

INFORME PUBLICITÁRIO

FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO



DE PROTEÇÃO À NATUREZA

A Fundação O Boticário de Proteção à Natureza é uma instituição sem fins lucrativos, que nasceu da identificação d'O Boticário com a natureza nas suas múltiplas formas de expressão. Mantida pelo grupo O Boticário, a fundação, além de executar projetos próprios, apóia financeiramente projetos conservacionistas em todo o Brasil. Hoje com cinco anos de existência, já é uma das mais respeitadas instituições conservacionistas do país, tendo firmado importantes convênios e parcerias com órgãos nacionais e internacionais preocupados em preservar a vida no planeta. Entre eles o IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, a UICN - União Mundial para a Natureza, a MacArthur Foundation e a TNC - The Nature Conservancy. Esta última, aliada aos trabalhos desenvolvidos na região de Guaraqueçaba - PR.

Cada semestre um conselho formado por especialistas e autoridades em meio ambiente se reúne para análise e seleção dos novos projetos que terão apoio e acompanhamento da Fundação. Em cinco anos de atividade, já são mais de 300 projetos apoiados pela fundação, 250 projetos concluídos e 50 estão em andamento nas áreas de unidades de conservação, pesquisa da flora e fauna silvestres, áreas verdes urbanas, recuperação de ecossistemas alterados e educação ambiental. A Fundação O Boticário estabelece as diretrizes e faz a coordenação geral dos programas, que são executados diretamente por pesquisadores ou através de fundações e instituições conservacionistas relacionadas com cada assunto.

A Fundação O Boticário de Proteção à Natureza atua em todas as regiões do país, ajudando a proteger o Pantanal, a Floresta Atlântica, o Cerrado, a Caatinga, os Campos, os Manguezais, Dunas, Ilhas e Baías. Animais e plantas ameaçados de extinção como a ararinha azul, tartaruga marinha, lobo-guará, papagaio-chorão, onça-pintada, baleia-jubarte, mico-leão-preto, mico-leão-dourado, peixe-boi-marinho, pinheiro-brasileiro, peroba-rosa, canela-sassafrás e bromélias, entre outros, também têm sido estudados e protegidos com apoio da Fundação.

Em 1993 a Fundação iniciou um novo programa, cujo objetivo é estabelecer uma rede de reservas naturais protegidas. A primeira reserva, com mais de 1.700 hectares, localizada em Guaraqueçaba, protege um significativo remanescente de floresta atlântica e o conhecido Salto Morato. A reserva é destinada à pesquisa científica, recreação ao ar livre e educação ambiental conciliados com a preservação dos ambientes naturais, estando estruturada para receber cientistas, estudantes e turistas em geral.

Publicações educativas e técnico-científicas, campanhas conservacionistas e programas de reciclagem de materiais são outras atividades da Fundação. Em conjunto com O Boticário, a Fundação coordena um programa de reciclagem nas empresas do grupo, através do qual mais de 30 toneladas de papel e 6 de plástico são transformadas mensalmente, em cadernos escolares e brinquedos para a distribuição gratuita. Escolas públicas de São José dos Pinhais (PR), Guaraqueçaba (PR), Piraquara (PR), Araucária (PR) e Fernando de Noronha (PE) já receberam cadernos de papel reciclado para seus alunos.

Maria de Lourdes Nunes
Coordenadora técnica

Associações De Fácies Turbidíticas Do Grupo Itajaí, SC: Sedimentação De Água Profunda Em Uma Bacia De Antepaís

*Turbiditic Facies Units Of The Itajaí Group, SC,
Brazil: Deep Water Sedimentation In A Foreland Basin*

Sidnei Pires Rostirolla*
Ernesto Goldfarb Figueira**

RESUMO

O mapeamento da seção intermediária do Grupo Itajaí, no Estado de Santa Catarina, possibilitou diferenciar quatro associações faciológicas turbidíticas aflorantes em superfície. O Grupo Itajaí é o registro preservado de uma bacia formada durante o fechamento de um cinturão colisional no escudo leste catariense, durante o Proterozóico Superior. O tempo de 40 milhões de anos para a deposição indica que o grupo representa uma sequência deposicional de 1ª a 2ª ordens de grandeza, resultado do avanço da lâmina de água e conseqüente sedimentação sobre o antepaís. A seção mapeada corresponde a um complexo turbidítico, dividido em associações de fácies que representam estágios ou sistemas turbidíticos. Com base na descrição de afloramentos, determinou-se a gênese destas associações de fácies, discriminadas como: canal, transição canais-lobos, lobos e franjas de lobos deposicionais, além de *slumps* e pelitos interdigitados. As relações estratigráficas observadas confirmam a deposição numa bacia flexural de antepaís, onde os principais controles devem ter sido as variações bruscas da taxa de suprimento e o basculamento do substrato, em decorrência da deformação durante a sedimentação e do transporte tectônico acentuado na área orogênica adjacente.

ABSTRACT

This work deals with the mapping of gravitational facies in the Itajaí Group, aiming at recognizing the distribution of turbiditic units. Based on field description, the facies were classified according to the texture and rock composition, the shape and size of the grains, the sedimentary structures, the geometry of the beds, and the relationship among facies. Another additional attributes were also considered, such as the nature of the base and tops of beds, the sole marks, and the presence of intraclasts and traction carpets. Aerial photos 1:25.000 were used to mapping the outline of the faults and folds and regional bed directions. The Itajaí Group corresponds to an upper proterozoic foreland basin, formed during the Brazilian Orogeny (figures 01 and 02). Its time of sedimentation (about 40 m.a.) has indicated that it represents a 1° to 2° sequence order (figures 03 and 04), resulted from the covering of the foreland plate during collision. In short, the lower sequence was deposited at the beginning of the tectonic transport at the

* Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

** Bolsista do Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

adjacent mobile belt (figures 05 and 06). Consequently, the tardi-collisional shortening of the belt caused the flexural subsidence, when a turbiditic sedimentation was developed over the slope, which was formed by tilting (figure 07). After turbidite formation, the equilibrium between high sedimentary and accommodation rates caused the onlap deposition of pelites, covering the foreland. At the final depositional phase, the accommodation rate was smaller than influx of sediments and caused the development of fan-deltas systems supplied from the orogenic margin (figure 08).

In a context of continuous tectonism after deposition, the basin suffered the principal compressional deformation, which showed high magnitude next to the orogenic belt. Within this context, kinematic indicators suggests a clockwise rotation of tectonic structures, compatible with reverse to reverse-dextral movements registered in the structural framework of the Itajaí Basin. The second deformation phase was caused by extensional inversion of stress field during the post-orogenic relaxation.

The mapped section corresponds to a turbiditic complex (figure 09), a deposition unit that was affected by regional unconformities, produced by 3rd order eustatic oscillations or tectonic activities. Taking that into consideration, it was possible to define the facies units as stages or turbidites systems, formed by minor variations without the formation of unconformities. On the other hand, if the sequence stratigraphy terminology is used, such units can be classified as depositional sequences of 2nd to 4th orders, respectively.

The criteria of gravitational deposition characterization was the spatial distribution of turbidites and facies tracts. So, based on outcrops, the genesis of the facies associations was characterized and classified in this work as: channel, channel-lobe transition, depositional lobes, distal lobes, slumps and pelitic facies.

