



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



CARACTERIZAÇÃO DOS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO IRATI, NEOPERMIANO
(KAZANIANO) DA AMÉRICA DO SUL.

MÁRCIO PROVENCI

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO



Universidade Federal de Pelotas

Campus Universitário s/nº
Caixa-postal 354 CEP 96010-900
Pelotas – RS – Brasil

2007

MÁRCIO PROVENCÍ

CARACTERIZAÇÃO DOS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO IRATI, NEOPERMIANO
(KAZANIANO) DA AMÉRICA DO SUL.

Monografia apresentada como um dos requisitos ao grau de Bacharel em Ciências Biológicas, área de concentração em Meio Ambiente do Curso de Ciências Biológicas do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Figueiredo Dornelles

Pelotas
Estado do Rio Grande do Sul - Brasil
Agosto, 2007

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr José Eduardo Figueiredo Dornelles.

Biólogo – Doutor em Geociências – UFRGS.

Professor Adjunto IV do Departamento de Zoologia e Genética, Instituto de Biologia/UFPeI.

Prof. Dr César Jaeger Drehmer.

Biólogo – Doutor em Biologia Animal – UFRGS.

Professor Adjunto I do Departamento de Zoologia e Genética, Instituto de Biologia/UFPeI.

Prof. M. Sc. Clóvis Campos Alt.

Oceanógrafo – Mestre em Aqüicultura – UFSC.

Professor Adjunto IV do Departamento de Zoologia e Genética, Instituto de Biologia/UFPeI.

*Aos meus pais
Gervásio Provenci e
Ana Orfila Bordignon Provenci,
Com muita admiração,
Carinhosamente, dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente aos meus pais pelo incentivo, amparo e confiança, e também pelos ensinamentos não científicos, mas tão ou mais importantes que estes. A eles dedico esta conquista.

Ao caríssimo Dr. José Eduardo Figueiredo Dornelles, pelo exemplo de professor, pesquisador, agradeço pela orientação, paciência, dedicação, confiança, incentivo e, pelos ensinamentos disponibilizados durante o tempo de convivência.

Ao meu irmão Rodi pela confiança e incentivo em mim depositado, agradeço imensamente.

À minha tia Ir. Lourdes Provenzi que esteve presente, participando sempre muito próxima desta minha permanência em Pelotas.

À minha namorada Jacqueline por fazer parte da minha vida, por ser a pessoa maravilhosa que é, e também pelo incentivo e apoio.

Aos demais familiares que de uma forma ou outra me ajudaram a vencer esta etapa.

Aos amigos do condomínio Jardins do Sul André Oldoni, Cyrano Cardoso Busato e Luciano de Pinho Martins, com quem tive o prazer de compartilhar espaço, agradeço pelo incentivo a continuar nos momentos em que eu pensei até em desistir.

Aos amigos da Casa do Estudante, quarto 310, com quem convivi na parte final do curso, o meu agradecimento.

À amiga Dávia Marciana Talgatti por sempre me lembrar, mesmo estando longe, que eu precisava terminar a monografia.

Aos demais amigos e colegas que tive a felicidade de conhecer durante a graduação e que certamente serão inesquecíveis, agradeço pelo estímulo, momentos de descontração e por terem me suportado durante todo esse tempo.

Ao projeto Xisto Agrícola da EMBRAPA CLIMA TEMPERADO / SIX - PETROBRAS pela concessão da bolsa de iniciação científica no ano de 2006.

Resumo

Após dois anos de coletas sistemáticas dentro da atividade de resgate fóssilífero nas áreas de mineração da Unidade de Beneficiamento do Xisto (SIX – PETROBRAS) foi possível a realização de um trabalho de caracterização da mesma, com o intuito de torná-la mais dinâmica em atividades de consulta e curadoria de atualização. O caráter acadêmico dessa monografia forçou também um breve exercício de revisão da estratigrafia do Permiano da Bacia do Paraná. Além disso, foi de inestimável importância, o comentário de todo o conteúdo da paleodiversidade dos grupos, formações e membros dessa bacia. Da mesma forma que a paleodiversidade foi comentada e detalhada, uma visão dos principais paleoambientes baseada nos últimos 20 anos de pesquisa em estratigrafia de seqüência, tanto da PETROBRAS como do Instituto de Geociências da UFRGS, também foi apresentada, e nos dá a devida visão do aporte de seus sedimentos continentais e marinhos de 230 milhões de anos de idade. Sob o aspecto paleozoológico, a caracterização sistemática dos principais grupos de fósseis da Formação Irati, corrobora a importância dessa Bacia e de suas respectivas formações, para o entendimento da evolução tanto dos paleoambientes como da diversidade animal e vegetal da América do Sul.

Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa: áreas de afloramento da Formação Irati	12
Figura 2 – Escala de tempo geológico	13
Figura 3 – Local de procedência dos fósseis; área de mineração do xisto – SIX / PETROBRAS – São Mateus do Sul (PR)	15
Figura 4 – Amostra de “xisto retortado”	15
Figura 5 – Mapa: Bacia do Paraná.....	17
Figura 6 – Corte típico da Formação Irati em São Mateus do Sul (PR)	23
Figura 7 – Representação gráfica da zona de amplitude de restos de mesossauros denominada Zona Mesosauridae (ZM)	24
Figura 8 – O paleoambiente da Formação Irati no período das transgressões marinhas	29
Figura 9 – As tempestades de inverno na Bacia do Paraná	33
Figura 10 - Reconstituição de mesossauros em seu habitat.....	34
Figura 11 – Ilustração de <i>Pygaspis</i>	37
Figura 12 – Ilustração de Paleoniscidae	38
Figura 13 – Restos articulados de paleoniscídeos; em (A) escamas isoladas; em (B) aglomerado de escamas	40
Figura 14 – Crânio de <i>Mesosaurus</i> ; (A) vista dorsal; (B) vista lateral.....	43

Figura 15 – Esqueleto articulado de <i>Mesosaurus</i>	44
Figura 16 – Comparação entre crânio e pescoço das três espécies brasileiras de mesossaurídeos.....	46
Figura 17 – Relação entre tafonomia, suas divisões e os eventos responsáveis pela origem das concentrações fossilíferas	47
Figura 18 – Diferentes graus de preservação de mesossauros	48
Figura 19 – As Três classes tafonômicas estabelecidas para os diferentes graus de preservação dos mesossauros na Formação Irati.....	50
Figura 20 – Secções transversais do Mar Irati (a,b,c,d,e) mostrando a relação entre as diferentes fácies e os processos que atuaram na formação da tafocenose dos mesossaurídeos.....	54

SUMÁRIO

Resumo
Lista de Figuras.....
Sumário.....
1- Introdução.....	11
1.1- Geologia Sedimentar	16
1.1.1- A Bacia do Paraná	16
1.1.1.1- Grupo Paraná.....	18
1.1.1.1.1- Formação Furnas	18
1.1.1.1.2- Formação Ponta Grossa	18
1.1.1.2- Grupo Itararé.....	19
1.1.1.2.1- Formação Rio do Sul.....	19
1.1.1.2.2- Formação Mafra.....	19
1.1.1.2.3- Formação Campo do Tenente	19
1.1.1.3- Grupo Guatá	20
1.1.1.3.1- Formação Palermo.....	20
1.1.1.3.2- Formação Rio Bonito.....	20
1.1.1.3.2.1- Membro Siderópolis	20
1.1.1.3.2.2- Membro Paraguaçu.....	20
1.1.1.3.2.3- Membro Triunfo	21
1.1.1.4- Grupo Passa Dois	21
1.1.1.4.1- Formação Irati	21
1.1.1.4.1.1- Membro Taquaral	21
1.1.1.4.1.2- Membro Assistência	21
1.1.1.4.2- Formação Serra Alta	22
1.1.1.4.3- Formação Estrada Nova	22
1.1.1.4.3.1- Fácies Teresina.....	22
1.1.1.4.3.2- Fácies Serrinha	22
1.1.1.4.4- Formação Rio do Rastro	22
1.1.2- A Formação Irati.....	23
2- Material e Método.....	26
3- Resultados e Discussão	28

3.1- O Paleoambiente da Formação Irati	28
3.2- Grupos Fósseis da Formação Irati	35
3.2.1- Artrópodes.....	35
3.2.1.1- Classe Crustacea	35
3.2.1.1.1- Subclasse Malacostraca	36
3.2.1.1.1.1- Superordem Peracarida	36
3.2.2- Peixes Fósseis da Formação Irati	37
3.2.2.1- Paleoniscídeos	37
3.2.2.2- Celacantídeos	40
3.2.3- Mesosauridae.....	41
3.2.3.1- Tafonomia dos Mesossaurídeos	47
3.2.3.1.1- Interpretações Bioestratinômicas	51
3.2.3.1.2- Evidências sedimentológicas	51
3.2.3.1.3- Ciclo de formação das classes tafonômicas	52
3.2.3.1.4- Tafofácies.....	52
4- Considerações Finais	55
5- Referências.....	57

1- Introdução

Os afloramentos fossilíferos da Formação Irati ocorrem em praticamente toda a extensão da Bacia do Paraná. Sua importância deve-se à riqueza da paleoflora e da paleofauna, que se acham preservadas em seu interior.

