MODELO DE TAFOFÁCIES PARA OS MOLUSCOS BIVALVES DO GRUPO PASSA DOIS (FORMAÇÕES SERRA ALTA, TERESINA E CORUMBATAÍ), PERMIANO SUPERIOR, BACIA DO PARANÁ, BRASIL

MARCELLO GUIMARÃES SIMÕES¹ & FERNANDA DE FREITAS TORELLO²

Abstract *TAPHOFACIES MODEL TO BIVALVE-DOMINATED CONCENTRATIONS OF THE PASSA DOIS GROUP (SERRA ALTA, TERESINA AND CORUMBATAÍ FORMATIONS), LATE PERMIAN, PARANÁ BASIN, BRAZIL* A taphofacies analysis was performed for bivalve-dominated concentrations of the Passa Dois Group (Upper Permian), *Anhembia froesi-Barbosaia angulata*, *Pinzonella illusa* and *Pinzonella neotropica* biozones, Serra Alta, Teresina and Corumbataí formations, São Paulo State. Taphofacies were defined on the basis of quantifiable taphonomic signatures and the internal complexity of fossil concentrations. Five distinct taphofacies were recognized along a bathymetric gradient (onshore-offshore, below the storm wave base). Taphofacies 1, includes densely pocket, amalgamated coquinas, including high proportion of fragmented and chaotically oriented shells. The taphonomic signatures are indicative of long term exposure of shells at the sediment water interface, but its final deposition was related to storm flows. Taphofacies 2, includes 50 cm thick bioclastic sandstones with erosive base, sometimes including basal lags. These bioclastic sandstones are also the final product of storm events. Taphofacies 3, includes coquina-like deposits (similar to taphofacies 1), but with bivalve shells preserved *in situ*, at its top. This noteworthy feature indicates that its final deposition occurred below storm wave base. Taphofacies 4, encompass thin (20 cm) fossil concentrations with disperse shells, that are intercalated in a thick sequence of laminated, sometimes densely bioturbated mudstones. The rate of shell fragmentation is low and some closed articulated shells are filled by sediments that are distinct of the matrix. It is indicating that pre-fossilized elements were mixed with younger shells, possible by distal storm flows or by means of biological activity within the substrate. Taphofacies 5, includes fossil that are disperse in the matrix, high rates of articulation, and the lack of transportation signs. They were generated below storm wave base. The taphofacies above (1 to 5), are not randomly distributed on the Passa Dois Group. The more distal taphofacies (Taphofacies 4 and 5), are common in the Serra Alta Formation deposits and in the base of Corumbataí Formation, when relatively deep and calm neritic conditions prevail. The more proximal taphofacies (taphofacies 1 and 2), are common in the middle and upper portions of Teresina and Corumbataí Formations. Taphofacies analysis are thus useful as a confirmatory, independent tool, adding new and important evidences to the data furnished by litho- and biofacies analysis.

Keywords: Taphofacies, epeiric sea, Bivalvia, Permian, Passa Dois Group, Paraná Basin.

Resumo Uma análise de tafofácies é apresentada para as concentrações fossilíferas do Grupo Passa Dois (Permiano Superior), biozonas de *Anhembia froesi-Barbosaia angulata*, *Pinzonella illusa* e *Pinzonella neotropica*, formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí, do Estado de São Paulo. As tafofácies foram definidas pelas características tafonômicas quantificáveis e o grau de complexidade interna de concentrações dominadas por bivalves. Considerando um gradiente de águas rasas e profundas, abaixo do nível de base das ondas de tempestade, cinco fácies tafonômicas foram reconhecidas, a saber: tafofácies 1, inclui coquinas lenticulares, amalgamadas, com base erosiva, formadas por acúmulo denso de conchas fragmentadas e caoticamente orientadas na matriz. As características tafonômicas sugerem exumação, retrabalhamento e exposição dos bioclastos na interface água-sedimento, sob condições de baixa taxa de sedimentação, em ambiente proximal e deposição final por fluxos de tempestade. A tafofácies 2, engloba arenitos bioclásticos (50 cm de espessura), lenticulares, com base erosiva, contendo, *lags* transgressivos. São internamente complexos e gerados em ambiente proximal, durante eventos de tempestade. A tafofácies 3, inclui concentrações fossilíferas similares às da tafofácies 1, diferindo por conterem bivalves *in situ*, indicando deposição final abaixo do nível de base de ondas de tempestade. A tafofácies 4, abrange concentrações pouco espessas (20 cm), intercaladas em argilito laminado, com contatos basal e superior bruscos e matriz bioturbada. Os índices de fragmentação são baixos e conchas articuladas encontram-se preenchidas por litologia diferente da matriz, indicando que elementos pré-fossilizados foram misturados à elementos mais recentes, dentro de uma acumulação mais nova, gerada por fluxos distais de tempestades. A mistura poderia resultar também da atividade biológica intraestratal. A tafofácies 5, inclui conchas dispersas na matriz, com altos índices de articulação e ausência de características indicativas de acentuado transporte, sugerindo deposição abaixo do nível de base das ondas de tempestade. As tafofácies citadas anteriormente (1 a 5) não estão aleatoriamente distribuídas no Grupo Passa Dois, pois as tafofácies 4 e 5, mais distais ocorrem, preferencialmente, na Formação Serra Alta e base da Formação Corumbataí, onde prevalecem condições de águas mais calmas. Já as tafofácies 1 e 2, mais proximais, ocorrem na parte média e superior das formações Teresina e Corumbataí. Análises de tafofáceis, portanto, são úteis, como uma linha de evidência confirmatória, independente, adicionando evidências importantes, complementares, às de litofácies e biofácies.

Palavras-chave: tafofácies, mar epicontinental, Bivalvia, Permiano, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná.

1 - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Departamento de Zoologia, Distrito de Rubião Jr, s/n, CP510, CEP 18618-000, Botucatu, SP, btsimoes@ibb.unesp.br

2 - Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, CP 11348, CEP 05508-900, São Paulo, SP.

INTRODUÇÃO Fácies tafonômicas (*sensu* Speyer & Brett 1986) são corpos de rochas identificados com base em suas características tafonômicas (Speyer & Brett 1988, Wani 2003), e permitem interpretar os processos e ambientes de fossilização (Speyer & Brett 1988). Estudos atualísticos (*p. ex.*, Kowalewski *et al.* 1994, Kidwell *et al.* 2001) e, em depósitos marinhos paleozóicos (*p. ex.*, Speyer & Brett 1988, Simões *et al.* 2000a), demonstram a utilidade do conceito de fácies tafonômicas na discriminação de gradientes ambientais. As análises de tafofácies têm se mostrado úteis, também, como linha de evidência confirmatória, independente, ampliando a resolução e adicionando evidências importantes (*p. ex.*, taxas de sedimentação, resolução temporal), complementares, às análises de litofácies e biofácies.

Dentre os diferentes tipos de esqueletos de invertebrados marinhos, as conchas bivalves destacam-se por apresentar uma gama de características quantificáveis (*p. ex.*, articulação) (Speyer & Brett 1988). Considerando que as concentrações fossilíferas do Grupo Passa Dois (Permiano Superior) são dominadas por conchas de bivalves e que estas já foram objeto de estudos tafonômicos detalhados (Rohn 1994, Simões *et al.* 1996, Klein 1997, Simões & Kowalewski 1998, Torello 1999, Simões *et al.* 2000b) é oportuno estudá-las agora, no âmbito de uma análise tafofaciológica. De fato, as formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí, do Grupo Passa Dois, oferecem oportunidade única para estudos desta natureza, uma vez que a história de acumulação de seus sedimentos, distribuição estratigráfica das concentrações fossilíferas, taxonomia e paleoecologia dos bivalves são bem conhecidas (Sousa 1985, Rohn 1988, 1994, Lavina 1991, Maranhão 1995, Klein 1997, Simões *et al.* 1997, 1998, Mello *et al.* 1998, Mello 1999, Ghilardi 1999, Simões *et al.* 2000b, Ghilardi & Simões, 2002). Nesse contexto, são aqui apresentados os resultados de uma análise de tafofácies das assembléias de bivalves das formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí (biozonas de *Anhembia froesi-Barbosaia angulata*, *Pinzonella illusa* e *Pinzonella neotropica*, *sensu* Rohn 1994), que ocorrem em sucessão estratigráfica no Grupo Passa Dois do Estado de São Paulo.