The stratigraphic relations, observed in the turbidite section of Itajaí Group, supports the complex deposition in a foreland environment, with strong tectonic control: at the northern portion of the area, the constance of depositional lobes suggests high efficiency deposition (basin-floor fans); at the northeast and central regions, the interrelation between lobes and channel-lobe transition units indicates a low efficiency sedimentation (slope fans); at the southwest part of the complex, the channel and distal lobes units are interdigitated, suggesting slope-wedges or overbank deposits. It is still important to notice that the principal control of deposition was not the eustatic oscillation; on the contrary, the principal factors must have been the abrupt supply rate change and basement tilting, caused by synsedimentary deformation and accentuated tectonic transport.

INTRODUÇÃO

Neste trabalho é apresentada a distribuição das associações faciológicas componentes da seção turbidítica do Grupo Itajaí, SC. A área estudada, com aproximadamente 130 km², ocorre segundo uma faixa de direção nordeste, entre as cidades de Ascurra e Ibirama no Estado de Santa Catarina. O estudo restringiu-se à seção estratigráfica intermediária do Grupo, representada por leques submarinos de água profunda.

O trabalho consistiu em desenvolver uma análise fotogeológica para determinação das principais feições que pudessem indicar a continuidade espacial das associações de fácies turbidíticas e subsidiar a interpretação final. O trabalho de campo envolveu a descrição das associações de fácies turbidíticas, que foram reconhecidas principalmente em perfis transversais ao acamamento. A caracterização das fácies baseou-se nos seguintes critérios: a composição do arcabouço e matriz, o tamanho e forma dos grãos, as estruturas sedimentares, a geometria das camadas e sua interrelação espacial na escala mesoscópica. Além destes, em decorrência da

origem gravitacional da deposição, alguns atributos foram bastante valorizados, como por exemplo a natureza da base e topo de camadas, as marcas de sola, o perfil textural e a presença de intraclastos e tapetes de tração.

O texto que segue está dividido em duas partes principais. A primeira descreve o atual estágio de conhecimentos acerca do Grupo Itajaí, objetivando esclarecer aspectos que normalmente são apresentados de modo controverso na literatura; vale lembrar que várias publicações sobre o Grupo defendem pelo menos seis modelos em termos de evolução de bacia, sete colunas estratigráficas antagônicas e quatro hipóteses sobre o padrão deformativo. A segunda parte do trabalho trata especificamente dos depósitos turbidíticos aflorantes, descrevendo as fácies constituintes das associações mapeadas, assim como o significado de cada uma delas e a relação espacial entre depósitos de áreas canalizadas e de lobos deposicionais.

O GRUPO ITAJAÍ - ESTADO DA ARTE

A Bacia de Itajaí constitui uma área excelente para o estudo de sistemas deposicionais turbidíticos. Apesar da evolução tectônica distinta das bacias de margem passiva, a bacia possui exposições que possibilitam análises comparativas com depósitos turbidíticos de subsuperfície conhecidos nas bacias da margem leste brasileira, especialmente quanto à descrição de fácies gravitacionais de água profunda.

O Grupo Itajaí (figuras 01 e 02) corresponde a uma bacia sedimentar do Proterozóico Superior, situada no limite norte do Cinturão Orogênico Dom Feliciano (ALMEIDA, 1967; BASEI, 1985; SOARES, 1988), representando uma bacia *foreland* formada durante o fechamento de um cinturão colisional (ROSTIROLLA, 1991).

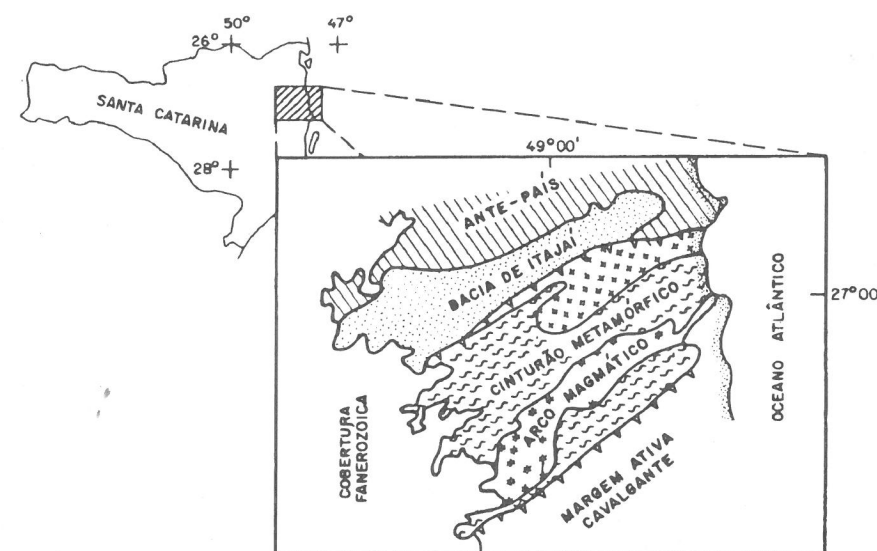


Fig. 1

Localização e contexto geológico regional da Bacia de Itajaí, SC. Situation and regional geologic context of the Itajaí Basin, SC.

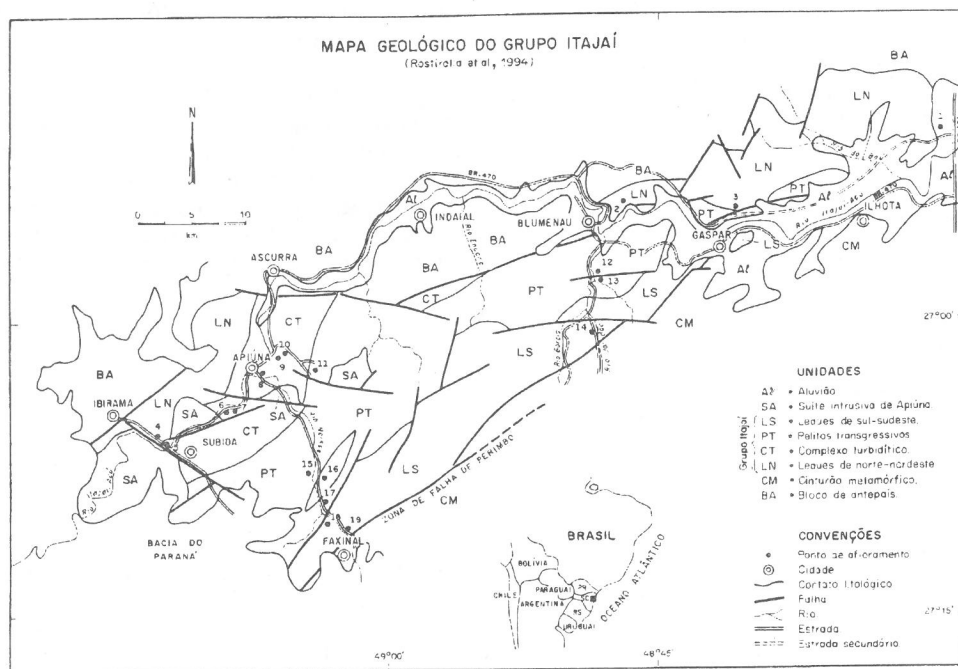


Fig. 2

Mapa geológico do Grupo Itajaí. Geologic map of the Itajaí Group.