Em 1908 White realizou o primeiro estudo sistemático da Bacia do Paraná, e este foi amplamente aceito pela comunidade geológica, no estabelecimento da coluna referente às rochas gondwânicas do “Sistema de Santa Catarina”. Desta maneira a Formação Irati foi proposta como componente basal do então Grupo Passa Dois de idade permiana, e desde então tem sido objeto de vários estudos, algumas vezes divergentes e polêmicos, sem no entanto tirar sua importância, inicialmente de cunho geológico, e posteriormente de grandiosa magnitude paleontológica.

Este estudo pretende agrupar todos os dados e informações possíveis no que diz respeito aos fósseis da Formação Irati, Bacia do Paraná, mais precisamente os provenientes de São Mateus do Sul, região sudeste do Estado do Paraná (Fig.1) para assim compreender melhor a série de eventos ocorridos naquele espaço.

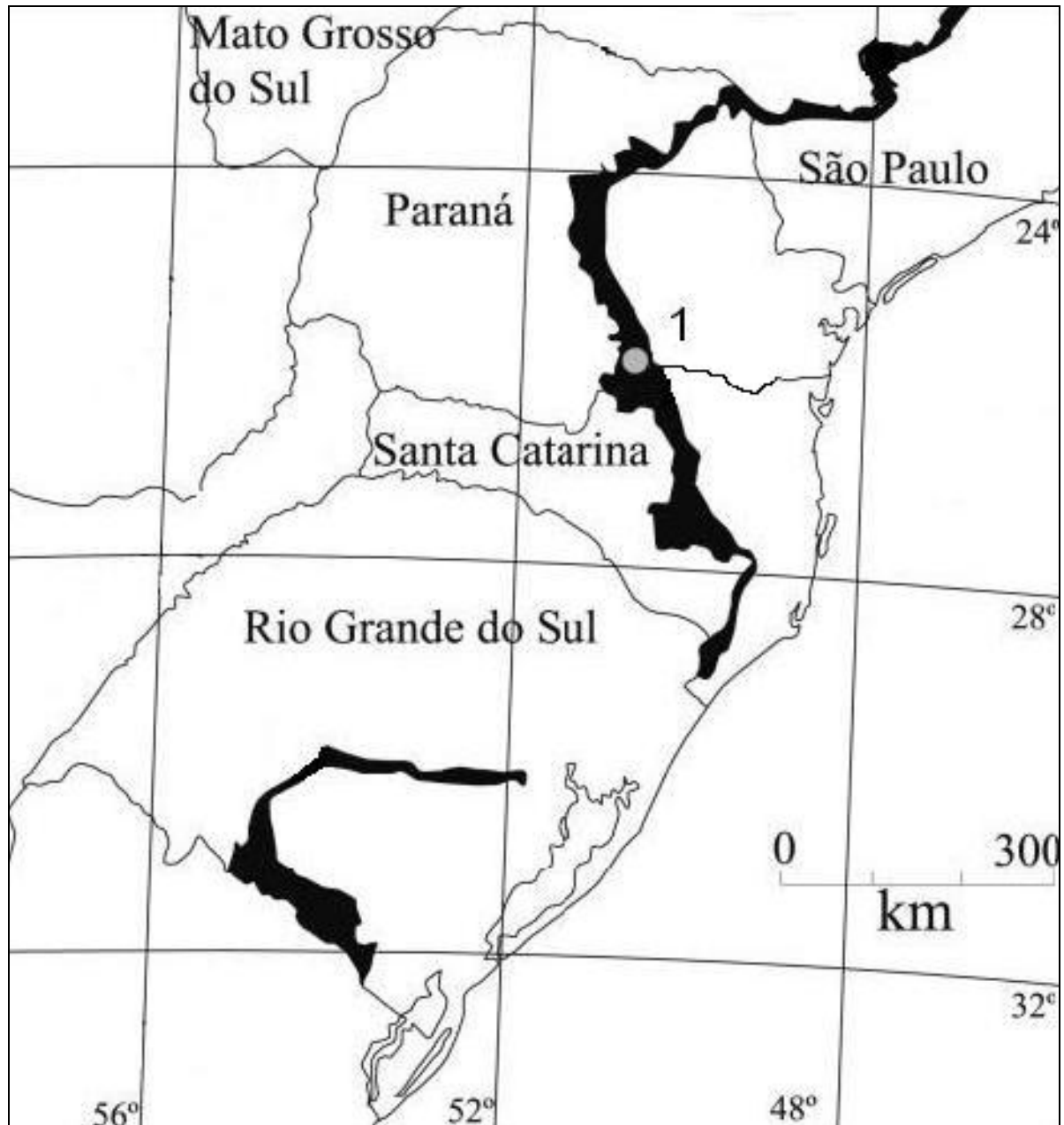


Fig. 1- Áreas de afloramento da Formação Irati, representadas em preto; Área de estudo (São Mateus do sul), representada pelo numero 1.
 Fonte: Modificado de Soares, (2003).

Geologicamente os sedimentos pertencem ao Permiano, Período da era Paleozóica do éon Fanerozóico, que está compreendido entre 299 milhões e 251 milhões de anos atrás, aproximadamente. O período Permiano sucede o período Carbonífero de sua era e precede o período Triássico da era Mesozóica de seu éon (Fig. 2). A topografia é ondulada e acidentada, os solos acinzentados/vermelhos ao norte e castanhos ao sul, tipo predominante de solo: podzólico vermelho amarelo, terras brunas, cambissolo e litólico.