MODELO DE FÁCIES TAFONÔMICAS Estudos de tafofácies em depósitos de intermarés e plataforma rasa do Recente, mostram que as acumulações esqueletais geradas refletem as condições de energia do ambiente e a história *post-mortem* dos organismos (*p. ex.*, Meldhal & Flessa 1990, Best & Kidwell 2000). Por exemplo, enquanto as concentrações caracterizadas por bioerosão e incrustação são, geralmente, encontradas em ambientes de baixa energia e/ou águas mais profundas, particularmente marcadas por baixa taxa de sedimentação (Brett & Baird 1986), as acumulações esqueletais geradas em ambiente de alta energia, sob condições de águas rasas e baixa taxa de sedimentação, caracterizam-se por altos índices de abrasão e fragmentação (Best & Kidwell 2000).

Porém, desde que a maioria das concentrações fossilíferas geradas em mares epicontinentais é produto de eventos de tempestades e, tendo em vista que estes produzem efeitos previsíveis, invariavelmente relacionados à erosão do fundo, seleção e cobertura lamosa (*p. ex.*, Miller *et al.* 1988, Simões *et al.* 2000a) é possível modelar as fácies tafonômicas segundo esses efeitos (= *tempestite proximity*). Esses terão influência sobre a qualidade de preservação, espessura, geometria das concentrações e complexidade interna das acumulações esqueletais (Fürsich & Oschmann 1993, Brenchley & Harper 1998, Simões 1998, Simões & Kowalewski 1998).

Esta questão, entretanto, não é assim tão simples, pela interação

de vários fatores, dos quais destacam-se:

a) *Turbulência versus taxa de sedimentação*, o grau de fragmentação, seleção, abrasão e a proporção de conchas articuladas geralmente decresce com o decréscimo da turbulência, na direção da plataforma profunda. Mas, o padrão de preservação poderá ser extremamente complexo, uma vez que tais características são também controladas pelas taxas de sedimentação. Estas, por sua vez, determinam a extensão e o tempo sob os quais os bioclastos estarão sujeitos à ação dos fenômenos de destruição mecânico, químico e biológico;

b) *Taxa de sedimentação versus taxa de subsidência*, baixas taxas de subsidência estão associadas a baixas taxas de acumulação de sedimentos, as quais, por sua vez, estão associadas a altas taxas de fragmentação dos bioclastos (Brenchley & Harper 1998). Entretanto, fósseis comumente fragmentados por bioerosão podem ser gerados em ambientes de plataforma, sob condições de baixa energia (Simões & Kowalewski 2002) e,

c) *Disponibilidade dos bioclastos versus hidrodinâmica do ambiente deposicional*, como regra geral, acumulações esqueletais geradas em águas rasas são mais espessas (Kidwell & Brenchley 1994). Particularmente, nos mares epicontinentais, as concentrações esqueletais mais espessas ocorrem em ambiente proximal, diminuindo sua espessura no sentido da plataforma profunda, uma vez que diminuem também a erosão do substrato e o transporte de sedimentos e bioclastos por agentes tracionais de fundo (correntes).

MATERIAL E MÉTODOS Para o presente estudo foram examinadas concentrações fossilíferas do Grupo Passa Dois (biozonas de *B. angulata*-*A. froesi*, *P. illusa* e *P. neotropica*) de diferentes regiões do Estado de São Paulo (Tabela 1, Fig. 1). O material estudado está depositado na Litoteca do Departamento de Zoologia, Unesp, Campus de Botucatu, e consta de aproxima-

Figura 1 – Mapa de localização dos municípios no Estado de São Paulo onde as concentrações fossilíferas estudadas ocorrem. Para refinamento das informações relacionadas às ocorrências fossilíferas estudadas vide Simões *et al.* 2000b.

Tabela 1 - Afloramentos fossilíferos do Grupo Passa Dois, no Estado de São Paulo, examinados neste estudo.

Região	Localização	Formação	Biozona	Autores
Porção centro sul, região de Porangaba-Bofete	Rodovia Castello Branco (SP-280) km160,650	Serra Alta	<i>B. angulata</i> – <i>A. froesi</i>	Mello <i>et al.</i> 1998, Simões <i>et al.</i> 2000b
	Rodovia Castello Branco (SP-280) km161,5	Serra Alta	<i>B. angulata</i> – <i>A. froesi</i>	Simões & Rohn 1996, Mello <i>et al.</i> 1998, Simões <i>et al.</i> 2000b
	Rodovia Castello Branco (SP-280) km164	Teresina	<i>P. illusa</i>	Sousa 1985, Maranhão 1995, Simões <i>et al.</i> 2000b
Porção nordeste, região de Piracicaba- Rio Claro	Rodovia Fausto Santomauro (SP127) km 10,5	Corumbataí	<i>B. angulata</i> – <i>A. froesi</i>	Ghilardi <i>et al.</i> 1997, Ghilardi 1999, Simões <i>et al.</i> 2000b
	Afloramento de Camaquã, Rio Claro	Corumbataí	<i>P. neotropica</i>	Simões <i>et al.</i> 1996
	Afloramento de Ferraz, Rio Claro	Corumbataí	<i>P. illusa</i>	Simões 1998, Simões & Kowalewski 1998
	Rua 6, Rio Claro, a 200m do entroncamento com a Rodovia para Araras	Corumbataí	<i>P. illusa</i>	Simões 1998
Porção nordeste, região de Leme e Santa Rita do Passa Quatro	SP 330 km 192	Corumbataí	<i>P. illusa</i>	Simões <i>et al.</i> 2000
	Cerâmica Maristela			
Porção nordeste, região de Tambaú	SP-328, à 6,5km de Santa Rita do Passa Quatro	Corumbataí	<i>P. illusa</i>	Simões <i>et al.</i> 2000
	Estrada secundária de Tambaú a Santa Rosa do Viterbo, cerca de 5,2km do rio Tambaú, a partir da cidade homônima, margem direita da estrada	Corumbataí	<i>P. neotropica</i>	Torello 1999
	Estrada secundária de Tambaú a Santa Rosa de Viterbo, no Sítio São João do Capão Redondo	Corumbataí	<i>P. neotropica</i> - <i>J. brasiliensis</i>	Torello 1999
	Estrada secundária de Tambaú a Santa Rosa do Viterbo, na bifurcação para a Fazenda São Roque, em terras da mesma	Corumbataí	<i>P. neotropica</i> - <i>J. brasiliensis</i>	Torello 1999

damente 910 amostras. A coleta seguiu as recomendações de Simões & Kowalewski (1998) e Simões & Ghilardi (2000). Também foram examinadas amostras com feições tafonômicas, provenientes de sedimentitos da parte superior do Grupo Passa Dois no Estado do Rio Grande do Sul, pertencentes ao Museu de Paleontologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), RS.

As tafofácies foram estabelecidas de acordo com as características tafonômicas (*sensu*, Fürsich & Oschmann 1993), tais como, o grau de desarticulação das conchas; orientação dos bioclastos na matriz; grau de empacotamento; grau de fragmentação, grau de corrosão e incrustação dos restos esqueléticos e o grau de complexidade interna das concentrações fossilíferas (Simões & Kowalewski 1998). O leitor interessado deve consultar Kidwell *et al.* (2001), para uma discussão atualizada sobre a dificuldade de definição de atributos para proposição de fácies tafonômicas. Finalmente, com o intuito de evitar um raciocínio circular, em um primeiro instante, as tafofácies foram descritas e sua gênese interpretada, independente de sua posição estratigráfica. Somente após estes procedimentos, a distribuição vertical das tafofácies identificadas foi examinada, com base no arcabouço estratigráfico disponível na literatura (Sousa 1985, Rohn 1994, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: ANÁLISE DE TAFOFÁCIES A seguir são sucintamente descritas as cinco tafofácies propostas, segundo sua provável distribuição ao longo de um perfil de águas rasas a profundas (abaixo do nível de base de ondas de tempestade) (Fig. 2), interpretadas de acordo com as características tafonômicas em associação às litofácies.