TRABALHOS ANTERIORES E ESTRATIGRAFIA

Dutra identificou em 1926 as rochas da bacia como Série Itajaí, descrevendo-as como folhelhos argilosos e argiloarenosos, "mais ou menos metamórficos", e ainda "quartzitos", arenitos e conglomerados arcoseanos. Trabalhos posteriores subdividiram-na ou redefiniram as unidades, resultando em diferentes empilhamentos estratigráficos (figura 03).

MAACK (1947) subdividiu a Série em duas unidades: Formação Ibirama, inferior, constituída por "xistos" cinzentos, lentes de conglomerados, "ardósias" e "quartzitos" cinzentos; e Formação Gaspar, superior, composta de conglomerados, arenitos e folhelhos violáceos ou purpúreos. Acima dessas, tal autor identificou depósitos conglomeráticos secundários e denominou-os de Formação Blumenau, admitindo uma discordância entre esta e a Série Itajaí.

SALAMUNI *et al.* (1961) redefiniram a Série Itajaí, criando as Formações Garcia e Gaspar. A Formação Garcia, basal, consistiria em arenitos e folhelhos siltico-argilosos, cinza-claros ou lilás, com intercalações de lentes de arenito conglomerático, conglomerados e rochas vulcânicas piroclásticas. Na Formação Gaspar, sobreposta, predominariam conglomerados e arcóseos finos e médios a grosseiros de coloração violácea ou lilás-avermelhado.

Posteriormente, os mapeamentos desenvolvidos pela CPRM, em especial os de SCHULZ JR. *et al.* (1970), KAUL (1976) e SILVA E DIAS (1981), formalizaram o Grupo Itajaí como unidade litoestratigráfica. SILVA E DIAS (1981) subdividiram o então denominado Grupo Itajaí em formações Gaspar e Campo Alegre. Estes autores interpretaram a

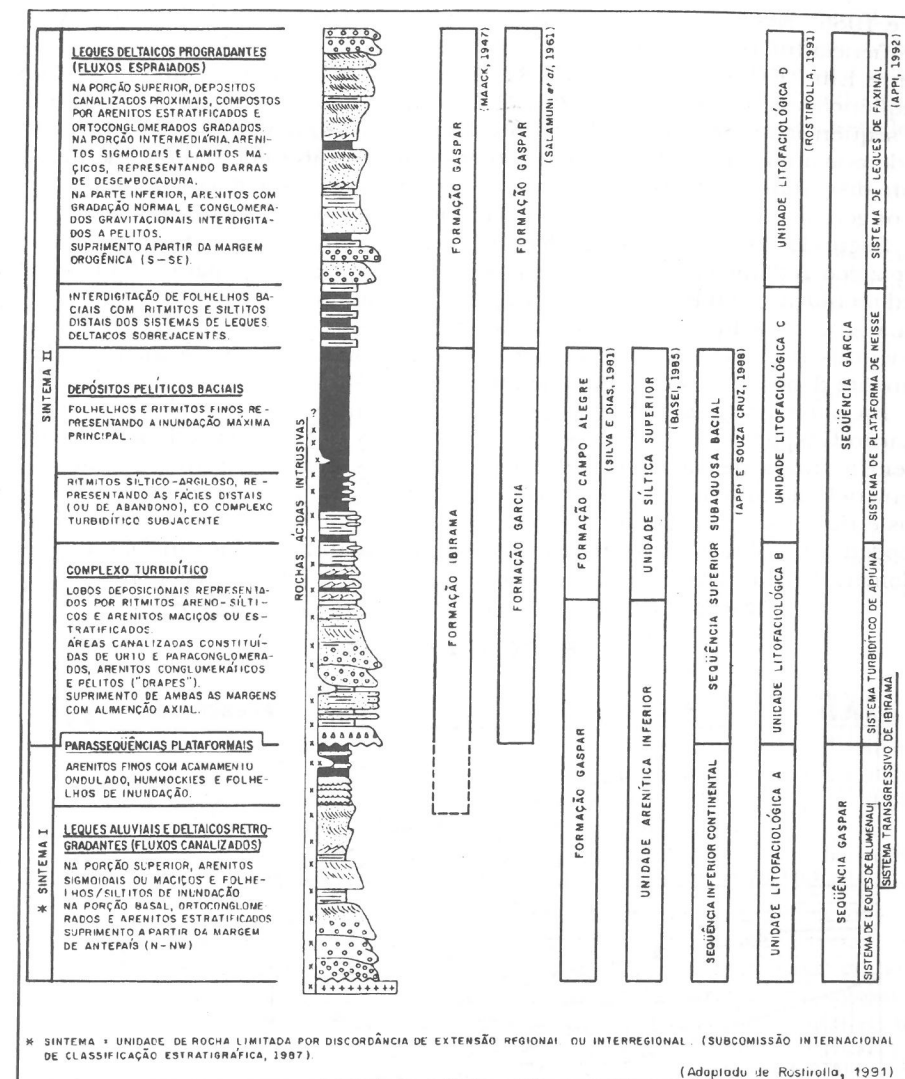


Fig. 3

As várias interpretações acerca do empilhamento estratigráfico do grupo Itajaí e as colunas resultantes.
The several interpretations of the stratigraphic packing of the Itajaí Group and the resultant columns.

sucessão vertical de modo inverso, com a Formação Gaspar, inferior, sendo constituída por arenitos líticos e feldspáticos grosseiros e arenitos finos, bordô, com intercalações de tufos ácidos. Já a Formação Campo Alegre, superior, compreenderia siltitos verdes em alternância rítmica com arenitos, tufos, brechas e vulcanitos ácidos.

Na segunda metade da década de 80, criou-se pela PETROBRÁS um curso de campo na área, introduzindo as primeiras concepções de sistemas deposicionais como fundamento para a elaboração da estratigrafia moderna na Bacia de Itajaí (APPI *et al.*,

1987 e 1988). Nestas publicações, as formações Gaspar e Garcia foram designadas de Sequência Inferior Continental e Sequência Superior Subaquosa Bacial, respectivamente. Em 1990, APPI & SOUZA CRUZ e APPI, *et al.*, usando a analogia com a Estratigrafia de Sequências de VAN WAGONER *et al.* (1990), dividiram as rochas do Grupo Itajaí em duas sequências deposicionais: Garcia e Gaspar. A Sequência Garcia, superior, foi considerada análoga a do tipo "I" por conter depósitos turbidíticos diretamente sobre o limite discordante, embora, conforme os próprios autores (e.g. APPI & SOUZA CRUZ, *et al.*) a origem do evento esteja relacionada a um episódio tectônico regional.

Segundo MACEDO *et al.* (1984), o Grupo Itajaí foi depositado no final do Proterozóico. A datação de ilitas diagenéticas indica 588 ± 48 m.a. para a idade mínima de sedimentação, tendo ocorrido um episódio de anquimetamorfismo por volta de 550 m.a. A seção sedimentar revela um ciclo transgressivo-regressivo, com sedimentos continentais na base, pelitos transgressivos e turbiditos na parte intermediária e novamente depósitos continentais no topo (figura 04).