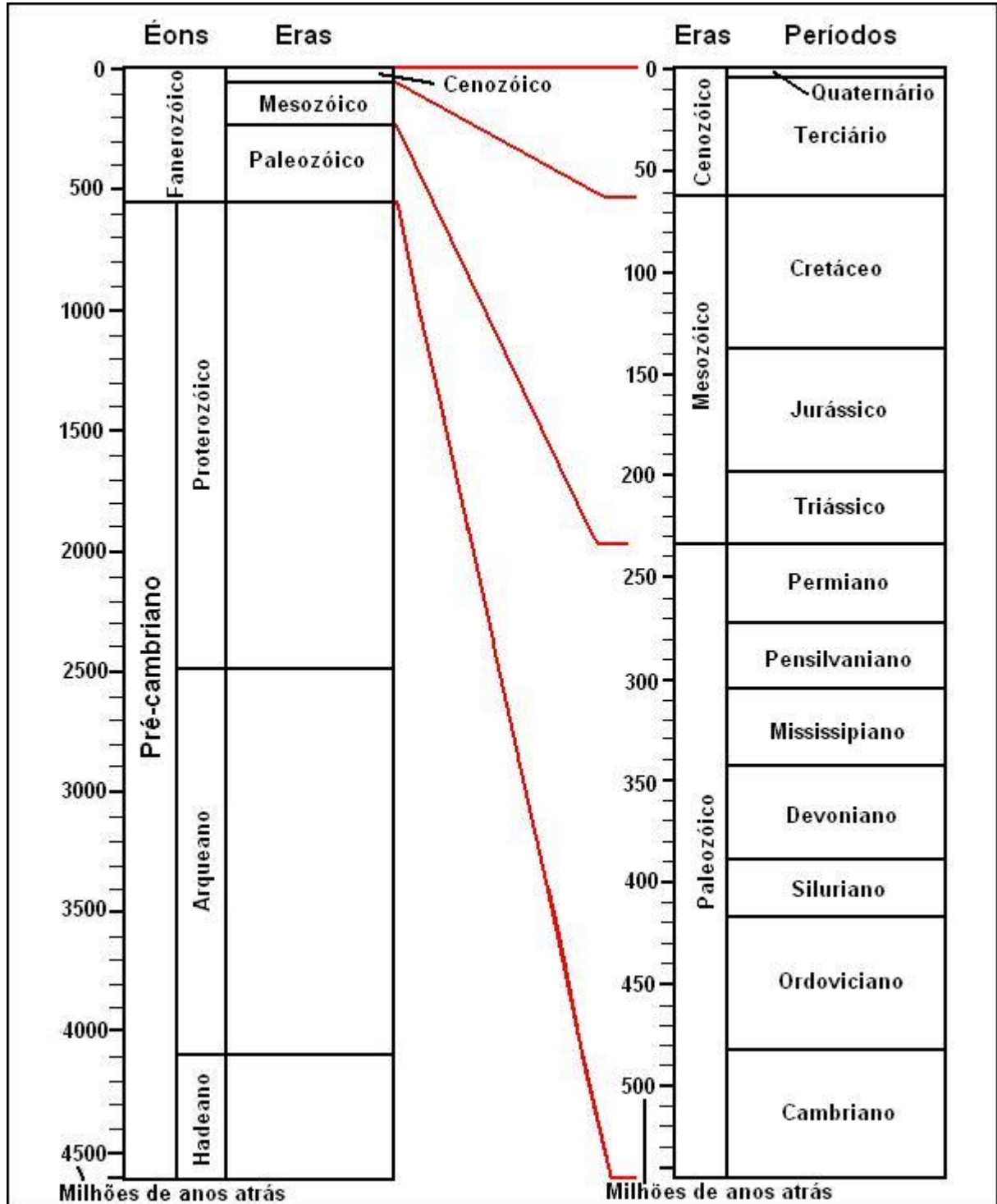


Fig. 2 – Escala de tempo geológico.
 Fonte: Modificado de: <http://geology.com>

A geologia e a paleontologia asseguram que a região, há mais de 250 milhões de anos, foi fundo de mar, e durante o Permiano, 95% da vida na terra desapareceu, devido a um evento conhecido como Extinção Permiana.

A partir dos achados fósseis, rochas podem ter datação relativa e pode-se fazer correlações entre rochas de locais distantes. Assim, a sucessão dos seres

vivos fossilizados até aos atuais pode ser melhor compreendida. Inversamente, com base na frase "o presente é a chave do passado" de Charles Lyell, a partir dos seres vivos atuais pode-se extrapolar algo sobre os fósseis, como o modo de vida, hábitos alimentares, locomoção, reprodução, dentre outros. A partir dos fósseis pode-se fazer correlações entre rochas de locais distantes.

A escolha da área de estudo deve-se à relativa facilidade de obtenção de fósseis devido à criação, da USINA PROTÓTIPO DO IRATI – UPI, em São Mateus do Sul, Paraná, pela PETROBRAS, em 1971 com o objetivo de comprovar a operabilidade do Processo PETROSIX através da Superintendência da Industrialização do Xisto (SIX), no qual desde 1954 a PETROBRAS trabalha para o aproveitamento do xisto brasileiro, através do desenvolvimento e consolidação de uma tecnologia já patenteada em vários países. Com a entrada em operação do Módulo Industrial, em dezembro de 1991, concluiu-se a última etapa de consolidação da tecnologia Petrosix. Atualmente, no complexo industrial de beneficiamento, em São Mateus do Sul, são processadas diariamente 7800 toneladas de xisto (PETROBRAS, 2007).

A principal característica da tecnologia desenvolvida pela PETROBRAS é a simplicidade operacional. Depois de minerado a céu aberto (Fig. 3), o xisto vai para um britador, que reduz as rochas a tamanhos que variam de 6 a 70 milímetros. Daí, estas são levadas a um reator, ou retorta, onde são pirolisadas a uma temperatura de aproximadamente 500 graus centígrados, liberando-se a matéria orgânica nelas contida sob a forma de óleo e gás. Terminado o processo, o xisto, agora dito "retortado" (Fig. 4), é devolvido à área minerada. (SUSIN, *et alii* 2002).



Fig. 3- Área de mineração do xisto – SIX/PETROBRAS- São Mateus do Sul (PR). Local de procedência dos fósseis.
Fotos: J.E.F. Dornelles (2006).



Fig. 4- Amostra de “xisto retortado”.
Foto: M. Provenci (2007).

O termo “xisto” é uma denominação usual, mas inadequada geologicamente. Deve ser classificado como folhelho ou siltito, que segundo Salvador (2001), vem a ser toda rocha sedimentar de granulação fina e natureza síltico/argilosa portadora de um hidrocarboneto complexo designado querogênio. Tem características próprias de

fissibilidade e desenvolve em sua estrutura processos peculiares de alteração físico-química quando exposto ao intemperismo. Resulta normalmente de deposição em ambientes aquáticos de baixa energia como lagos e mares calmos.

1.1- Geologia Sedimentar:

1.1.1- A Bacia do Paraná:

Das três grandes bacias sedimentares intracratônicas fanerozóicas brasileiras, esta é sem dúvida, a mais estudada e conhecida atualmente (as outras duas são a Bacia Amazônica e a Bacia do Parnaíba) (SOUZA, 2003).

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas. Localizada na porção sudeste do continente sul-americano, ocupa uma área de 1.600.000 km². A porção situada em território brasileiro apresenta cerca de 1.100.000 km² (Fig. 5), compreendendo os estados do Mato Grosso, Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, e parte dos estados de Minas Gerais e Goiás. O restante está distribuído pelo Paraguai, Uruguai e Argentina. O seu nome deriva do Rio Paraná, que corre paralelo ao seu eixo maior, numa direção NE-SO, por cerca de 1500 km, até defletir numa direção E-O, cruzando o Arco de Assunção e formando a fronteira entre Paraguai e Argentina (LISBOA, 2006).



Fig. 5- Mapa: Bacia do Paraná, segundo Milani, (1997).
 Fonte: Modificado de Souza e Ferreira, (2005).

Segundo Petri e Fúlfaro (1988), conglomerados polimíticos sub-horizontais que afloram na rodovia Castro-Tibagi, Estado do Paraná foram descritos por Maack em 1947 denominando-os Formação Iapó. A Formação Iapó assenta-se em discordância sobre as rochas do Grupo Castro, de idade pré-cambriana superior à eopaleozóica. Sua espessura não ultrapassa 16 metros.

Em discordância sobre a Formação Iapó encontra-se a sucessão litoestratigráfica conhecida como Grupo Paraná, a qual é subdividida nas formações Furnas e Ponta Grossa, sendo a primeira mais basal.

Para Petri e Fúlfaro (1988), a sucessão neopaleozóica da Bacia do Paraná é constituída por dois grupos: O inferior chamado Tubarão, e o superior Passa Dois.

O grande grupo Tubarão é dividido em dois subgrupos: Itararé e Guatá, neste trabalho denominados grupos.

Dessa forma a Bacia do Paraná inclui os seguintes grupos: Paraná, Itararé, Guatá e Passa Dois, os quais serão descritos a seguir segundo Petri e Fúlfaro (1988):

1.1.1.1- Grupo Paraná

Idade Devoniana.

1.1.1.1.1- Formação Furnas

Depositada em ambiente aluvial e litorâneo. Constituída por arenitos, de médios a grosseiros com estratificações cruzada e horizontal, subordinadamente arenitos conglomeráticos e siltitos esbranquiçados.

O solo é pouco espesso, com a rocha aflorando na forma de extensos lajeados que margeiam rios largos e rasos. São freqüentes as corredeiras e pequenas cachoeiras. A região é coberta por campos com matas de galeria, onde é freqüente a *Araucaria*.