Tafofácies 1 Essa tafofácies inclui concentrações fossilíferas suportadas por bioclastos, densamente empacotados, caoticamente

Figura 2 – Esquema cronolitoestratigráfico do Grupo Passa Dois. Modificado de Rohn (1994, 2002). Os círculos pretos representam a posição estratigráfica das concentrações apresentadas no modelo de tafofácies. Os números referem-se às tafofácies (explicação no texto).

orientados, com espessura variando de 2 a 15 cm, com intraclastos siltíticos. Sua geometria é lenticular, podendo apresentar dezenas ou, mais raramente, centenas de metros de extensão lateral. Os bioclastos ocorrem com diversas classes de tamanho, incluindo desde conchas fragmentadas, até conchas grandes, com mais de 3cm. Todas as conchas estão desarticuladas. O contato basal é brusco e erosivo, e o superior é brusco, às vezes, ondulado. No geral, os sedimentitos (siltito ou argilito) que cobrem bruscamente a concentração são maciços, de espessura centimétrica. Internamente, as concentrações fossilíferas exibem gradação descontínua e bioclastos empilhados e aninhados. Os bivalves comuns são os elementos das biozonas de *Pinzonella illusa* Reed 1932 e *Pinzonella neotropica* (Reed) 1928 e restos de peixes.

INTERPRETAÇÃO As características tafonômicas sugerem exumação, retrabalhamento e prolongada exposição dos bioclastos na interface água/sedimento, sob condições de baixa ou intermediária taxa de sedimentação. Os altos índices de fragmentação, desarticulação e abrasão, sugerem que tais feições foram geradas em ambiente proximal, acima do nível de base das ondas de bom tempo. Porém, a presença de base erosiva, gradação descontínua e bioclastos aninhados e empacotados é indicativa da ocorrência de fluxos de tempestades (Fürsich & Oschmann 1986, 1993). A natureza amalgamada da concentração registra múltiplos eventos de erosão, retrabalhamento e deposição sob baixa taxa de sedimentação (Simões et al. 1996). O contínuo retrabalhamento dos bioclastos provavelmente inibiu a colonização do topo das concentrações por elementos da epifauna bissada (veja tafofácies 3).

EXEMPLOS TÍPICOS Coquina de Camaquã, Biozona de *P. neotropica*, parte superior da Formação Corumbataí, Rio Claro, SP; coquina de *P. neotropica*, parte superior da Formação Teresina, Anhembí, SP; coquina de *P. illusa*, porção média da Formação Corumbataí (Simões et al. 1996), Rio Claro, SP.

Tafofácies 2 A tafofácies 2 consiste de concentrações fossilíferas representadas por arenitos bioclásticos, internamente complexos, normalmente de geometria lenticular. Sua espessura varia de 30 a 50 cm. O contato basal é brusco, às vezes, erosivo e marcado por concentração densa de conchas fragmentadas dispostas ao acaso (depósito residual) (Simões 1998, Simões & Kowalewski 1998). Em certos casos (p. ex., Ferraz *shell bed*, *sensu* Simões & Kowalewski 1998) pelo menos quatro unidades microestratigráficas podem ser reconhecidas (Simões & Kowalewski 1998). A unidade 1, com espessura de 1 a 3cm estende-se lateralmente por cerca de 1m e é representada por lentes dispostas em depressões ao longo do contato com o siltito subjacente. Contato superior é brusco e erosivo. Há um nível de conchas imbricadas, mas maioria está caoticamente distribuída na matriz e densamente empacotada, estando representada por conchas silicificadas, completas ou fragmentadas, desde pequenas (< 2mm) até grandes (> 4cm).

A unidade 2 é representada por lentes de arenito bioclástico com aproximadamente 10-15 cm de espessura e extensão lateral de dezenas de metros. Contato basal brusco e erosivo e o superior gradual ou marcado por pavimentos de conchas, com a convexidade predominante voltada para cima. Grau de empacotamento dos bioclastos varia de frouxo (*sensu* Kidwell & Holland 1991) a denso. Os bioclastos estão, em sua maioria, desarticulados, com a convexidade voltada para cima, embora

acorram raras conchas articuladas abertas. A maioria dos bioclastos não está fragmentada, mas com freqüentes sinais de abrasão.

A unidade 3 possui espessura entre 10 a 40cm, contato basal gradual ou bem marcado pela ocorrência de superfícies contendo conchas com a convexidade voltada para cima. Contato superior gradual. Bioclastos dispersos ou frouxos na matriz, predominantemente perpendiculares ou oblíquos ao plano de acamamento. Podem ser reconhecidos três horizontes de conchas desarticuladas, densamente empacotadas com convexidade para cima, podendo ocorrer também conchas articuladas abertas.

A unidade 4 possui espessura de 6 a 10cm, e tem contato inferior gradual, e superior, com siltitos arroxeados, brusco. A maioria dos bioclastos ocorre densamente empacotado, sendo que o grau de empacotamento aumenta em direção ao topo da unidade. Os bioclastos apresentam diversas classes de tamanho, estando em sua maioria desarticulados e preservados concordantemente ao plano de acamamento com as valvas com a convexidade para cima. Há presença de conchas empilhadas e aninhadas. Bioclastos com ampla variação na qualidade de preservação, incluindo conchas sem sinais de desgaste ou incrustação até profundamente desgastadas. A porção superior da unidade apresenta também conchas articuladas fechadas em posição horizontal em relação ao plano de acamamento, além de conchas articuladas abertas (Simões & Kowalewski 1998). Os elementos presentes (Biozona de *P. illusa*) são: *P. illusa*, *Terraia aequilaterialis* Mendes 1952, *Plesiocyprinella carinata* Holdhaus 1918, *Favalia arcuata* Mendes 1962, *Holdhausiella elongata* Holdhaus 1918, *Casterella gratiosa* Beurlen 1954, *Ferrazia cardinalis* Reed 1932. Já as formas presentes nas concentrações fossilíferas da porção superior da Formação Corumbataí (Biozona de *P. neotropica*), são *P. neotropica*, *Cowperesia anceps* (Reed) 1935, *T. aequilaterialis* e ostracodes.

INTERPRETAÇÃO De acordo com Simões (1998) e Simões & Kowalewski (1998), as concentrações da tafofácies 2 possuem longa e complexa história deposicional, incluindo períodos de baixa taxa ou ausência de sedimentação, durante os quais predominaram os processos tafonômicos de fundo, os quais foram pontuados ou interrompidos por deposição episódica. Em geral, as concentrações são internamente complexas, com várias unidades microestratigráficas. Na base dessas, depósitos de lag, acumulados como resíduos grossos preenchendo estruturas erosivas onde a intensa fragmentação dos bioclastos, abundância de intraclastos e intensa abrasão das conchas são sugestivos de que essas são produto de erosão. Após este período erosivo, evidências, tais como, conchas aninhadas e empilhadas indicam deposição rápida, associada a eventos de alta energia, normalmente ondas ou fluxos de tempestades (p. ex., Fürsich & Oschmann 1986, 1993, Kidwell & Bosence 1991, Simões et al. 1996). Em geral, a parte final da história preservada nessas acumulações é o produto de intensa seleção e retrabalhamento.