Na parte norte do Grupo Itajaí ocorrem sedimentos grosseiros, incluídos na Formação Gaspar (SILVA, 1987). Segundo ROSTIROLLA (1991), tais sedimentos correspondem a tratos de sistemas de leques aluviais e deltaicos retrogradantes, com proveniência do antepaís. No setor central aflora um conjunto espesso de arenitos, pelitos e ritmitos, incluídos na base da Formação Garcia por SALAMUNI *et al.* (1961), que podem ser subdivididos em duas associações: **a)** uma unidade inferior contendo conglomerados, arenitos, ritmitos e folhiellos, compreendendo um complexo turbidí-

CARTA CRONOESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA

GRUPO ITAJAÍ - SC

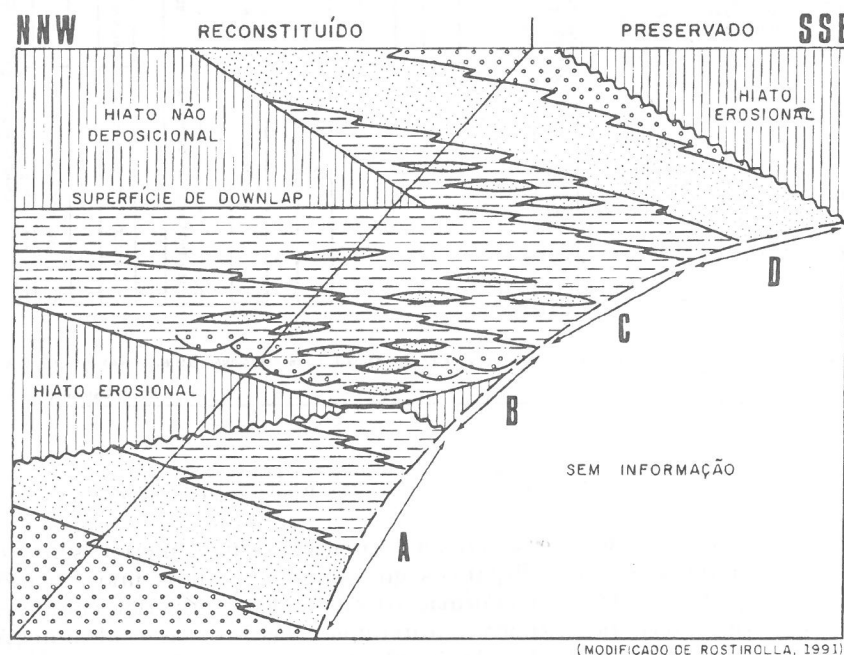


Fig. 4

Carta Cronoestratigráfica do grupo Itajaí. Chronostratigraphic chart of the Itajaí Group.

tico; **b)** uma unidade superior onde predominam folhelhos e siltitos (APPI *et al.*, 1988; ROSTIROLLA *et al.*, 1992a). Na porção sul ocorre outra cunha siliciclástica, anteriormente incluída na Formação Gaspar por SILVA (1987) e KREBS *et al.* (1990a). Com base em estudos de estratigrafia de seqüências, ROSTIROLLA (1991) e APPI (1992) situaram estes depósitos acima da seção turbidítica, definindo um trato de sistemas de leques deltaicos que avançou a partir da margem orogênica.

DEFORMAÇÃO

BASEI (1985) e BASEI *et al.* (1987) identificaram dois sistemas de dobramentos afetando o Grupo Itajaí: o primeiro mostra dobras assimétricas, com vergência para NW e orientações dos eixos segundo NE-SW, enquanto o segundo exibe superfície axial N-S e caimento do eixo para o sul, configurando dobras descontínuas de grande comprimento de onda.

ROSTIROLLA *et al.* (1992b) consideraram o registro de duas fases deformacionais em ambiente rúptil a rúptil-dúctil. A primeira fase foi compressional, iniciando-se com a tensão σ_1 direcionada de SE para NW, e com a tensão σ_2 na horizontal. Durante esta fase, foram nucleadas falhas reversas N60-70E (e.g. a zona de falha que limita a bacia com a faixa móvel), dobras com eixos N60-70E e vergência para NW, além de um sistema conjugado de falhas transcorrentes (N10-20E, sinistrais, e N80-90W, dextrais). A segunda fase ocasionou a reativação distensional das estruturas pré-existentes, quando o par conjugado foi submetido a uma inversão de movimentos com cinemática contrária à da primeira fase.

O GRUPO ITAJAÍ E A ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS

APPI e SOUZA CRUZ (1990) utilizaram pela primeira vez no Grupo Itajaí os conceitos da Estratigrafia de Sequências propostos por POSAMANTIER & VAIL (1988). Embora essa metodologia tenha sido desenvolvida em bacias de margens passivas, os mesmos procedimentos podem também ser adotados para outras bacias onde a atividade tectônica é o fator predominante na construção das sequências.

Em função da definição de sequência deposicional, que trata de unidades delimitadas por discordâncias, APPI (1992) dividiu o Grupo Itajaí em duas seqüências: uma inferior, denominada Gaspar, e a outra superior denominada Garcia, mantendo os nomes já consagrados (figura 03). É importante notar que tais denominações não tiveram o mesmo significado das propostas litoestratigráficas anteriores, como a de SALAMUNI *et al.* (1961) e SILVA & DIAS (1981). Entretanto, a designação de Gaspar para a Sequência Inferior deveu-se à ampla utilização por outros autores, embora tenha significado distinto, com forte conotação cronoestratigráfica. A Sequência Garcia, cuja seção-tipo ocorre no bairro homônimo em Blumenau, passou a caracterizar a seção estratigráfica superior, ao contrário dos posicionamentos anteriores.

Os limites entre as unidades, observados em afloramentos, representam quebras importantes na sedimentação e possuem distribuição regional. O limite inferior do Grupo Itajaí, entre a Sequência Gaspar e o Complexo Granulítico de Santa Catarina, faz-se de modo discordante erosivo e representa a implantação da sedimentação da bacia. O limite entre as duas unidades sedimentares foi considerado por APPI (1992) análogo ao tipo "1" de VAN WAGONER (1990), por conter sedimentos turbidíticos imediatamente acima, originados da erosão e ressedimentação dos intervalos subjacentes, além de estar distribuído regionalmente na porção bacial.

Na Sequência Gaspar é possível apenas separar dois tratos de sistemas deposicionais, um inferior que aflora nas cidades de Blumenau e Ibirama, denomi-

nado de Sistemas de Leques Aluviais e Deltaicos de Blumenau (APPI, 1992) e outro superior que aflora na região de Ibirama, denominado de Sistema Transgressivo de Ibirama.

A Sequência Gaspar formava uma cunha sedimentar retrogradante, a partir do caráter de afinamento do tamanho de grão, diminuição da espessura das camadas e ocorrência de fácies mais distais em direção ao topo dos perfis analisados. Entre os sedimentos grosseiros da base e os sedimentos finos do topo da unidade ocorrem depósitos de plataforma pouco expressivos, fato este que levou APPI (1992) a interpretar esta unidade como uma cunha sedimentar análoga ao tipo rampa.