1.1.1.1.2- Formação Ponta Grossa

Oriunda de depósitos litorâneos e de plataforma é composta de folhelhos sílticos a arenosos cinzentos, localmente betuminosos, com siltitos e arenitos muito finos, intercalados. Apresenta estruturas como laminação paralela, ondulada.

Na área de afloramentos do Estado do Paraná é possível distinguir três membros em bases litológicas, são eles: Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos.

1.1.1.2- Grupo Itararé

Idade Carbonífero-Permiano Inferior

1.1.1.2.1- Formação Rio do Sul

É essencialmente argilosa, constituída de folhelhos e argilitos cinza-escuros, ritmitos, arenitos finos e diamictitos. Laminação plano-paralela e estruturas *cone-in-cone* ocorrem em sedimentos argilosos. Marcas de sola, acamamento gradacional, laminações convolutas, plano-paralelas e cruzadas, marcas onduladas e estruturas de escorregamento são comuns nas camadas sílico-arenosas. Os intervalos arenosos exibem laminação cruzada, estruturas de escorregamento e estratificação irregular. A formação atinge 350 metros de espessura.

1.1.1.2.2- Formação Mafra

Constituída de esbranquiçados, amarelos e vermelhos de granulometria variada, ocorrendo desde arenitos finos, bem selecionados, com laminação ondulada e estratificação plano-paralela em espessos bancos, até arenitos médios e grossos, com estratificações cruzadas acanaladas e estruturas de escavações e preenchimento. Secundariamente são encontrados diamictitos, conglomerados, ritmitos e argilitos.

1.1.1.2.3- Formação Campo do Tenente

Constituída de argilito castanho-avermelhado, com laminação plano-paralela. Secundariamente ocorrem ritmitos e diamictitos de matriz arenosa, e localmente, na base, arenitos amarelados finos a médios, mal selecionados, com estratificações plano-paralelas e cruzadas acanaladas. A espessura é da ordem de 280 metros, sendo a porção mais basal do grupo.

1.1.1.3- Grupo Guatá

Idade Permiano Médio

1.1.1.3.1- Formação Palermo

Consiste de principalmente de siltitos arenosos, cinza-amarelados e esverdeados; localmente ocorrem arenitos finos a médios no topo e concreções com nódulos de sílex na base. A formação tem como característica a estrutura mosqueada produzida por ação de organismos escavadores. Lenticuridade e estrutura *flaser* são comuns nos leitos arenosos. Estruturas de sobrecarga, microlaminação cruzada, gretas de contração, estruturas de deformação por compactação e pelotas de argila também ocorrem. O argilo-mineral mais comum é a montmorillonita.

1.1.1.3.2- Formação Rio Bonito

Constituída, nos terços inferior e superior predominantemente por arenitos. No terço médio prevalecem siltitos e folhelhos contendo camadas de carvão, calcários e ocasionais intercalações de arenitos. Engloba os membros **Siderópolis, Paraguaçu e Triunfo.**

1.1.1.3.2.1- Membro Siderópolis, é composto por arenitos finos a muito finos do terço superior intercalados com leitos de argila, folhelhos carbonosos e desenvolvimento local de leitos de carvão. Predominam laminações plano-paralelas e onduladas e, às vezes, estratificações cruzadas de pequeno porte. Localmente ocorrem arenitos médios a grossos, com estratificações cruzadas de alto ângulo onde podem ocorrer restos de madeiras silicificadas.

1.1.1.3.2.2- Membro Paraguaçu, depositado em planície de marés e plataforma, é constituído por arenitos e siltitos, com intercalações de níveis calcários. Estruturas algálicas e de dissecação aparecem nas rochas carbonáticas. Apresenta laminação paralela como estrutura sedimentar predominante nos siltitos e folhelhos, com laminações onduladas e cruzadas nas camadas de arenito. A freqüente bioturbação encontrada pode mascarar as estratificações. Formado pelos sedimentos finos do terço médio.

1.1.1.3.2.3- Membro Triunfo constituído por arenitos finos a médios, localmente grossos no terço inferior, é caracterizado por abundantes estratificações cruzadas. Arenitos muito finos, siltitos, argilitos, folhelhos carbonosos, leitões de carvão e conglomerados ocorrem subordinadamente. Esta sucessão é restrita ao estado de Santa Catarina e parte do Paraná.

1.1.1.4- Grupo Passa Dois

Idade Permiano Superior

O grupo aflora em faixas estreitas e alongadas, situadas adjacentes e para dentro da bacia. A faixa oriental é contínua de São Paulo ao Uruguai, exceto na região de Araranguá-Torres, onde ela desaparece na plataforma continental. A faixa norte-ocidental é descontínua, dividida em duas relativamente pequenas: a do norte distribui-se ao sul de Goiás e pequeno trecho adjacente a Mato Grosso, e a do sul ocorre no Paraguai. Em outras palavras, o Grupo Passa Dois está ausente em Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Este grupo é constituído pelas formações Irati, Serra Alta, Estrada Nova e Rio do Rastro.

1.1.1.4.1- Formação Irati¹

Compreende os membros **Taquaral e Assistência**.

1.1.1.4.1.1- Membro Taquaral formado em plataforma rasa, constituído por argilitos e folhelhos cinzentos com laminação paralela.

1.1.1.4.1.2- Membro Assistência, depositado em bacia restrita, formado por folhelhos pretos, pirobetuminosos, com intercalações de calcário, e laminação paralela.

¹ Por constituir-se de maior importância e foco desta monografia, será descrita em maior detalhamento no capítulo 1.1.2;

1.1.1.4.2- Formação Serra Alta

Formada por siltitos cinza-escuros com fratura concóide e, na maior parte, sem estratificação visível. Nódulos calcários, cinzentos, eclípsoidais, ocorrem esporadicamente, com o eixo mais longo coincidindo com os planos de estratificação. Esta litologia ocorre de forma típica em Santa Catarina e no Paraná. Na realidade as litologias Irati e Serra Alta estão intimamente ligadas, ocorrendo sedimento do tipo Serra Alta, abaixo, no meio e acima na litologia Irati.

1.1.1.4.3- Formação Estrada Nova

Constituída por duas fácies que se interdigitam, denominadas, **Teresina** e **Serrinha**.

1.1.1.4.3.1- Fácies Teresina: é constituída por argilitos cinzento-escuros, siltitos cinzento-claros com grande número de intercalações de leitos lenticulares de calcário. A estratificação é ondulante.

1.1.1.4.3.2- Fácies Serrinha: é constituída predominantemente de camadas de arenito de granulações fina a média e de siltitos esverdeados, com desintegração esferoidal. A estratificação em geral é boa e a lenticularidade das camadas não é tão evidente quanto na formação seguinte (Rio do Rastro).

1.1.1.4.3. Formação Rio do Rasto

É constituída por arenitos e siltitos e, secundariamente por argilitos. Os arenitos formam lentes relativamente curtas, em geral com menos de três metros de espessura, podendo chegar a dez metros. Nos afloramentos há predomínio de cores vermelhas, podendo ocorrer tonalidades de chocolate, púrpura e verde. A estratificação é predominantemente horizontal, ocorrendo também estratificações cruzadas. Diastemas são freqüentes, com estruturas de escavação e preenchimento. Estruturas de sobrecarga são observadas às vezes no contato entre arenitos e siltitos. Marcas onduladas podem ocorrer. As zonas de sedimentação rítmica existentes, com espessura de dois a três metros, são constituídas por alternância de siltitos e arenitos, estes mais espessos. Os siltitos podem conter concreções calcárias.

1.1.2- A Formação Irati

A Formação Irati é composta por uma sucessão de folhelhos pirobetuminosos e não-betuminosos, argilitos com camadas carbonáticas, registro este que testemunha deposição em ambiente marinho. Um corte típico da Formação Irati em São Mateus do Sul (PR) é mostrado na figura 6 (Fig.6). Restos de mesossauros são abundantes em vários locais nesta formação, onde eles ocorrem preservados em espessas camadas, e exibindo vários graus de desarticulação de esqueleto (Fig. 7). A suposição básica é que estes répteis morreram e foram enterrados pela ação de tempestades sucessivas que aconteceram no Mar de Irati. O modelo tafonômico proposto refere-se a eventos repetidos de soterramento, erosão, retrabalhamento e redeposição de esqueletos no sedimento (SOARES, 2003).



