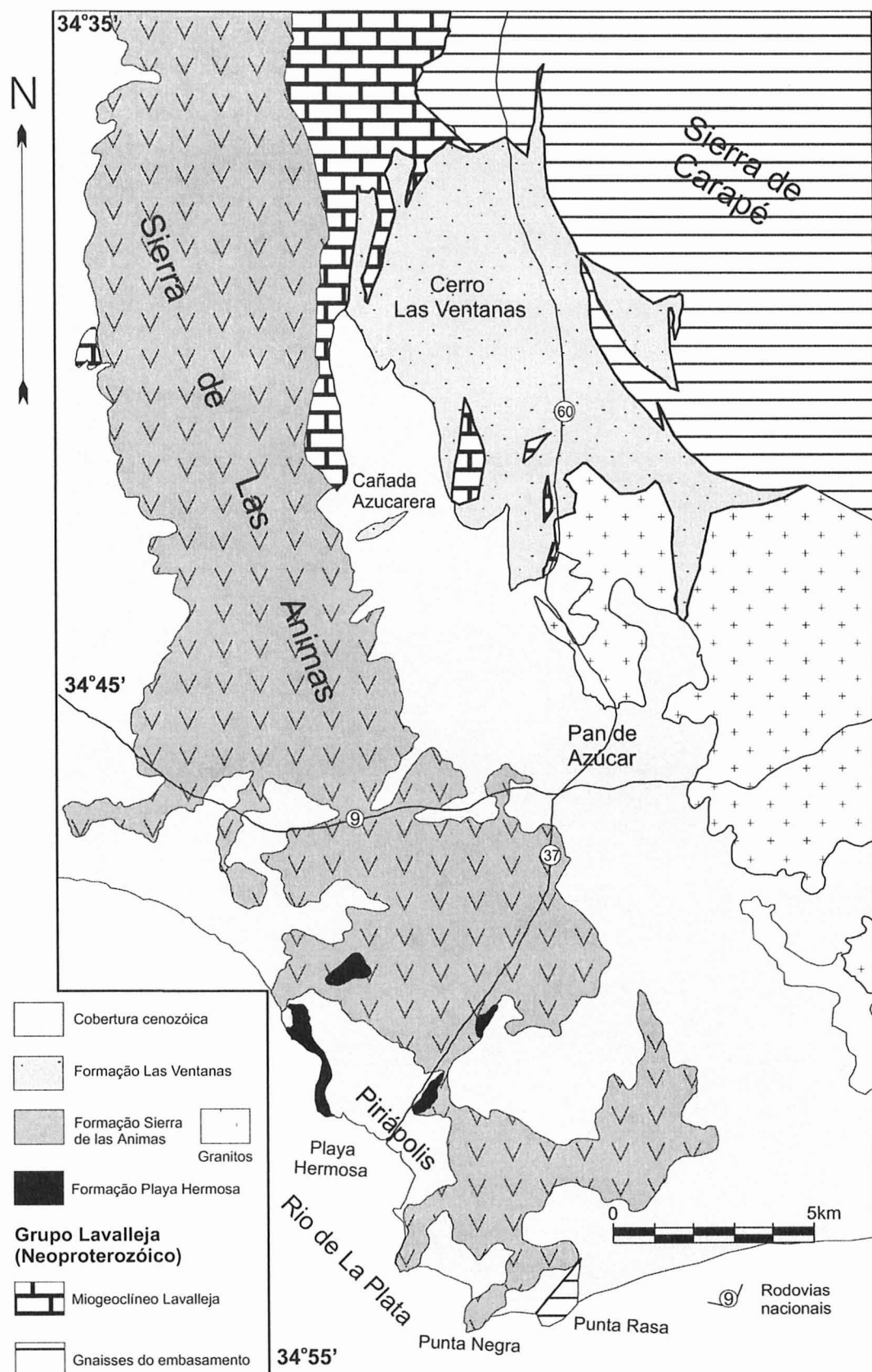
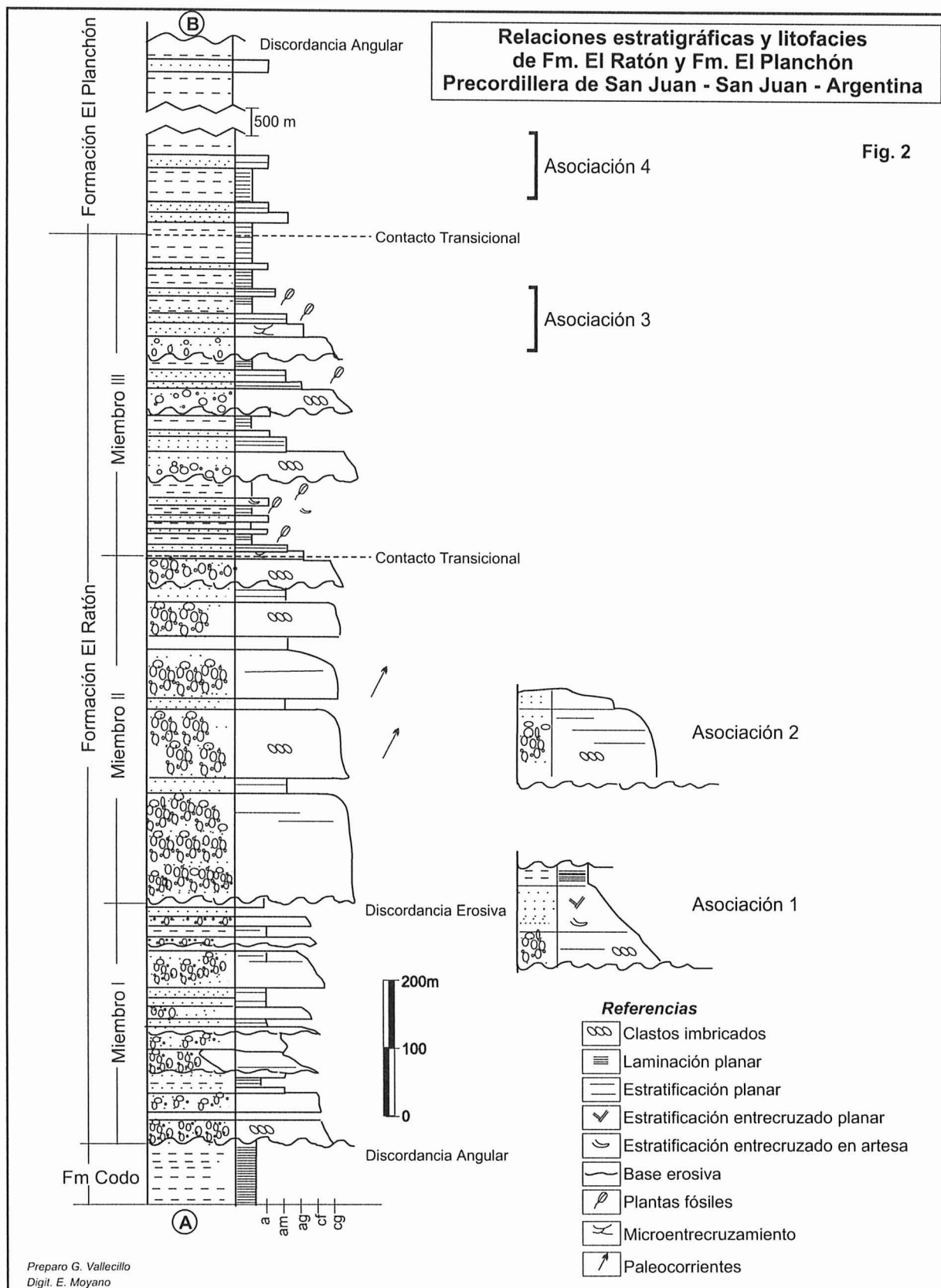