A Sequência Garcia de APPI (1992) pode ser dividida em três subunidades definidas pelas características de ambientes e associação de fácies sedimentares:

a) O Complexo Turbidítico, que se desenvolveu imediatamente acima da discordância e aflora ao longo da BR 470 nas proximidades de Apiúna, com pelo menos 500m de espessura, denominado por APPI (1992) de Sistema Turbidítico de Apiúna.

b) O sistema transgressivo, que contém a superfície de máxima transgressão, foi denominado pelo mesmo autor de Sistema de Plataforma de Neisse, estando exposto na porção central e a sudeste.

c) O sistema progradante com proveniência da borda sudeste da bacia, reconhecido por ROSTIROLLA (1991) e denominado por APPI (1992) de Sistema de Leques Deltaicos de Faxinal.

TECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO DA BACIA

Devido à existência localizada de tufo e brechas vulcânicas, o Grupo Itajaí já foi considerado como uma unidade vulcano-sedimentar (SILVA, 1987 e BASEI, 1985). Entretanto, as relações de campo demonstram claramente que a maioria das rochas magmáticas são posteriores à deposição e deformação da bacia, constituindo brechas de injeção e mobilizados quartzo-feldspáticos, intrusivos em falhas e dobras (ROSTIROLLA, 1991). Por outro lado, em alguns turbiditos epiclásticos existem fragmentos vulcânicos (RIGON, 1993), os quais devem ter se originado num regime tectônico distensional prévio à sedimentação, possivelmente durante a subducção pré-colisional.

ROSTIROLLA (1991) analisou os vários modelos publicados sobre a bacia: ante-fossa rifte (BASEI, 1985), rifte intracratônico (SILVA, 1987), molassa tardicolisional (SOARES, 1988) e bacia transtensional (KREBS et al., 1990b), concluindo que o modelo de bacia *foreland* explica mais adequadamente o estilo de preenchimento, a deformação e a relação com os eventos no Cinturão. ROSTIROLLA (1991) chamou a atenção para três informações adicionais que corroboram a hipótese flexural: 1) a nucleação da bacia ocorreu após a deformação sin-colisional (cf. BASEI 1985); 2) a bacia foi depositada em *onlap* sobre o antepaís e o eixo é paralelo ao cinturão dobrado; 3) modelagens gravimétricas feitas por MANTOVANI et al. (1990) indicam aumento da profundidade do embasamento próximo à faixa orogênica.

O tempo decorrido entre a sedimentação inicial e o anquimetamorfismo, em torno de 40 milhões de anos, indica que o Grupo Itajaí representa uma unidade tectono-estratigráfica de 1ª a 2ª ordens, resultado do avanço da lâmina de água sobre o antepaís. As figuras 05 a 08 representam de modo esquemático a sedimentação do Grupo Itajaí. A deposição proveniente do antepaís, representada pela sequência inferior, ocorreu no início, ou logo após a aloctonia na faixa móvel adjacente (figuras 05 e 06). O encurtamento da faixa no evento tardi-colisional amplificou a subsidência e condicionou a deposição de turbiditos sobre um talude formado em decorrência do basculamento e soerguimento da área-fonte (figura 07). Na figura 08 é possível

SEQUÊNCIA BASAL LEQUES ALUVIAIS E DELTAICOS RETROGRADANTES SUPRIMENTO DO ANTEPAÍS

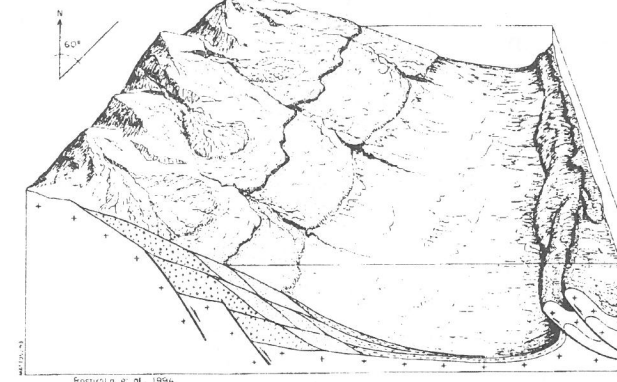


Fig. 5

Representação esquemática da deposição basal da sequência inferior. Schematic representation of shelf deposition of the lower sequence.

SEQUÊNCIA BASAL CONJUNTO DE PARASEQUÊNCIAS PLATAFORMAIS RETROGRADANTES AFOGAMENTO E ONLAP SOBRE O ANTEPAÍS

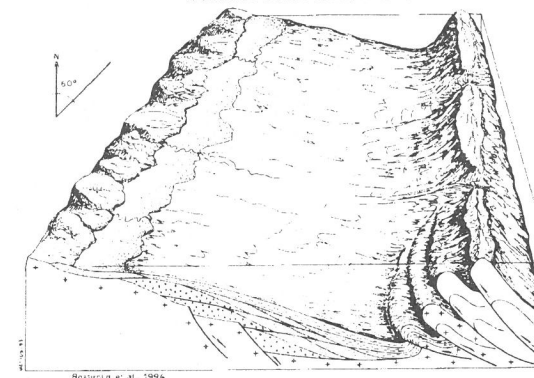


Fig. 6

Representação esquemática da deposição plataforma da sequência inferior. Schematic representation of shelf lower sequence.

observar que embora a subsidência tenha continuado após a deposição dos turbiditos, a simultaneidade entre altas taxas de sedimentação e de acomodação favoreceu a formação de espessos depósitos pelíticos de água profunda, que cobriram em *onlap* o bloco de antepaís. Na fase final de evolução da bacia, a diminuição do espaço disponível e o aumento do aporte devido ao aquecimento regional causaram a deposição de leques deltaicos provenientes da faixa orogênica, representando a fase de assoreamento.

Após a deposição, a bacia sofreu a principal deformação compressional, com magnitude crescente próximo ao cinturão. Indicadores cinemáticos indicam uma rotação horária das estruturas, compatível com movimentação reversa evoluindo para dextral nesta zona de falha principal. A segunda fase condicionou a inversão distensional do campo de tensões durante a relaxação pós-orogênica.



Fig. 7

Representação esquemática da deposição turbidítica. Schematic representations of turbiditic deposition.

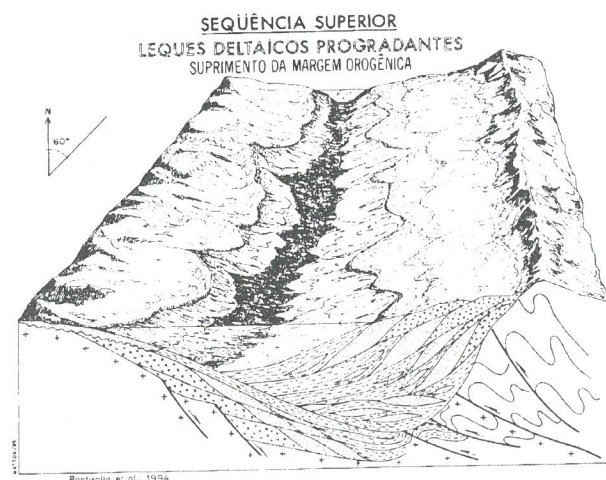


Fig. 8

Representação esquemática da deposição da sequência superior. Schematic representation of the upper sequence deposition.