EXEMPLOS TÍPICOS Arenito bioclástico de Ferraz, Biozona de *P. illusa*, na parte inferior/média da Formação Corumbataí (Simões & Kowalewski 1998); concentração fossilífera localizada à esquerda da estrada secundária de Tambaú a Santa Rosa do Viterbo, no Sítio São João do Capão Redondo (Torello 1999), Biozona de *P. neotropica*; concentração fossilífera na parte média/superior da Formação Teresina, no km 164 da Rodovia

Castello Branco, (SP-280) (Simões *et al.* 2000b); ocorrência situada na SP-328, sentido Santa Rita do Passa Quatro-Porto Ferreira (Simões *et al.* 2000b).

Tafofácies 3 A tafofácies 3 compreende concentrações internamente complexas, de contato basal brusco e erosivo. A espessura é variável, 6 cm no máximo, mas sua geometria não pode ser determinada com precisão. O contato superior é brusco e possivelmente ondulado. Os bioclastos são suportados pela matriz de argilito. Em geral, o grau de empacotamento é variável, aumentando para o topo da concentração. Em planta e em seção, os bioclastos, de diversas classes de tamanho, estão caoticamente distribuídos na matriz e conchas preservadas em posição de vida podem ocorrer no topo da concentração. Ao lado de conchas articuladas, ocorrem conchas desarticuladas, sem sinais de desgaste mecânico, além de outras fragmentadas ou inteiras (predominantes), com sinais de abrasão. As espécies presentes são *P. neotropica*, *C. anceps*, *Jacquesia brasiliensis* (Reed) 1929, *H. elongata* e *Naiadopsis lamellosus* Mendes 1952.

INTERPRETAÇÃO A natureza complexa desta acumulação é indicada pela ampla variação das características tafonômicas (p. ex., mistura de conchas fragmentadas com conchas em posição de vida), bem como pela mistura de bivalves com modos de vida distintos. Base erosiva, abrasão e os altos índices de desarticulação indicam a ação de correntes tracionais de fundo, as quais raramente ocorrem abaixo do nível de base das ondas de tempestade. Entretanto, a preservação de conchas em posição de vida no topo da concentração indica rápido soterramento por decantação de partículas finas, possivelmente associadas a fluxos de tempestade (Miller *et al.* 1988).

Três aspectos dessas concentrações merecem destaque: 1 - a colonização dos bioclastos do topo da coquina foi favorecida, por longos períodos de não deposição de argila ou sedimentos finos, facilitando o desenvolvimento da população de *N. lamellosus* (Ghilardi 1999); 2 - a presença de conchas desarticuladas de *N. lamellosus*, com grande variação de tamanho, desgastadas ou sem sinais de abrasão, no interior da concentração fossilífera, indicam diversos episódios de colonização (eventos de fundo, sob baixa taxa de sedimentação), retrabalhamento e rápido soterramento (evento episódico), durante eventos de alta energia; e, 3 - a preservação de *Naiadopsis lamellosus* em posição de vida só foi possível porque, após o último evento de tempestade, novos eventos episódicos não produziram correntes ou fluxos capazes de atingir a concentração esquelética. Assim, a maior parte das características tafonômicas observadas é tipicamente gerada acima do nível de base das ondas de tempestade, porém sua preservação final foi facilitada pela ausência de tração de fundo, sugerindo uma mudança do nível de base de ondas de tempestade.

EXEMPLOS TÍPICOS Concentração fossilífera no Sítio São João do Capão Redondo, antiga estrada secundária de Tambaú a Santa Rosa do Viterbo, região de Tambaú, SP, Biozona de *P. neotropica*, parte superior da Formação Corumbataí (Torello 1999).

Tafofácies 4 Esta tafofácies inclui concentrações pouco espessas (máximo de 20cm), intercaladas em argilito laminado, com contatos basal e superior bruscos e matriz bioturbada. Os bioclastos, de tamanho variado, estão caoticamente distribuídos na matriz,

predominantemente desarticulados, embora conchas articuladas possam ser freqüentes (Klein 1997). Algumas conchas articuladas fechadas estão preenchidas por material diferente da matriz onde estão inseridas. Ocorrem conchas fragmentadas e que sofreram abrasão, porém bioerosão e incrustação estão ausentes. Os elementos presentes são *Pinzonella* sp., *T. altissima* (Holdhaus 1918), *H. elongata*, *Jacquesia* sp., *Cowperesia* ? *emerita*, e *Naiadopsis* ? sp.

INTERPRETAÇÃO Estas concentrações fossilíferas ocorrem intercaladas em espessos pacotes de siltito ou argilito, normalmente maciços, tanto na base da Formação Serra Alta, como no topo da Formação Teresina, no Estado do Rio Grande do Sul (Klein 1997). Na Formação Serra Alta os argilitos e siltitos contêm concentrações fosfáticas, representados por camadas com espessura de 0,7 a 3cm e se estendendo lateralmente por mais de 3 m (Simões & Rohn 1996). Estes sedimentitos representam depósitos de alto mar e a ausência de bioturbação, em certos intervalos, indica prováveis condições anóxicas (Simões & Rohn 1996). As finas camadas de sedimentos fosfáticos têm contato basal brusco e erosivo com o siltito subjacente, refletindo erosão associada a correntes induzidas por tempestades, porém este foi um evento de energia moderada, evidenciado pela ausência de seleção das partículas fosfáticas (Simões & Rohn 1996). O processo de fosfatização ocorre normalmente em ambientes semi-abertos com abundância de matéria orgânica (Brett & Baird 1986, Föllmi *et al.* 1991, Simões & Rohn 1996). Para que possa ter ocorrido a fosfatização, os restos orgânicos foram, possivelmente, rapidamente soterrados e expostos a um período de baixa sedimentação e erosão, propiciando o tempo suficiente para a fosfatização (Brett & Baird 1986, Föllmi *et al.* 1991, Simões & Rohn 1996). Por outro lado, desde que os níveis fossilíferos são verticalmente restritos no pacote de argilitos (p. ex., base da Formação Serra Alta) e tendo em vista que estes estão associados a camadas centimétricas de arenito, com base erosiva, há a possibilidade de relação entre a melhoria de condição de oxigenação de fundo e eventos de tempestades (Mello *et al.* 1998, Simões *et al.* 1998).

A história tafonômica complexa destas concentrações é indicada pela mistura de conchas articuladas, sem sinais de abrasão, com conchas que mostram algum desgaste, conchas desarticuladas e conchas com a cavidade preenchida por sedimentito diferente da matriz. Alguns bioclastos estão parcialmente preenchidos por carbonato espático e seu restante pela matriz micrítica mais fina (Klein 1997, Klein & Simões, 1998). A associação de bioclastos articulados fechados com sedimentito igual a matriz e bioclastos preenchidos por sedimentito diferente refletem mistura de elementos esqueléticos mais antigos com uma assembléia mais nova, por exumação ou retrabalhamento, indicando assim alto grau de mistura temporal (*time-averaging*). Estes dados sugerem, portanto, baixa resolução temporal das concentrações fossilíferas da tafofácies 4 (Klein 1997, Klein & Simões 1998, Simões *et al.* 2000b).

EXEMPLOS TÍPICOS Concentrações encontradas na região de Tiarajú, RS, rodovia Tiarajú-Coxilha do Pau Fincado, a aproximadamente 3 km do Monumento Tiarajú-Sepé, onde afloram sedimentos da Formação Teresina; ocorrências na Formação Serra Alta, Rodovia Castello Branco, SP (SP-280), entre os quilômetros 160,650 e 161,5 (Mello *et al.* 1998, Simões & Rohn 1996).