Figura 1- Esboço geológico do extremo sul do Uruguai na região de Piriápolis (simplificado de Sánchez-Bettucci 1998).



Código de Fácies	Litofácies	Descrição	Interpretação
<i>Gm</i>	Conglomerados maciços	Sustentados pelos clastos. Estrutura maciça. Clastos intraformacionais freqüentemente contorcidos.	Fluxo denso com transporte associado à fluxo granular comandado pela pressão dispersiva (choque de grãos)
<i>Spm</i>	Arenitos conglomeráticos	Arenitos finos e siltitos seixosos (<i>pebble mudstone / sandstone</i>) geralmente maciços, com clastos dispersos.	Chuva de detritos (<i>rain-out sensu</i> Eyles & Eyles 1992) responsável pela rápida deposição por suspensão
<i>Sm</i>	Arenitos maciços	Níveis de arenitos grossos, médios a finos, por vezes até pelitos, maciços por nível, bem selecionados. Ocorrem níveis de intraclastos residuais (<i>lags</i>).	Atuação de fluxos turbulentos arenosos de alta densidade
<i>Sr</i>	Arenitos com laminação ondulada e lentes pelíticas	Arenitos finos a muito finos e pelitos arenosos, laminação ondulada e marcas onduladas assimétricas e simétricas. Base das camadas escavada.	Alternância de deposição por tração e decantação
<i>Sh</i>	Arenitos com laminação plano-paralela	Arenitos finos a muito finos com laminação plano-paralela	Tração de carga de fluxo dirigida por ondas e / ou por correntes oscilatórias
<i>Sc</i>	Arenitos com laminação convoluta e <i>dropstone</i>	Arenitos finos siltosos com laminação convoluta e clasto anômalo (<i>dropstone</i>)	Deformações causadas pelo gelo e presença de clasto caído de bloco de gelo
<i>SH</i>	Arenitos com estratificações cruzadas <i>hummocky</i> e <i>swaley</i>	Arenitos finos a médios	Ação de fluxo oscilatório ou
<i>Fr</i>	Ritmitos ondulados	Finas intercalações heterolíticas (2-5 cm de espessura) de arenitos finos a muito finos, maciços a laminados	Atuação de ondas de tempo bom

TABELA 1 - Classificação de litofácies e respectivas características sedimentares da porção inferior da Formação Playa Hermosa. Esquema de fácies modificado de Eyles *et al.* (1983).