Fig. 6- Corte típico da Formação Irati em São Mateus do Sul (PR). A linha em vermelho destaca a transição para a Formação Serra Alta.
Foto: J. E. F. Dornelles, (2006).

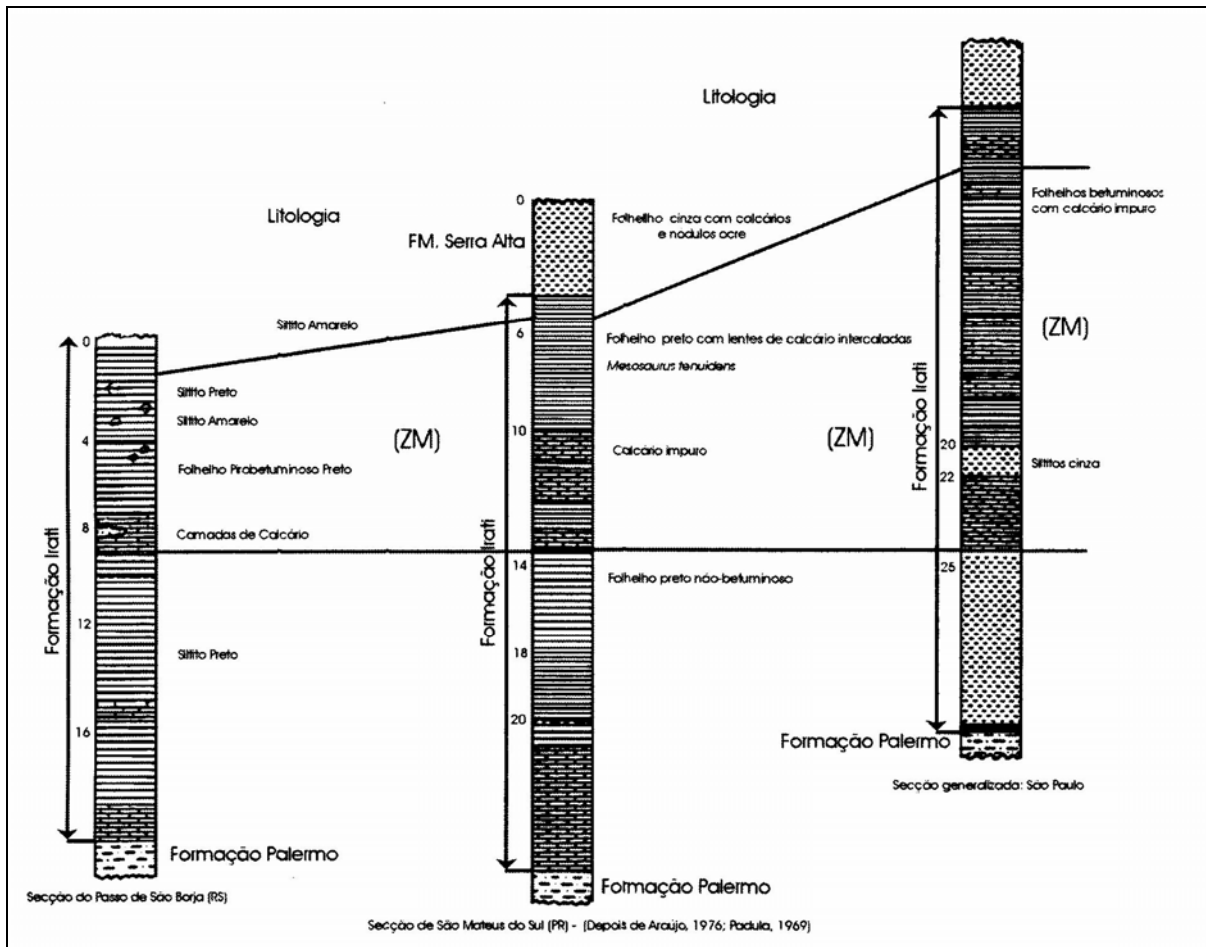


Fig. 7- Representação gráfica da zona de amplitude de restos de mesossaurídeos denominada Zona Mesosauridae (ZM).

Fonte: Araújo-Barberena & Timm, (2000).

A Formação Irati e seu respectivo conteúdo fóssilífero mereceram especial atenção da comunidade científica ao longo do século XX, pela sua importância crono-, bio- e paleogeográfica. Os afloramentos dessa unidade, sem dúvida, contêm informações significativas pela abundância da paleofauna acoplada ao estudo geológico.

A litologia da unidade Irati constitui-se num eficiente marco estratigráfico na Bacia do Paraná e a presença de mesossaurídeos neste intervalo é um elemento adicional muito importante para a comparação entre regiões muito distantes entre si, sendo, inclusive, o melhor referencial para estudos de crono-correlação entre as Bacias do Paraná e Karoo na África do Sul. (LAVINA, 1991).

A Formação Irati é dividida nos membros Taquaral e Assistência. Taquaral formado em plataforma rasa, constituído por argilitos e folhelhos cinzentos com laminação paralela. Assistência, depositado em bacia restrita, formado por folhelhos pretos, pirobetuminosos, com intercalações de calcário, e laminação paralela.

Em estudo realizado em Sapopema, no Estado do Paraná, visando discutir os paleoambientes e a idade da Formação Irati Lages, (2004) constatou em furo de sondagem que naquele ponto a formação apresenta 44,5 metros de espessura. O trabalho envolveu descrições dos testemunhos, petrografia dos carbonatos, geoquímica dos pelitos, palinologia e correlações estratigráficas. Nestes estudos os principais resultados são: 1) O Membro Taquaral, embora predominantemente síltico, apresenta finas coquinas de bivalves e porções areno-margosas no final de um ciclo granocrescente ascendente. 2) Tanto na base, quanto no topo da formação, há prováveis níveis transgressivos constituídos por delgados esqueletos de peixes. 3) Correlações entre furos da borda leste da bacia revelaram modificações na taxa de subsidência na região do Arco de Ponta Grossa, de relativamente alta para baixa, respectivamente para os membros Taquaral e Assistência. Tal fato e as marcantes diferenças litofaciológicas sugerem a separação dos membros por discordância.

2- Material e método

O presente trabalho teve como objeto de estudo a coleção de Paleontologia Geral (PG) do Museu de Ciências Naturais Carlos Ritter (MCNCR), onde estão reunidos fósseis de artrópodes, peixes e répteis. Estes fósseis foram tombados incluindo-se informações de procedência, identificação, estratigrafia e descrição do material, de acordo com o livro tomo número 1 aberto aos 31 dias do mês de março de 2003 e iniciado na página 3. Os dados estão também digitalizados e organizados em um *software* próprio para catalogação e consulta.

O trabalho visa apresentar e caracterizar esta coleção científica composta de fósseis da Formação Irati. O estudo foi realizado com o material proveniente de três áreas da unidade de mineração do xisto na cidade de São Mateus do Sul, sudeste do Estado do Paraná: a primeira na área denominada extremo oeste da mina; a segunda, na área denominada de mininha e a terceira em uma área de mineração da prefeitura local. Uma segunda atividade de coleta foi realizada na região de Antônio Olinto em um corte de estrada denominado de “afloramento Atilio”.

Especificamente, propõe-se aqui coletar as informações já constantes na coleção e caracterizar os grupos constituintes da paleobiodiversidade do local inseridos nas rochas sedimentares (folhelhos pirobetuminosos) da Formação Irati. Tal atividade pretende agrupar as informações existentes relativas ao resgate fóssilífero já realizado, o qual teve como intuito criar uma coleção de referência junto à UFPel, instituição envolvida nas avaliações das atividades de mineração da SIX-PETROBRAS.

O material coletado passou por três etapas: localização, identificação e acondicionamento. A localização constou fundamentalmente, da interceptação do exemplar no sedimento, dando atenção especial aos rigores metodológicos da

ciência tafonômica conforme sugerido por HOLZ, 2004. Após sua descoberta, faz-se uma breve descrição onde busca-se uma interpretação paleoambiental e geosedimentar com o intuito de interpretar o contexto do fóssil com seu sedimento, evitando misturar exemplares *in situ* dos materiais rolados ou transportados pela própria atividade mineradora.