O COMPLEXO TURBIDÍTICO DE APIÚNA

A seção mapeada (figura 09) corresponde a um complexo turbidítico (cf. o modelo de MUTTI & NORMARK, 1991) - uma unidade de sedimentação afetada por variações bruscas no perfil de equilíbrio da bacia (formação de discordâncias), produzidas por variações eustáticas de 3ª ordem ou atividade tectônica, cuja deposição ocorreu durante 10^6 a 10^7 anos. As associações de fácies mapeadas podem corresponder tanto a estágios como a sistemas turbidíticos, que representam variações menores sem a formação de discordâncias regionais, com deposição em torno de 10^4 a 10^5 anos. Utilizando a terminologia da estratigrafia de seqüências (e.g. POSAMENTIER & VAIL, 1988), tais unidades poderiam ser classificadas em seqüências deposicionais de 2ª e 4ª ordens, respectivamente.

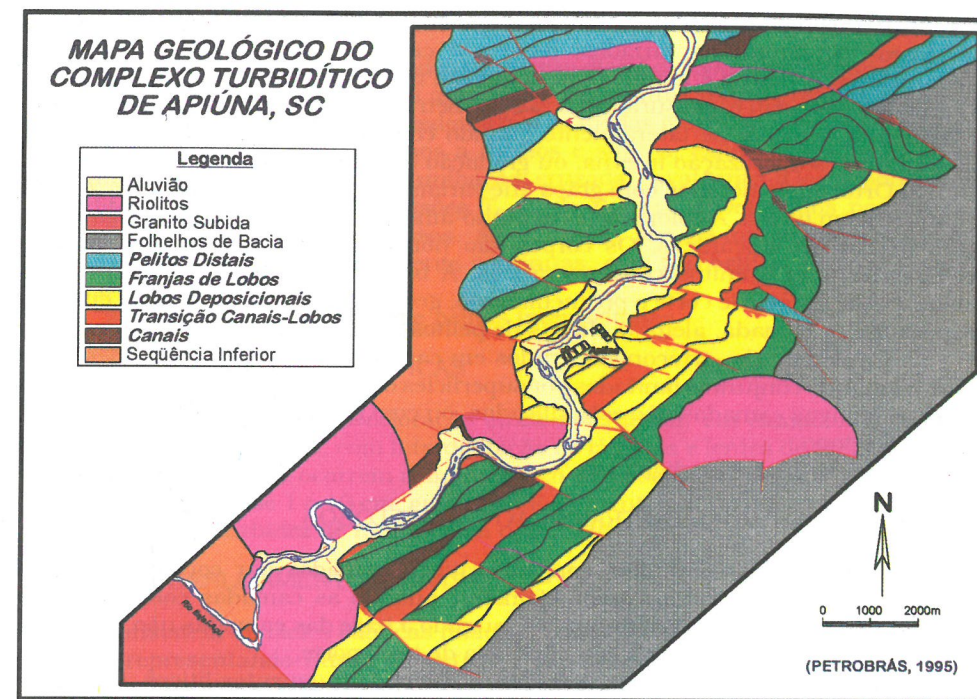


Fig. 9

Mapa geológico do Complexo Turbidítico de Apiúna. Geologic map of the Apiúna Turbiditic Complex.

Os critérios utilizados para a definição das associações de fácies (aplicados anteriormente nas rochas do Grupo Itajaí por MORA et al., 1993 e ROSTIROLLA et al., 1994) foram a distribuição espacial e os tipos de fácies gravitacionais incluídas nos mesmos tratos de fácies (cf. o modelo de MUTTI et al. 1992). De acordo com estes autores, as características texturais, as estruturas sedimentares e, mais importante, a relação espacial entre as fácies caracteriza a posição no ambiente de deposição turbidítico. Assim, a partir da descrição de afloramentos com base nos critérios de MUTTI et al. (1992), foi possível determinar a gênese das associações de fácies, discriminadas neste trabalho como: canal, transição canais-lobos, lobos e franjas de lobos deposicionais, bem como os depósitos de *slumps* e pelíticos associados.

Durante a caracterização destas associações foi considerado o predomínio de uma determinada fácies em detrimento de outras, embora estas também pudessem estar presentes. Portanto, em qualquer região mapeada como uma associação específica podem ser encontradas as outras fácies, o que é válido para todo o conjunto mapeado.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DE CANAL

Depósitos de granulometria muito grossa, normalmente conglomeráticos, divididos em três tipos principais, intercalados a fácies finas.

1. Paraconglomerados com ausência de erosão basal significativa, compostos por clastos de tamanhos variados, de 2 a 5 cm em média, desde angulosos a arredondados. A matriz é lamítica, ou composta de arenito muito fino acinzentado. As camadas possuem espessura métrica e geometria tabular em escala de afloramento, tendem a acunhar-se lateralmente quando comparados vários afloramentos, e apresentam desorganização interna, ou gradação inversa incipiente.

2. Ortoconglomerados com grãos que variam de grânulos a seixos com 2-3 cm de diâmetro em média. A coloração é castanho-amarelada, sendo comum fragmentos líticos de rochas vulcânicas. Os corpos são normalmente lenticulares e gradam lateralmente para arenitos conglomeráticos. A base das camadas é erosiva, com constância de feições de corte e preenchimento, gradação normal na base ou em toda a espessura da camada, além de clastos de pelitos e fragmentos líticos dispersos.

3. Camadas de ortoconglomerados em camadas pouco espessas, menos de 0,5 m, formando conjuntos limitados por superfícies erosionais. A organização interna é variável, com as camadas não estratificadas, ou com gradação inversa à normal, da base para o topo.

4. Fácies finas interdigitadas.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DE TRANSIÇÃO CANAIS-LOBOS

Conglomerados e arenitos conglomeráticos formados por correntes de alta densidade, que representam canais efêmeros, quando as camadas contêm erosão basal, ou lobos deposicionais confinados, quando a base das camadas não é erosiva. Correspondem a depósitos de baixa eficiência de transporte.

1. Arenitos conglomeráticos com abundância de fragmentos líticos, formando conjuntos de corpos lenticulares amalgamados. São comuns níveis contendo tapetes de tração formados por grânulos e seixos concentrados. A estratificação interna é plano-paralela, com níveis centimétricos apresentando gradação inversa incipiente.

2. Arenitos conglomeráticos maciços, ou com gradação normal bem marcada, podendo conter clastos de pelitos dispersos e estruturas de escapes de fluidos. De modo subordinado ocorrem arenitos médios a grossos não gradados.

3. Arenitos conglomeráticos com estratificação plano-paralela, ou cruzada tabular tangencial (*mega-ripples*), de ocorrência bastante localizada comparando-se aos outros tipos faciográficos desta associação.

4. Fácies finas interdigitadas.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DE LOBOS DEPOSICIONAIS

Seqüências espessas de arenitos finos a médios amalgamados, representando fácies de alta eficiência, não canalizadas e de geometria lenticular plano-convexa.

1. Arenitos finos a grossos subarcoseanos, contendo níveis conglomeráticos com gradação normal na base. Pode apresentar gradação normal, ou conter laminação cruzada cavalgante em toda a espessura da camada. As camadas de granulometria mais fina podem conter tapetes de tração com grânulos ou areia grossa. São fácies semelhantes à divisão B de Bouma, embora de moda granulométrica um pouco mais grossa.