Tafofácies 5 A tafofácies 5 é representada por concentrações fossilíferas internamente simples (ver Kidwell *et al.* 1986, p. 231),

que estão sempre associadas a argilitos maciços, onde sinais de bioturbação não são raros. As conchas estão frouxamente empacotadas ou dispersas (*sensu*, Kidwell & Holland 1991) na matriz. Em planta, os bioclastos estão paralelos ao acamamento, com a convexidade voltada para cima (predominante) ou para baixo. Predominam as conchas desarticuladas, embora as articuladas abertas sejam frequentes. Não há sinais de desgaste nas conchas. Espécies características: *Barbosaia angulata* Mendes 1952, *Casterella camargoi* Beurlen 1954, *Mendesia* sp., *H. elongata*, *Antraconaia* sp. e *Maackia* sp., na base da Formação Corumbataí, aproximadamente 5,0 m acima do contato com a Formação Irati (Ghilardi *et al.* 1997), na região de Rio Claro; *P. neotropica* e *C. anceps*, na parte superior da Formação Corumbataí, Tambaú, SP (Torello 1999) e bivalves da Biozona de *P. illusa* na parte média da Formação Corumbataí nos arredores da cidade de Leme, SP (Simões *et al.* 2000b).

INTERPRETAÇÃO A ausência de conchas fragmentadas, o alto índice de articulação de algumas acumulações, a alta proporção de matriz e a ausência de feições indicativas de acentuado transporte por tração sugerem deposição abaixo do nível de base das ondas de tempestade. As diversidades de classes de tamanho possivelmente refletem diversos episódios de morte natural dos bivalves (Walker & Bambach 1971, Brenchley & Harper 1998). Entretanto, há que se lembrar que bivalves escavadores só são exumados quando mortos ou sob o efeito de excepcional erosão do fundo por tempestades (Kondo 1997, 1998) e que desarticulação só ocorre após exumação (Brett & Baird 1986, Kondo 1998). Portanto, duas hipóteses poderiam explicar a ocorrência de conchas desarticuladas da infauna nesta tafofácies, ou seja: a) raros eventos episódicos mais energéticos seriam capazes de causar alguma erosão do substrato mesmo abaixo do nível de base de ondas de tempestades (veja Brett & Baird 1997) e exumar os animais mortos, ou b) estes seriam remobilizados por bentos responsáveis pela bioturbação do substrato. Evidências tafonômicas (alto índice de articulação, ausência de conchas fragmentadas) e sedimentológicas (Sousa 1985) favorecem, a primeira alternativa.

EXEMPLOS TÍPICOS Concentrações fossilíferas na Rodovia Fausto Santomauro (SP-127), assembléia de *Anhembia froesi* (Mendes) 1949, na parte inferior da Formação Corumbataí (Ghilardi *et al.* 1997); assembléias da parte superior da Formação Corumbataí na região de Tambaú, SP (Torello 1999); concentração fossilífera localizada na área de extração de argila da cerâmica Maristela, na Rodovia Anhanguera (SP-330), no km 192 sentido capital interior (Simões *et al.* 2000b).

DISCUSSÃO O modelo de fácies tafonômicas aqui proposto (Fig. 3) difere dos publicados para o Grupo Passa Dois (Rohn & Pennati 1993) por abranger um espectro maior de fácies, incluindo também as de águas abaixo do nível de base das ondas de tempestade. Em geral, as tafofácies aqui propostas podem ser reconhecidas em diferentes regiões da borda leste da Bacia do Paraná e ocorrem nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, como sugerem os dados de literatura (Rohn & Pennati 1993, Rohn 1994).

A maior parte das concentrações fossilíferas das tafofácies propostas são o produto final da atuação de processos sedimentares associados à tempestades. Neste contexto, dois grandes grupos de acumulações podem ser reconhecidas: 1) acumulações originadas pela mistura de areias transportadas

por correntes de fundo, induzidas por tempestades, e material colocado em suspensão pelas ondas de tempestade (Simões & Kowalewski 1998); e 2) acumulações produzidas pelo retrabalhamento, seleção e ressuspensão de sedimentos finos (siltito, argilito) autóctones.

Arenitos finos interpretados como tempestitos proximais (Simões 1998, Simões & Kowalewski 1998), intercalados em espesso pacote de lamitos, não são comuns nas formações Teresina e Corumbataí. As melhores ocorrências situam-se na região de Rio Claro (Mendes 1952, Landim 1970, Ragonha 1980, Sousa 1985, Maranhão 1995, Simões *et al.* 2000b). Ragonha (1980) observou que os arenitos são finos, homogêneos e selecionados, e resultam do retrabalhamento de areias costeiras. Por representarem tempestitos proximais, esses depósitos refletem a habilidade das ondas de retrabalhar sedimentos da costa e deslocá-los para o interior da bacia. A presença de base erosiva de depósitos residuais basais ou concentrações bioclásticas que preenchem depressões no substrato de siltito (Simões & Kowalewski 1998, estampa 47, fig. 1), indica o rigor dos processos erosivos e de acumulação dos bioclastos com que as tempestades atuaram junto ao fundo. Estas concentrações são tipicamente geradas na plataforma, entre o nível de base das ondas de bom tempo e o nível de base das ondas de tempestade. A ocorrência de lâminas descontínuas de argilito ou siltito e de pavimentos de conchas retrabalhadas, lateralmente restritos, sugere que esses arenitos resultaram de diversos episódios de acreção e eliminação (seleção) de sedimentos finos e que sua acumulação ocorreu num longo intervalo de tempo, provavelmente 10^2 - 10^4 anos (Simões 1998, Simões & Kowalewski 1998), conforme indicado por exemplos modernos.

No outro extremo dos dois grande tipos de acumulações observadas estão as coquinas e outras concentrações de bioclastos mais densamente empacotados. Como exemplificam as concentrações da região de Tambaú (vide Torello 1999), estas são o produto final de episódios de retrabalhamento e seleção de lamitos, sem a adição de sedimentos alóctones. Curiosamente, entre ambos tipos de concentrações, há outras acumulações esqueléticas (coquina de *P. illusa*) que parecem representar o produto final de retrabalhamento dos areias bioclásticas. Essas coquinas são raras no registro fossilífero, incluindo apenas táxons (*P. illusa* e *P. carinata*) dominantes e com conchas mais espessas, comuns nas assembléias preservadas nos arenitos bioclásticos. Adicionalmente, também ocorrem na matriz intraclastos de siltito e argilito silicificados que indicam o retrabalhamento das lâminas de siltito e argilito interestratificados nos arenitos bioclásticos. Os intraclastos estão imbricados na base da concentração esquelética e indicam correntes unidirecionais. Se essa interpretação for correta, é possível que essas acumulações indiquem importantes paradas na sedimentação e/ou episódios de retrabalhamento, bem como variações na dinâmica deposicional.

Em decorrência das relações entre qualidade de preservação das partículas bioclásticas, taxas de sedimentação e nível de energia do meio, as fácies tafonômicas variam de modo previsível, também, nas seqüências sedimentares.

Considerando o registro estratigráfico das flutuações do nível marinho, taxas de sedimentação e outros fatores ambientais, observa-se que, no início de eventos transgressivos, os restos esqueléticos apresentam baixa qualidade de preservação, com a ocorrência generalizada de bioclastos com altos índices de corrosão, fragmentação e desarticulação (Brett 1995). Vários

autores demonstram que eventos transgressivos são seguidos de importantes períodos de baixa taxa de sedimentação ou mesmo de não deposição de sedimentos, tanto em ambiente de águas mais profundas, como de águas rasas (*p. ex.*, Posamentier & Vail 1988, Posamentier *et al.* 1988, Loutit *et al.* 1988). Em decorrência destas condições, os bioclastos são expostos a longos períodos de residência na interface água/sedimento (Kidwell & Bosence 1991) e sujeitos à desarticulação e abrasão. Parece, portanto, haver correlação entre eventos transgressivos e a gênese de coquinas (Brett 1995).