A localização dos exemplares foi feita por meios georeferenciadores, (GPS Garmin® modelo 76 map) através da obtenção das coordenadas em UTM (Coordenadas métricas, fuso 22, *datum* S.A.D. 69). Ainda na zona de mineração são feitos alguns registros fotográficos, estes com câmera digital (Cânon Power Shot Pro 1). Outros registros, que farão parte do banco de dados digital, são feitos em laboratório posteriormente.

A identificação taxonômica foi realizada com base em literatura específica da assembléia fossilífera da Formação Irati.

Após coletados e identificados os materiais foram envolvidos em papel absorvente e protegidos mecanicamente com fita adesiva. Etiquetas com os dados específicos de coleta, dia, local, coletor e coordenadas por ponto absoluto, foram fixadas com fita em cada amostra de rocha. Logo após, o material foi transportado para o laboratório, onde foi aberto, desidratado em estufa (250 °C por 24 horas) e seus dados de coleta, passados para a superfície da própria rocha através do uso de tinta nitrocelulose e nanquim. Todos os exemplares foram tombados em acervo científico da coleção paleontológica do Museu de Ciências Naturais Carlos Ritter com a designação "PG-0000" (Paleontologia Geral – 0000) onde foram registrados a procedência, o nome do coletor e/ou determinador, data de coleta, denominação binominal (epíteto específico e genérico), número de origem - caso tivesse -, dados estratigráficos, período e observações gerais sobre cada exemplar (DORNELLES, 2005). Todo o material foi acondicionado em mapotecas, armários metálicos e em estantes, no caso dos blocos de rocha de porte maior e encontra-se acondicionado em uma sala especial no Instituto de Biologia, Departamento de Zoologia e Genética da UFPel.

3- Resultados e discussões

3.1- O Paleoambiente da Formação Irati

A formação Irati é caracterizada, por um paleoambiente representado por um grande mar interior, resultante de um período de várias transgressões marinhas (Fig. 8). Esse mar ocupava amplas áreas da porção sul da América do Sul e da África recobrando praticamente toda a parte atualmente preservada da Bacia do Paraná.

O achado de algas nos folhelhos betuminosos, consideradas como originadas em águas continentais, levaram Lavina (1991) a inferir uma salinidade muito baixa para a água do Mar Irati durante a maior parte do tempo. Em alguns momentos havia a entrada de água oceânica na bacia, gerando condições para a precipitação de sais, principalmente em locais de maior restrição à circulação e onde provavelmente ocorria maior intensidade de evaporação. No Estado de São Paulo há o registro de camadas de sal comprovando esta afirmativa. A fácies de folhelhos betuminosos do Membro Assistência desenvolveu-se em consequência de eventos transgressivos de natureza eustática, constituindo-se em seções condensadas, quando o mar ocupava uma grande extensão inibindo a chegada de terrígenos. Deste modo, gerou-se uma estratificação da coluna d'água, com o desenvolvimento de termoclina, que separava a água do fundo, mais fria, densa, rica em nutrientes e deficiente em oxigênio, da água superficial, oxigenada, mais quente e menos densa. O oxigênio do fundo era rapidamente consumido, estabelecendo-se condições anóxicas. As águas superficiais, propícias à vida, acabaram produzindo material orgânico (lipídios) que gerou os folhelhos betuminosos. Concluiu-se, assim, que a intensa anoxia registrada devia-se à estratificação do corpo d'água, causada por águas de diferentes densidades.

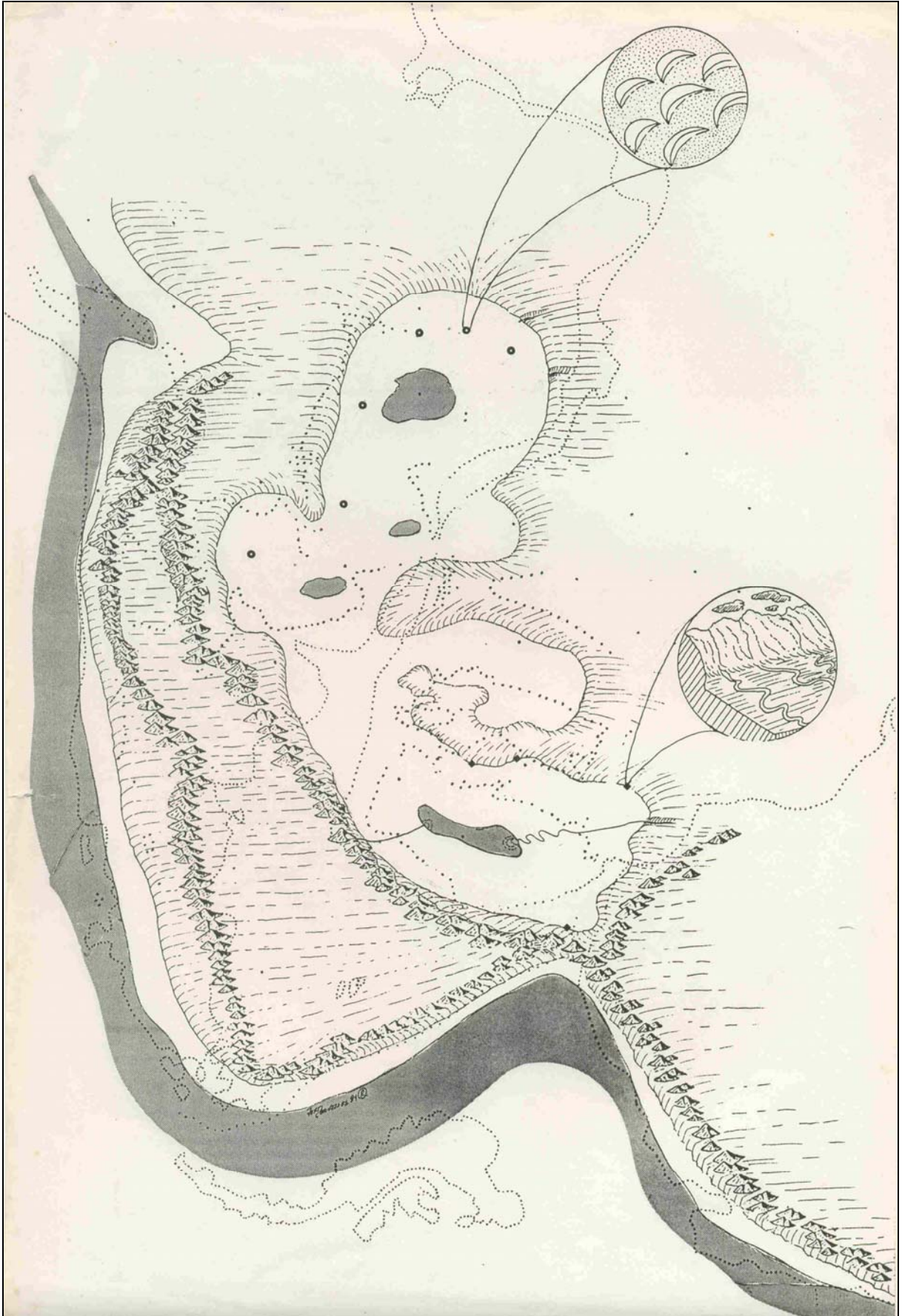


Fig. 8- O paleoambiente da Formação Irati no período das transgressões marinhas. Desenho de J. E. F. Dornelles, (1991).

Em Amaral (1971), a Formação Irati é estudada sob o ponto de vista geológico, petrográfico e sedimentológico. Partindo dos estudos de gabinete e das observações de campo, foram levantadas algumas hipóteses sobre as condições gerais, inclusive climáticas, em que se teriam depositado os sedimentos desta formação geológica.