2. Arenitos finos a médios, maciços ou com estruturas de escape de fluidos. Localmente ocorrem arenitos em camadas gradadas com clastos de pelitos dispersos. As camadas são localmente erosivas, com base tabular contendo clastos de pelitos.

3. Turbiditos clássicos e pelitos interdigitados.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DE FRANJAS DE LOBOS

Seções de ritmitos depositados na porção distal de lobos deposicionais. Chama a atenção o fato desta associação apresentar espessuras muito grandes em comparação com as associações onde predominam as modas granulométricas areia e seixo.

1. Ritmitos de arenitos finos a médios e siltitos, exibindo gradação normal, estratificação plano-paralela e laminação cruzada cavalgante. Correspondem aos turbiditos clássicos, com as divisões T_{c-d-e} de Bouma, envelopados por níveis de folhelhos e siltitos pouco espessos. As camadas são da ordem de centímetros, comumente tabulares e lateralmente contínuas, com turboglifos, marcas de sobrecarga e escavação na base.

2. Arenitos finos a médios e pelitos interdigitados.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES PELÍTICAS

Siltitos laminados de coloração cinza-esverdeada, em camadas com poucos centímetros de espessura, com interdigitação de lâminas e lentes de areia muito fina. Com menor frequência ocorrem ritmitos siltico-argilosos agrupados em conjuntos de lâminas com cerca de 1 a 10 cm, gradadas. Representam intervalos interturbidíticos, ou correntes de turbidez de muito baixa densidade.

FÁCIES DE DESLIZAMENTO INDIVISAS

Consistem de fácies caóticas relacionadas principalmente com as fácies canalizadas, representando fluxos de detrito e hiperconcentrados. Na área não ocorre unidade composta exclusivamente por tais fácies, sendo descritos somente pontos isolados.

1. Camadas contorcidas de lamitos, com forma lenticular e contendo injeções de arenitos e seixos das fácies areno-conglomeráticas da associação de canal. A estrutura interna, a espessura e a granulometria são variadas, normalmente ocorrendo brechas intraformacionais com fragmentos angulares a subangulares desordenados.

2. Blocos ou clastos de diâmetro métrico, isolados ou associados com clastos menores. A matriz é geralmente de pobre seleção, mostrando uma distribuição bimodal a polimodal e predominância da fração granulométrica areia. Quando os clastos são de folhelhos e siltitos é comum uma deformação plástica induzida por tectonismo sin-deposicional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aparente complexidade na distribuição dos depósitos, a intensa deformação pós-deposicional e a ausência de dados de subsuperfície dificultam uma interpretação estratigráfica definitiva, possibilitando apenas levantar hipóteses acerca do empilhamento. No entanto, as relações estratigráficas observadas no Complexo Turbidítico corroboram a deposição numa bacia *foreland*, com forte controle tectônico.

Na porção centro-norte da área mapeada, a constância de lobos deposicionais é sugestiva de depósitos tipo I (MUTTI, 1985) ou leques de bacia (*basin-floor fan*; POSAMENTIER & VAIL, 1988). Nos setores nordeste e central da área, observa-se com mais frequência a inter-relação entre associações de lobos e de transição canais-lobos, o que permite inferir um padrão deposicional semelhantes aos sistemas tipo II, ou leques de talude (*slope-fans*). No setor centro-sudoeste encontram-se interdigitadas

as associações de canal e de franjas de lobos, sugerindo que estas correspondem a sistemas turbidíticos do tipo III, ou cunhas de talude (*slope-wedges*).

É importante observar que a existência de sistemas tipo III no setor centro-sudoeste, tipo II na parte central e tipo I na porção centro-norte da bacia pressupõem uma deposição de SW para NE. Tal situação pode sugerir uma aparente incompatibilidade entre o empilhamento e a orientação das paleocorrentes medidas, de NE para SW (ROSTIROLLA, 1991; RIGON, 1993). Entretanto, isto significa que a deposição dos turbiditos teve um forte controle tectônico e o seu empilhamento difere dos modelos tradicionais, principalmente daqueles reconhecidos em bacias que registram um controle eustático durante a deposição de leques submarinos.