Coincidentemente, no Permiano Superior da bacia do Paraná, concentrações fossilíferas da tafofácies 1 são comuns no Grupo Passa Dois, no intervalo correspondente à parte superior das formações Teresina e Corumbataí, possivelmente ciclos 6 e 7, na biozona de *P. neotropica* (*sensu* Rohn 1994, 2001), quando importantes episódios de mudanças do nível de base da bacia (transgressões) parecem ter ocorrido, sob condições de baixa taxa de sedimentação (Rohn 1994, Rohn *et al.* 1995). É neste intervalo que parece ter existido também condições para a formação mais freqüente de tempestades que transportaram sedimentos finos para as porções mais distais da bacia e dando origem aos depósitos de rápida sedimentação ou sufocamento (*obration deposits*, Brett 1995, Brett *et al.* 1997).

No Grupo Passa Dois, tais depósitos também ocorrem na porção superior da Formação Corumbataí (Simões *et al.* 1998, 2000b). Estes caracterizam concentrações da tafofácies 3, que contém animais da semi-infauna bissada, em posição de vida, o que só é possível a partir de mudança no nível de base de ondas de tempestade. Concentrações fossilíferas dessa tafofácies são também ocorrem no intervalo correspondente a Biozona de *P. neotropica* (*sensu* Rohn 1994), possivelmente no âmbito dos ciclos 6 e 7 de Rohn (1994, 2001).

Embora Brett (1995) tenha demonstrado que, de fato, coquinas e depósitos de sufocamento ocorram numa mesma porção do ciclo transgressivo-regressivo, esses depósitos são raros no Grupo Passa Dois, possivelmente devido ao baixo gradiente topográfico da Bacia do Paraná durante esta fase de sua história sedimentar (Rohn 1994, Rohn *et al.* 1995), permitindo o amplo retrabalhamento do fundo por processos tracionais e dificultando a sua preservação. Porém, quando presentes, essas concentrações são importante indicador de mudanças na dinâmica sedimentar (Ghilardi 1999, Ghilardi & Simões 2000).

Durante os períodos de máxima inundação, as taxas de sedimentação nos ambientes de costa afora são mínimas (Brett 1995). Embora os restos esqueletais acumulados sob tais condições sejam raramente remobilizados por correntes e outros agentes tracionais de fundo, os índices de desarticulação dos bioclastos são elevados e, em muitos casos, passíveis de intensa corrosão (Brett & Baird 1986, 1993). As acumulações esqueletais geradas nestas fases são caracterizadas por pavimentos de conchas descontínuos e pouco espessos, com alta proporção de bioclastos desarticulados (tafofácies 5), como os da parte inferior da Formação Corumbataí (Maranhão 1986, Ghilardi *et al.* 1997, Ghilardi 1999) e na parte média da Formação Serra Alta (Maranhão 1995, Mello *et al.* 1998), Biozona de *B. angulata* - *A. froesi* (*sensu* Rohn 1994), possivelmente, nos ciclos 1 e 2 de Rohn (1994, 2001). Nesta porção do ciclo transgressivo-regressivo também se formam acumulações esqueletais residuais (*lags*), particularmente constituídas por partículas bioclásticas quimicamente estáveis (*p. ex.*, fosfato) (Brett & Baird 1991). De fato, concentrações fosfáticas ocorrem na Formação Serra Alta

(Simões & Rohn 1996) no mesmo intervalo da tafofácies 5. Faltam, porém, dados estratigráficos para atribuir essas acumulações à base de parassequências (Simões & Rohn 1996).

Durante o início dos eventos regressivos, as bacias epicontinentais encontram-se com o nível do mar suficientemente alto para que as acumulações esqueletais permaneçam, na sua maioria, abaixo do nível de base de ondas de bom tempo (Brett 1995). Porém, neste momento, amplas áreas da bacia podem ser atingidas por ondas de tempestades que remobilizam material já depositado ou transportam bioclastos e outras partículas sedimentares. Há, assim, um aumento na taxa de sedimentação e, conseqüentemente, redução no tempo de exposição dos bioclastos na interface água/sedimento. As concentrações geradas nesta fase tendem a ser internamente complexas (Simões 1998, Simões & Kowalewski 1998) e caracterizadas pela mistura de bioclastos bem preservados (*p. ex.*, articulados), com baixos índices de fragmentação (Brett 1995). Estas condições parecem caracterizar a sedimentação da parte média das formações Teresina e Corumbataí (Sousa 1985, Rohn 1994), Biozona de *P. illusa* (*sensu* Rohn 1994), possivelmente no contexto dos ciclos 3, 4 e 5 de Rohn (2001) onde há ampla evidência sedimentológica e tafonômica de ocorrência de tempestade e variação nas taxas de sedimentação (Simões 1998, Simões & Kowalewski 1998) originando os arenitos bioclásticos, comuns na tafofácies 2.

Pelo exposto, é interessante observar que, embora um arcabouço de estratigrafia de seqüências não tenha sido ainda proposto para o Grupo Passa Dois (mas veja em Rohn 2001, um arranjo de dados tafonômicos na sucessão vertical de fácies, ciclos ou seqüências da Formação Teresina), a distribuição vertical das 5 tafofácies reconhecidas não se dá, aparentemente, de maneira aleatória. Por exemplo, as tafofácies caracteristicamente de águas mais profundas (tafofácies 4 e 5) ocorrem no intervalo da Biozona de *B. angulata* - *A. froesi*, litoestratigraficamente equivalente a porção inferior da Formação Corumbataí e Serra Alta, onde provavelmente predominaram condições de plataforma aberta (*offshore*), abaixo ou logo acima do nível de base das ondas de tempestade. Já as tafofácies 1 e 2, de águas mais rasas, parecem estar restritas aos intervalos de deposição das biozonas de *P. illusa* e *P. neotropica*, que correspondem a porção inferior/média da Formação Corumbataí e superior da Formação Teresina (Rohn 1994, Maranhão 1986). Segundo Sousa (1985) e Rohn (1994), neste intervalo predominaram condições de águas rasas, com diversos períodos importantes de baixa taxa ou não deposição dos sedimentos (Simões & Kowalewski 1998). Consequentemente, as concentrações fossilíferas deste intervalo são amalgamadas, evidenciando sua história complexa, caracterizada por eventos de fundo e episódicos.

Diversos autores (Sousa 1985, Rohn 1994, Rohn *et al.* 1995, Klein 1997), entretanto, notaram importantes variações no nível de base da Bacia do Paraná, rumo ao topo das Formações Corumbataí e Teresina (Rohn 1994). Tais variações são registradas pela tafofácies 3, em que há mistura de características tafonômicas geradas tanto acima como abaixo do nível de base das ondas de tempestade. Em certas regiões da borda leste, como no Rio Grande do Sul, os sedimentitos do topo da Formação Teresina, caracterizam ambiente de baixa energia, sem agitação por ondas ou correntes (Klein 1997). Consequentemente, a tafofácies aí preservada (tafofácies 4) mostra características de águas mais profundas, como aquelas presentes na Formação Serra Alta, na região nordeste da Bacia do Paraná, onde predominaram condições de *offshore*.

Neste contexto, haveria boa relação entre as litofácies das

Figura 3 – Modelo de fácies tafonômicas para os moluscos bivalves do Grupo Passa dois (formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí) ao longo de um perfil de águas rasas e profundas.

Formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí (Sousa 1985, Rohn 1994) e as tafofácies aqui definidas, segundo um perfil de águas rasas para profundas. Entretanto, uma comparação detalhada entre o modelo proposto, com os disponíveis na literatura, tanto para o Paleozóico (*p. ex.*, Speyer & Brett 1988), como para o Mesozóico (*p. ex.*, Fürsich & Oschmann 1993), mostra claramente a ausência de registro de tafofácies de “águas mais profundas”, em concordância com a ausência de um talude deposicional, na Bacia do Paraná, no intervalo estudado.