A textura mais comum das rochas calcárias do Irati é a microgranoblástica em mosaico, sendo de 5 a 10 micra o tamanho mais comum dos cristais de dolomita ou calcita. Ocorrem subordinadamente calcarenitos de grãos oolíticos ou simplesmente ovóides ou esféricos, sem estrutura interna. Assim sendo, predominam largamente os tipos que caracterizam os ambientes de baixo grau de energia, fato compatível com o ambiente tectônico tranqüilo durante toda a época de deposição do Irati. O resíduo insolúvel dos calcários consiste mais comumente em calcedônia finamente disseminada, por vezes coalescida, num esqueleto esponjoso. De um modo geral é rara a presença de argila no citado resíduo. São ocasionalmente encontrados, e às vezes abundantes, esporos alados de gimnospermas junto ao resíduo insolúvel dos calcários, bem como, no interior de certos nódulos de sílex associados aos folhelhos pirobetuminosos. Podem ser também encontrados fragmentos de espículas silicosas monoaxônicas de esponjas, sendo contudo extremamente raros. A Formação Irati originou-se da deposição de sedimentos finos, ora calcários ora argilosos, em um grande lago situado em região aplainada e tectonicamente estável. Graças à estagnação das águas gerou-se um ambiente redutor, conservando-se parcialmente a matéria orgânica. O teor de níquel das cinzas do betume, mais o teor de boro nos folhelhos, além da presença de espículas de esponja e ainda outros argumentos adicionais nos levaram à conclusão de que este lago se comunicava com o mar, mas não se sabe em que parte da bacia. (AMARAL, 1971).

Para Santos Neto *et alli* (1993), a baixa concentração de compostos C30 originados de algas marinhas *Chorisophyta*, aliada à presença de raros fósseis marinhos, indica condições de mar restrito, inóspito para uma biota tipicamente marinha.

Alves (1994) infere estações bem definidas através da presença de anéis de crescimento em troncos de *Barakaroxylon* com variações climáticas cíclicas, sendo o verão quente e seco, evidenciado pela análise dos anéis de crescimento relativamente estreitos, indicando pouca disponibilidade hídrica. A largura constante

dos anéis no gênero estudado demonstra uma variação regular de estações secas e úmidas, assim as variações climáticas que ocorriam naquela época foram semelhantes às que atualmente registram-se nas regiões situadas entre as latitudes 30° a 45° N e S.

Há evidências na Formação Irati da atuação de ondas de tempestades de regiões de costa afora através de camadas apresentando laminação ondulada e estratificação cruzada. Estas estruturas sedimentares são resultados dos processos de interação entre os grãos e seleção hidráulica dos componentes do sedimento durante as fases de alta energia das tempestades e de deposição extremamente rápida durante a fase de decréscimo de energia. A presença de arenitos com este tipo de estrutura, em uma plataforma aberta, longe da praia, implica que a tempestade gerou ondas de grande amplitude, capazes de erodir uma extensiva região da linha de costa.

Apesar de condições para tempestades ocorrerem somente em uma parte do ano e em um determinado ponto de uma dada plataforma, seus efeitos em termos de erosão, transporte de sedimentos e sua conseqüência sobre a fauna e flora são desproporcionalmente grandes, causando mortalidade catastrófica em toda a assembléia de organismos. Como já foi dito, o processo de geração de um tempestito envolvia a remobilização de sedimentos previamente depositados e conseqüente aumento de seu volume e suspensão. Em regiões de costa afora, onde condições de anoxia vigoravam, as tempestades podiam provocar a destruição da estratificação das águas, devido à ação das grandes ondas que revolviavam o fundo anóxico e colocavam em suspensão um grande volume de sedimento fino e tóxico, produzido por bactérias anaeróbicas. Isto determinava modificações, tais como: a quantidade de oxigênio dissolvido, que ainda se concentrava nas camadas superiores do corpo d'água, tornava-se reduzida em virtude da reação deste com ácido sulfídrico liberado dos sedimentos finos do fundo, ocorrendo mudanças de pH e tomando a água turva (FERREIRA *et alli*, 2006).

Todo este impacto ambiental podia causar a intoxicação e morte dos organismos planctônicos e, conseqüentemente, de todos os animais que faziam parte da mesma cadeia alimentar. O registro de grande quantidade de esqueletos de mesossaurídeos associados a níveis de calcarenito no afloramento Passo de São Borja, no Rio Grande do Sul, parece indicar o episódio de mortalidade catastrófica (LAVINA *et alli*, 1991).

Reconstituições paleogeográficas disponíveis atualmente mostram que o Rio Grande do Sul encontrava-se, nesta época (Kazaniano), a uma paleolatidade aproximada entre 50 e 60 graus de latitude sul. Sabe-se hoje que existem dois processos capazes, ao menos na teoria, de causar efeitos de grande porte na natureza: furacões e tempestades de inverno. Os primeiros são característicos de baixas latitudes, enquanto que os segundos tendem a ocorrer em latitudes acima de 45 graus (FERREIRA *et alli*, 2006).

No entanto, entre 30 e 45 graus de latitude, podem ocorrer ambos os processos. Tal evidência levou Lavina *et alli* (1991), a considerar as tempestades de inverno (Fig. 9), como os mais prováveis agentes paleoclimáticos geradores destes eventos catastróficos. Em favor desta hipótese, foi utilizada pelos autores a morfologia do Mar Irati-Whitehill, quando confrontada com os sentidos de deslocamento das tempestades de inverno. Devido à atuação da “força de coriolis”, este tipo de tempestades, em nosso hemisfério, tendem a deslocar-se de oeste para leste. Além disso, um efetivo poder de ataque a uma região costeira depende do trajeto percorrido pela tormenta. Para que uma tempestade consiga eficientemente produzir grandes vagas, é necessário espaço para que o vento possa trabalhar a superfície da água. Isto significa dizer que antes de atingir a costa, a tempestade necessita percorrer uma grande extensão do corpo d’água. Sabe-se também, que quanto mais perpendicularmente a tempestade abater-se sobre a costa, tanto maior será o seu poder erosivo. A localização e o desenvolvimento de estratificações cruzadas *hummocky* do afloramento Passo de São Borja, são evidências favoráveis à interpretação de tempestades de inverno provindas do oeste.