Durante a deposição do Grupo Itajaí, devem ter ocorrido modificações no perfil de equilíbrio, em escala de tempo e magnitude que não correspondem à ordem de grandeza das oscilações eustáticas (principalmente aquelas registradas em depósitos de água profunda). Nesse contexto, é improvável que a variação do nível do mar represente o fator controlador para a sedimentação dos leques turbidíticos. Os principais condicionantes devem ter sido as modificações bruscas na taxa de suprimento e o basculamento do substrato, este último em decorrência da deformação sin-deposicional e do transporte tectônico e soerguimento na área orogênica adjacente.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à PETROBRÁS devido à troca de idéias referentes ao Grupo Itajaí e à autorização para publicar o mapa geológico do Complexo Turbidítico, em especial aos geólogos Marco A. S. Moraes, Carlos Jorge Abreu e Eduardo Borges, e também à UFPR, pelo apoio técnico e operacional. Do mesmo modo, agradecem ao geólogo João Carlos Biondi pela contribuição dada em trabalhos de campo, ao desenhista Otto Laurentino do Departamento de Geologia da UFPR e ao revisor Mário Luís Assine, bem como a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. de. Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. *Boletim n. 241, DNPM/Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 36 p, 1967.
- APPI, C. J. The Late Precambrian Itajaí Group. In: SEVENTH GOND. SYMP., Field Excursion A2, São Paulo. Guide Book, São Paulo, p1-2, 1988.
- _____. *Análise estratigráfica da seção metassedimentar do Grupo Itajaí no estado de Santa Catarina*. Rio de Janeiro, 1992. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 119 p, 1992.
- _____. ; SOUZA CRUZ, C. E. Estratigrafia de seqüências na Bacia do Itajaí. In: CONG. BRAS. GEOL., (36.: 1990 : Natal) *Anais...* Natal, SBG. v. 1, 1990. p. 93-106.
- _____. ; _____. et al. Modelo deposicional dos turbiditos do Proterozóico Superior do Grupo Itajaí - SC. In: SIMP. SIST. DEPOS. PREC. (1987 : Ouro Preto) *Anais...* Ouro Preto, SBG/MG. bol. 06, 1987. p. 31-46.
- BASEI, M. A. S. *O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina*. São Paulo, 1985. Tese de doutoramento. Universidade de São Paulo, 1985. 193p, 1985.
- _____. ; KAWASHITA, K. ; SIGA JR., O. Idade, características litoestratigráficas e estruturas do Grupo Itajaí - SC. In: SIMP. SUL-BRAS. GEOL. (3. : Curitiba : 1987. *Atas...* Curitiba, SBG/PR. v.1, p.93-106, 1987.
- DUTRA, E. B. Reconhecimento topográfico e geológico no estado de Santa Catarina. In: BRASIL, MME, DNPM. *Boletim n. 21*, p. 31-56, 1926.
- KAUL, P. F. T. ; COITINHO, J. B. L. ; ISSLER, R. S. O episódio Campo Alegre. In: CONG. BRAS. GEOL., (32. : Salvador : 1982) *Anais...* Salvador, SBG.v.1, 1982. p.47-54.
- KREBS, A. S. J. ; LOPES, R. C. ; CAMOZZATO, E. Caracterização faciológica do Grupo Itajaí na folha Botuverá (SC). In: CONG. BRAS. GEOL., (36. : Natal : 1990). *Anais...* Natal, SBG. v. 1, 1990a. p. 82-92.
- _____. et al. O Grupo Itajaí na folha Botuverá (SC). Modelo geométrico-cinemático e relações com o Cinturão Granulítico e Cinturão Metavulcano - Sedimentar Brusque: instalação, preenchimento e inversão da bacia. In: CONG. BRAS. GEOL., (36. : Natal : 1990) *Anais...* Natal, SBG. v.6, 1990b. p.2966-2975.
- MAACK, R. Breves notícias sobre os estados de Santa Catarina e Paraná. *Arquivo de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v.2, p.65-154, 1947.
- MACEDO, M. H. F. ; BASEI, M. A. S. ; BONHOME, M. G. ; KAWASHITA, K. Dados Geocronológicos Referentes às Rochas Metassedimentares do Grupo Itajaí (SC). *Rev. Bras. Geoc.*, v.14, n.1, p.30-34, 1984.
- MANTOVANI, M. S. M. et al. Modelo gravimétrico das principais descontinuidades crustais nos terrenos precambrianos dos estados do Paraná e Santa Catarina, *Rev. Bras. Geoc.*, v.19, n.3, p.367-374, 1990.
- MORA, S. e colaboradores. Relazione di Tirocino: Stratigrafia fisica e analisi di facies del Complesso Torbiditico di Itajaí, Gruppo Itajaí (Proterozoico superiore). PETROBRÁS/DEPEX/DISUL, *Relatório Interno*, 1993. 29pp.
- MUTTI, E. Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In: ZUFFA, G. ed. *Provenance of Arenites*. D. Reidel Publ. Corp., p. 65-93, 1985.
- MUTTI, E. & NORMARK, W. R. An integrated approach to the study of turbidite systems. In: WEIMER, P. & LINK, H. eds. *Seismic Facies and Sedimentary Process of Submarine Fans and Turbidite Systems*, Springer-Verlag, 75-106, 1991.
- MUTTI, E. et al. *Turbidite Sandstones*. AGIP/Instituto di Geologia-Università di Parma, editado por Amilcare Pizzi S.p.A., Milan, 275 p. 1992.
- PETROBRÁS Mapa Geológico do Complexo Turbidítico de Apiúna, Grupo Itajaí, SC (Escala 1:25.000). PETROBRÁS/CENPES/DIGER. *Relatório Interno (inédito)* - Março/1995, 14 p.
- POSAMENTIER, H. W. ; VAIL, P. R. Eustatic Controls on Clastic Deposition II - Sequence and Systems Tract Models. *SEPM. Sp. Publ.*, n.42, p.125-154, 1988.
- RIGON, F. C. *Petrologia e Proveniência dos Arenitos Turbidíticos da Bacia de Itajaí*. Ouro Preto: UFOP, 1993. Dissertação de Mestrado.
- ROSTIROLLA, S. P. *Tectônica e Sedimentação da Bacia do Itajaí, SC*. Dissertação de Mestrado. UFOP. 1991. 132 p.
- _____. ; ALKMIM, F. F. ; SOARES, P. C. O Grupo Itajaí, SC, Brasil: exemplo de sedimentação em uma bacia flexural de antepaís. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v.6, n.3/4, p.109-122, 1992a.
- _____. ; SOARES, P. C. ; ALKMIM, F. F. Análise Estrutural da Tectônica Deformadora da Bacia do Itajaí, SC, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v.6, n.3/4, p.123-148, 1992b.
- _____. ; APPI, C. J. ; AZAMBUJA F, N. C. Roteiro de Campo do Grupo Itajaí - SC. Curso Interno PETROBRÁS/CEN-SUD, 75 p, 1994.
- SALAMUNI, R. ; BIGARELLA, J. J. ; TAKEDA, F. K. Considerações sobre estratigrafia e tectônica da Série Itajaí. *Bol. Paran. de Geogr.*, v.4, n.5, p.188 - 201, 1961.
- SCHULZ JR., A. ; ALBUQUERQUE, L. F. F. ; RODRIGUES, C. S. Geologia da Quadrícula de Florianópolis, SC. DNPM. Porto Alegre, Brasil, 75 p., 1970.
- SILVA, L. C. Geologia do Precambriano/Eopaleozóico de Santa Catarina. In: SILVA, L. C. ; BORTOLUZZI, C. A. eds. *Texto explicativo para o mapa geológico do estado de Santa Catarina*. Escala 1:500.000. DNPM/CRM-SC. p. 12-90, 1987.
- _____. ; DIAS, A. A. Projeto Timbó-Barra Velha, Brasil. Convênio DNPM/CPRM. Porto Alegre. 282 p., 1981.
- SOARES, P. C. Tectônica Colisional em torno do Bloco Paraná, Brasil. In: CONG. LATINO-AMERICANO GEOL., 7, Belém-PA, Brasil. *Anais...* Belém, SBG. v.1, p. 63-79, 1988.

VAN WAGONER, J. C. *et al.* An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. *SEPM. Sp. Publ.*, n.42, p.39-45, 1988.

Avaliação De Áreas Permeáveis E Impermeáveis Como Subsídio Ao Planejamento De Sistemas De Áreas Verdes Urbanas: Aplicação A Curitiba - Paraná

*Evaluation of permeable and impermeable areas
as a support to urban green area systems planning:
application in Curitiba - Paraná*

Leticia Peret Antunes Hardt*
Miguel Serediuk Milano**

RESUMO

Com a finalidade de verificar a relação entre o ambiente urbano e as áreas permeáveis, a pesquisa, através da avaliação de Curitiba como estudo de caso, descreve a situação da cidade, desenvolve procedimentos a nível de métodos e técnicas e fornece subsídios ao processo de planejamento de sistemas de áreas verdes. Por amostragem, através de fotointerpretação, foram estimadas as áreas permeáveis e impermeáveis com resultados expressos em totais para Curitiba e por zonas e compartimentos relacionados às suas áreas e às suas populações, os quais foram analisados em dois contextos: específico, onde são verificadas as correlações das áreas levantadas com a ocupação do solo e com a densidade demográfica; e de síntese, que estabelece as inter-relações entre estas mesmas áreas.

ABSTRACT

Soil permeability in urban areas is usually linked to natural spaces, denoting - most of the times - improved standards of environmental quality. Many of the permeable areas are green areas. Based on the assumption that green areas are always associated with environmental quality-related attributes, and considering their actual benefits, this research involves procedures to improve urban environment conditions, which may be beneficial in terms of city and green area planning. Thus, the general objective was to study the relation between urban environment and urban green areas. As a matter of fact, the idea was to describe the current situation in Curitiba, a city known worldwide for its experiences in urban and environmental planning, which at the same time, has an outstanding amount of green areas; to develop methods and techniques; and to support the process of urban planning and green area systems.

* Arquiteta e Urbanista, M. Sc. Professora dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Paraná e da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Doutoranda pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná na Área de Concentração de Conservação da Natureza / Linha de Pesquisa de Arborização Urbana.

** Engenheiro Florestal, M. Sc., Dr. Professor Orientador no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná na Área de Concentração de Conservação da Natureza.