COMENTÁRIOS FINAIS O exame das concentrações fossilíferas do Grupo Passa Dois, no Estado de São Paulo, permitiu obter uma visão geral do espectro de tipos de acumulações conchíferas das formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí, as quais são predominantemente formadas em condições de águas rasas, dominadas por eventos de alta energia. Cinco tafofácies ao longo de um perfil de águas rasas a profundas, foram estabelecidas de acordo com suas características tafonômicas. Aparentemente, a distribuição vertical das cinco tafofácies reconhecidas não se dá de maneira aleatória. Há boa relação entre as litofácies das formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí e as tafofácies aqui

definidas, segundo um perfil de águas rasas para profundas. Finalmente, podem ser reconhecidos dois grandes grupos de acumulações esqueléticas, isso é, as originadas pela mistura de arenitos transportados por correntes de fundo, induzidas por tempestades e material colocado em suspensão pelas ondas de tempestade e as acumulações produzidas pelo retrabalhamento, seleção e resuspensão de sedimentos finos autóctones.

Agradecimentos A presente pesquisa contou com amplo apoio financeiro da FAPESP (Procs. 93/2747-0, 96/9708-9, 96/101008-6) e do CNPq (Proc. 500694/92-3). Os autores agradecem aos colegas Luiz Henrique Cruz de Mello e Renato Pirani Ghilardi (IBB/UNESP; IG-USP), pelos auxílios prestados nos trabalhos de campo e laboratório. A Profa. Dra. Rosemarie Rohn Davies (IGCE-UNESP, Campus de Rio Claro) os autores agradecem as discussões nas mais diversas etapas deste estudo. Ao Prof. Dr. Itamar Ivo Leipnitz (UNISINOS) e a geóloga Carla Klein, pelas facilidades oferecidas, durante os trabalhos de campo na região de Tiarajú, RS. A versão inicial deste artigo sofreu melhora a partir da leitura crítica do Prof. Dr. Antonio Carlos Rocha-Campos (IG-USP) ao qual os autores agradecem. As revisões da RBG pelas sugestões aomanuscrito.

Referências

- Best, M.M.R. & Kidwell, S.M. 2000. Bivalve taphonomy in tropical mixed siliciclastic-carbonate settings: I. Environmental variation in shell condition. *Paleobiology*, **26**:80-102.
- Brenchley, P.J. & Harper, D.A.T. 1998. *Palaeoecology: ecosystems, environments and evolution*. Chapman & Hall, London, 402 pp.
- Brett, C.E. 1995. Sequence stratigraphy, biostratigraphy and taphonomy in shallow marine environments. *Palaeogeog. Palaeocli. Palaeoeco.*, **10**:597-616.
- Brett, C.E. & Baird, G.C. 1986. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, **4**:303-309.
- Brett, C.E. & Baird, G.C. 1991. Submarine erosion on the anoxic seafloor: stratinomic paleoenvironmental and temporal significance of reworked pyrite-bone deposits. In: R.V. Tyson & T.H. Pearson (eds.) *Modern and ancient continental shelf anoxia*. Geol. Soc. Spec. Publ., **58**:233-258.
- Brett, C.E. & Baird, G.C. 1993. Taphonomic approaches to temporal resolution in stratigraphy: examples from Paleozoic marine mudrocks. In: S.M. Kidwell & A.K. Behremsmeyer (eds.) *Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages*. Short Course in Paleontology, **6**:250-274.
- Brett, C.E. & Baird, G.C. 1997. Epiboles, outages and ecological evolutionary bioevents: taphonomy, ecology and biogeographic factors. In: C.E. Brett & G.C. Baird (eds.) *Paleontologic Events: Stratigraphic, Ecologic, and Evolutionary Implications*. Columbia University Press, pp.:249-284.
- Brett, C.E., Baird, G.C., Speyer, S.E. 1997. Fossil Lagerstätten: stratigraphic record of paleontological and taphonomical events. In: C.E. Brett & G.C. Baird (eds.) *Paleontologic Events: Stratigraphic, Ecologic, and Evolutionary Implications*. Columbia University Press, pp.:3-40.
- Daemon, R.F. & Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: SBG, Congr. Bras. Geol., **24**, Anais, p. 359-412.
- Fölmi, K.B., Garrison, R.E., Grimm, K.A. 1991. Stratification in phosphatic sediments: illustrations from the Neogene of California. In: G. Einsele, W. Ricken, A. Seilacher (eds.) *Cycles and events in stratigraphy*. Springer Verlag, pp.:492-507.
- Fürsich, F.T. & Oschmann, W. 1986. Storm shell beds of *Nanogyra virgula* in the Upper Jurassic of France. *Neu. Jahrb. Geol. Paläon. Abhand.*, **172**:141-161.
- Fürsich, F.T. & Oschmann, W. 1993. Storm shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic of Kachchh, Western India. *J. Geol. Soc. London*, **150**:169-185.
- Ghilardi, R.P. 1999. *Paleoautoecologia dos bivalves do Grupo Passa Dois (Neopermiano) no Estado de São Paulo: bivalves fósseis como indicadores da dinâmica sedimentar*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 160p.
- Ghilardi, R.P. & Simões, M.G. 2000. Bivalves fósseis como indicadores da dinâmica sedimentar: um estudo de caso do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, Brasil. *Acta Geol. Leopold.*, **23**(51): 3-20.
- Ghilardi, R.P. & Simões, M.G. 2002. Foram os bivalves do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Rio do Rasto) moluscos dulcícolas? *Pesquisas em Geociências*, **29**:91-92.
- Ghilardi, R.P., Simões, M.G., Mello, L.H.C., Torello, F.F. 1997. The oldest occurrence of pelecypods shells in Corumbataí Formation (Late Permian), Paraná Basin, Brazil. In: SBP, Congr. Bras. Paleont., **15**, Boletim de Resumos, p. 64.
- Kidwell, S.M. & Bosence, D.W.J. 1991. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In: P.A. Allison & D.E.G. Briggs (eds.) *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. Plenum Press, pp.: 115-209.
- Kidwell, S.M. & Brenchley, J.P. 1994. Patterns in bioclastic accumulation through the Phanerozoic: changes in input or destruction? *Geology*, **22**:1139-1143.
- Kidwell, S.M. & Holland, S.M. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios*, **6**:426-434.
- Kidwell, S.M., Fürsich, F.T., Aigner, T. 1986. Conceptual framework for the analysis of fossil concentrations. *Palaios*, **1**:228-238.
- Kidwell, S.M., Rothfus, T.A., Best, M.M.R. 2001. Sensitivity of taphonomic signatures to sample size, sieve size, damage scoring system, and target taxa. *Palaios*, **16**:26-52.
- Klein, C. 1997. *Contribuição ao estudo das concentrações fossilíferas do Grupo Passa Dois na região de Tiarajú, RS e suas implicações paleoambientais*. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 136 p.
- Klein & Simões 1998. Tafonomia de pelecípodes da Formação Terezina (Permiano), Tiarajú, RS, Brasil. *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, **70**:619-625.
- Kondo, Y. 1997. Inferred bivalve response to rapid burial in a Pleistocene shallow-marine deposit from New Zealand. *Palaeogeog. Palaeocli. Palaeoeco.*, **128**:87-100.
- Kondo, Y. 1998. Adaptive strategies of soft-bottom, suspension-feeding bivalves to physical disturbance: evidence from fossil preservation. In: J.A. Johnston & J.W. Haggart (eds.) *Bivalves - An Eon of evolution - paleobiological studies honoring Norman D. Newell*. University of Calgary Press, pp.: 377-392.
- Kowalewski, M., Flessa, K.W., Aggner, J.A. 1994. Taphofacies analysis of Recent shelly cheniers (Beach Ridges), northeastern Baja California, Mexico. *Facies*, **31**:209-242.
- Landim, P.M.B. 1970. O grupo Passa Dois (P) na Bacia do Rio Corumbataí. DNPM, DGM, *Boletim*, **252**:1-103.
- Lavina, E.L. 1991. *Geologia sedimentar e paleogeográfica do Neopermiano e Eotriássico (Intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 333 p.
- Loutit, T.S., Hardenbol, J., Vail, P.R., Baum, P. 1988. Condensed section: the key to age dating and correlation of continental margin sequences. In: C.K. Wilgus, B.S.S.C. Hastings, C.G. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, J.C. Van Wagoner (eds.) *Sea level changes - an integration approach*. Soc. Econ. Paleontol. Mineralog., Special Publication, **42**:183-213.
- Maranhão, M.S.A.S. 1986. *Contribuição ao conhecimento da malacofauna das camadas basais da Formação Corumbataí (Permiano), Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 89 p.
- Maranhão, M.S.A.S. 1995. *Fósseis das formações Corumbataí e Estrada Nova do Estado de São Paulo: subsídios ao conhecimento paleontológico e bioestratigráfico*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2 v.
- Meldhal, K.M. & Flessa, K.W. 1990. Taphonomic pathways and comparative biofacies and taphofacies in a recent intertidal/shallow shelf environment. *Lethaia*, **23**:43-60.
- Mello, L.H.C. 1999. *Análise cladística dos bivalves do Grupo Passa*

- Dois (Neopermiano), Bacia do Paraná, Brasil: Implicações taxonômicas, evolutivas e paleobiogeográficas. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 160 p.
- Mello, L.H.C., Ghilardi, R.P., Torello, F.F., Simões, M.G. 1998. Some biostratigraphic aspects of carbonate concretions from Serra Alta Formation (Late Permian), Paraná Basin, Brazil. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 40, *Anais*, p. 452.
- Mendes, J.C. 1952. A Formação Corumbataí na região do Rio Corumbataí (estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios). USP, FFCL, *Boletim* 145, *Geologia*, 8:1-119.
- Miller, K.B., Brett, C.E., Parsons, K.M. 1988. The paleoecologic significance of storm-generated disturbance within a Middle Devonian muddy epeiric sea. *Palaaios*, 3:35-52.
- Posamentier, H.W. & Vail, P.R. 1988. Eustatic controls on clastic deposition II- Sequence and systems tract models. In: C.K. Wilgus, B.S.S.C. Hastings, C.G. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, J.C. Van Wagoner (eds.) *Sea level changes- an integration approach*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Special Publication, 42:125-154.
- Posamentier, H.W., Jervy, M.T., Vail, P.R. 1988. Eustatic controls on clastic deposition I- Conceptual framework. In: C.K. Wilgus, B.S.S.C. Hastings, C.G. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, J.C. Van Wagoner (eds.) *Sea level changes- an integration approach*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Special Publication, 42:109-124.
- Ragonha, E.W. 1980. Características físicas da zona de *Pinzonella illusa* e *Plesiocypinella carinata* da Formação Corumbataí - Grupo Passa Dois, na região de Rio Claro (SP). In: SBG, Congr. Bras. Geol., 21, *Anais*, p. 3106-3117.
- Rohn, R. 1988. *Bioestratigrafia e paleoambientes da Formação Rio do Rasto na borda leste da Bacia do Paraná (Permiano Superior, Estado do Paraná)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 225 p.
- Rohn, R. 1994. *Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2 v.
- Rohn, R. 2001. A estratigrafia da Formação Teresina (Permiano, Bacia do Paraná) de acordo com furos de sondagem entre Anhembi (SP) e Ortigueira (PR). In: J.H.G. Melo & G.J.S. Terra (eds.) *Correlação de seqüências Paleozóicas sul-americanas*. Seção: Exploração de Petróleo 20, pp.: 209-218.
- Rohn, R. & Penatti, J.R.R. 1993. Bioestratigrafia de moluscos bivalves da Formação Teresina (Bacia do Paraná, Permiano superior). In: SBP, Congresso Brasileiro de Paleontologia, 13, *Boletim de Resumos*, p. 200.
- Rohn, R., Perinoto, J.A.J., Fúlfaro, V.J., Saad, A.R., Simões, M.G. 1995. On the significance of *Pinzonella neotropica* assemblage (Upper Permian) for the Paraná Basin, Brazil. In: Simpósio Sul-brasileiro de Geologia do Cone Sul, 1, *Boletim de Resumos Expandidos*, p. 260-261.
- Simões, M.G. 1998. *Tafonomia, time-averaging e resolução espacial de concentrações fossilíferas internamente complexas: um estudo de casos do Permiano, Bacia do Paraná - Brasil e suas implicações paleoecológicas*. Tese de Livre Docência, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 160 p.
- Simões, M.G. & Ghilardi, R.P. 2000. Protocolo tafonômico/paleoautoecológico como ferramenta na análise paleossinecológica. *Pesquisas em Geociências*, 27:3-13.
- Simões, M.G. & Kowalewski, M. 1998. Shell beds as paleoecological puzzles: a case study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Facies*, 38:175-196.
- Simões, M.G. & Kowalewski, M. 2002. Taphonomy of Recent articulate brachiopods from subtropical, siliciclastic-carbonate environments of Southern Brazil. In: Geological Society of America Meeting 34, *Abstracts with Programs*, p. 357.
- Simões, M.G. & Rohn, R. 1996. On the significance of phosphatic concentration at Serra Alta Formation (Passa Dois Group, Late Permian), Paraná Basin, Brazil. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 39, *Anais*, p. 295-297.
- Simões, M.G., Torello, F.F., Rocha-Campos, A.C. 1996. Gênese e classificação da coquina de Camaquã (assembléia de *Pinzonella neotropica*), Formação Corumbataí (Permiano Superior), Rio Claro, SP. *Anais Acad. Bras. Cienc.*, 68:545-557.
- Simões, M.G., Marques, A.C., Mello, L.H.C., Anelli, L.E. 1997. Phylogenetic analysis of the genera of the extinct family Megadesmidae (Bivalvia, Anomalodesmata), with remarks on its paleoecology and taxonomy. *J. Compar. Biol.*, 2:75-90.
- Simões, M.G., Torello, F.F., Kowalewski, M., Klein, C., Mello, L.H.C., Ghilardi, R.P. 1998. Are the Ostrution Deposits the most precise and best resolved beds in event stratigraphy? Some Paleozoic examples from the Paraná Basin, Brazil. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 40, *Anais*, p. 444.
- Simões, M.G., Mello, L.H.C., Rodrigues, S.C., Leme, J.M., Marques, A.C. 2000a. Conulariid taphonomy as a tool in paleoenvironmental analysis. *Rev. Bras. Geoc.*, 30:757-762.
- Simões, M.G., Torello, F.F., Mello, L.H.C., Ghilardi, R.P. 2000b. O conteúdo fossilífero de novos afloramentos do Grupo Passa Dois (Neopermiano), nas porções centro-sul e nordeste do Estado de São Paulo: implicações bioestratigráficas e paleoecológicas. *Acta Geol. Leopold.*, 23:61-90.
- Sousa, S.H.M. 1985. *Fácies sedimentares das Formações Estrada Nova e Corumbataí no Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 142 p.
- Speyer, S.E. & Brett, C.E. 1986. Trilobite taphonomy and Middle Devonian taphofacies. *Palaaios*, 1:312-327.
- Speyer, S.E. & Brett, C.E. 1988. Taphofacies models for epeiric sea environments: Middle Paleozoic examples. *Palaeoogeol. Palaeoecol.*, 63:222-262.
- Torello, F.F. 1999. *Bioestratigrafia de concentrações fossilíferas da assembléia de Pinzonella neotropica (Reed), Formação Corumbataí (Permiano), Tambaú, SP*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 121 p.
- Walker, K.R. & Bambach, R.K. 1971. The significance of fossil assemblages from fine-grained sediments: time averaged communities. In: Geological Society of America Meeting, 3, *Abstracts with Programs*, p. 783-784.
- Wani, R. 2003. Taphofacies models for Upper Cretaceous ammonoids from the Kotanbetsu area, northwestern Hokkaido, Japan. *Palaeoogeol. Palaeoecol. Palaeoec.*, 199:71-82.

Manuscrito A-1380

Recebido em 04 de outubro de 2002

Revisão dos autores em 08 de outubro de 2003

Revisão aceita em 15 de outubro de 2003