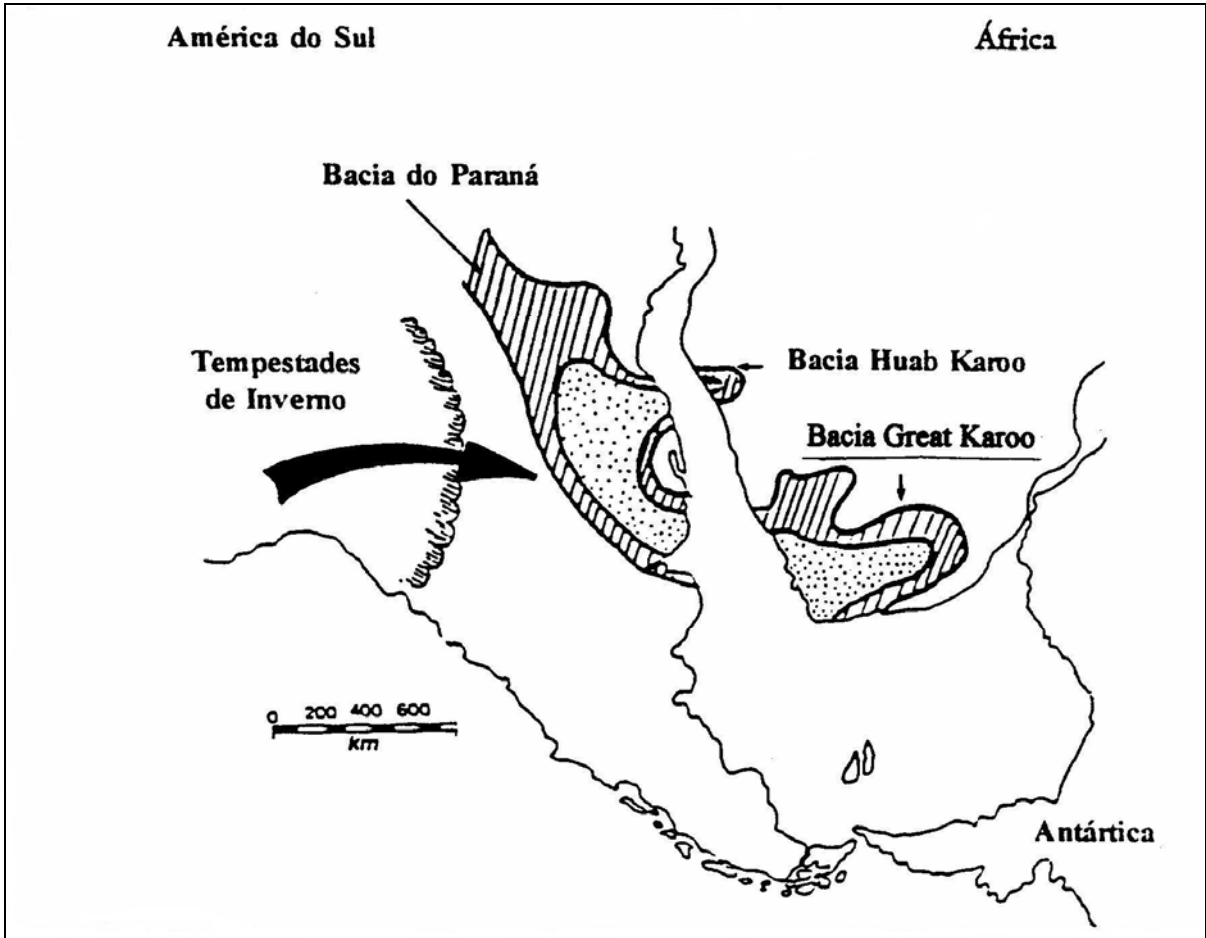


Fig. 9- As tempestades de inverno na Bacia do Paraná. Desenho de J. E. F. Dornelles.
 Fonte: Modificado de Araújo-Barberena e Timm, (2000).

O Mar Irati-Whitehill, caracterizado por clima ameno, normalmente calmo e restrito, de baixa salinidade, e de profundidade variável, mas relativamente raso foi habitat de diversas populações adaptadas aos diversos ambientes que existiram na época, inclusive populações de mesosauros (Fig. 10).



Fig. 10- Reconstituição de *Mesosaurus* em seu habitat. Pintura de Etienne Demon.
Fonte: Modificado de Araújo-Barberena e Timm, (2000).

3.2- Grupos fósseis registrados para a Formação Irati

3.2.1- Artrópodes

Os artrópodes juntamente com os anelídeos e formas afins, vão constituir o grande conjunto de invertebrados segmentados. São metazoários, triploblásticos, celomados, protostômios, com nítida simetria bilateral e dotados de apêndices articulados (BRITO *et alli* 2000).

Os artrópodes ultrapassam todos os outros grupos animais na diversidade de formas, distribuição ecológica e número de espécies e de indivíduos. Dentre eles temos grupos de invertebrados completamente adaptados à vida continental com muito sucesso, inclusive com condições de voar. A sua irradiação adaptativa permitiu a ocupação de praticamente todos os nichos ecológicos. (BRITO *et alli* 2000).

O corpo é revestido por um exoesqueleto de quitina, flexível e elástico, mas muitas vezes impregnado de carbonato ou fosfato de cálcio. A quitina é insolúvel na água, em ácidos diluídos bem como no suco gástrico de muitos animais. (BRITO *et alli* 2000).

3.2.1.1- Classe Crustacea

Os crustáceos são artrópodes mandibulados dotados de dois pares de antenas e, além das mandíbulas, possuem maxilas. São normalmente aquáticos, com exceção dos tatuzinhos-de-jardim, e estão entre os mais conhecidos animais marinhos tais como caranguejos, siris, camarões e lagostas devido a sua importância econômica.

Numa classificação bastante simples são subdivididos em entomostráceos e malacostráceos. Os primeiros incluem os copépodos, cracas, ostracodes e outras formas dotadas de concha bivalve. Os malacostráceos (caranguejos, siris, camarões e lagostas) constituem as formas mais conhecidas mesmo pelos não estudiosos da matéria. Quase quarenta mil espécies foram descritas e o grupo é assinalado desde o Cambriano. Podem ser livres ou fixos, parasitas ou comensais, e muitas vezes ocupam posição básica na cadeia alimentar aquática. (BRITO *et alli* 2000).

3.2.1.1.1- Subclasse Malacostraca

Como já mencionado, os malacostráceos constituem a subclasse dos crustáceos evoluídos com cerca de três quartos das espécies descritas. No corpo os oito primeiros segmentos constituem o tórax e os seis últimos o abdômen, todos providos de apêndices. Com a evolução do grupo, os três primeiros apêndices torácicos se modificam em maxilípedes e os cinco restantes permanecem como apêndices locomotores facilmente observáveis em caranguejos e lagostas.

A sistemática do grupo é bastante complexa, e será aqui, na medida do possível, adequada aos interesses paleontológicos. Segundo Brito *et alli* (2000), os malacostráceos apresentam uma subdivisão, o primeiro grupo, os Leptostraca, com caracteres mais primitivos e cerca de sete espécies marinhas descritas, não serão aqui comentados por não apresentarem nenhum registro fóssilífero. Os Eumalacostraca, com a quase totalidade das espécies conhecidas, que se aproxima de quarenta mil, vão constituir os “verdadeiros crustáceos” tão importantes na zoologia e paleontologia.

São classificados em quatro superordens: Syncarida, Hoplocarida, Peracarida e Eucarida, cada qual com suas ordens e subordens.

3.2.1.1.1.1- Superordem Peracarida

Os peracarídeos são um grupo de crustáceos bastante heterogêneo caracterizado pela presença de um “marsúpio” ventral. Apresentam formas muito diferentes, como por exemplo, os misidáceos, com aspecto de camarão e os isópodes que são as baratinhas-de-praia e os tatuzinhos-de-jardim, formas inteiramente terrestres. Neste grupo merecem destaque três gêneros fósseis: *Pygaspis* (Fig. 11), *Liocaris*, *Paulocaris*, ambos encontrados na Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná. (BRITO *et alli* 2000).

Os três gêneros são diferenciados segundo Vieira *et alli*, (1991) da seguinte maneira: *Paulocaris* é um crustáceo de porte médio, possui espinhos ântero-laterais, margem anterior côncava e rostro de tamanho médio. *Liocaris* é um crustáceo de porte pequeno, não possui espinhos ântero-laterais, apresenta a margem anterior reta e o rostro longo. Já o gênero *Pygaspis* é o de maior porte, não possui espinhos ântero-laterais, apresenta margem anterior reta e rostro triangular e curto.

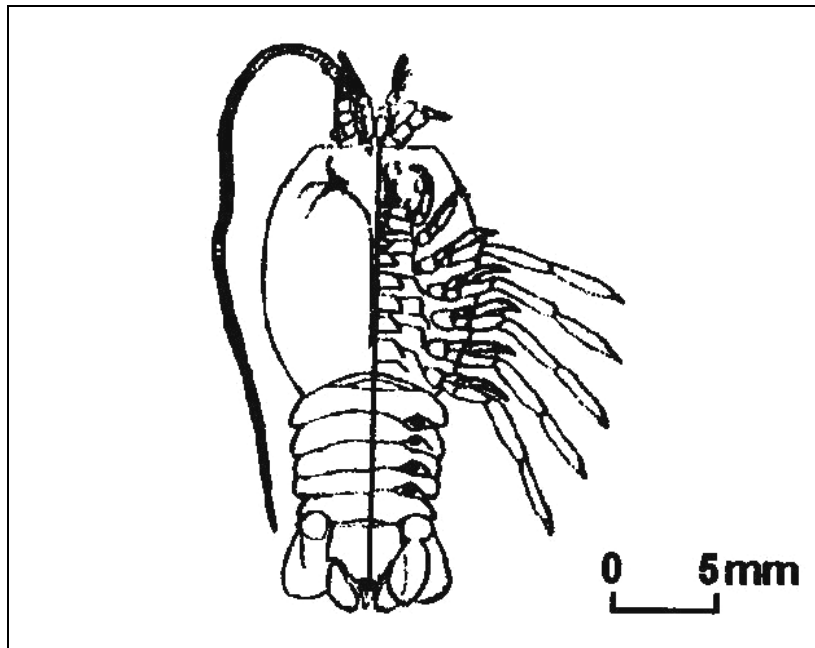


Fig. 11 – Ilustração de *Pygaspis*. Segundo Pinto, 1974.
 Fonte: Modificado de Brito *et alli* 2000.

3.2.2- Peixes fósseis da Formação Irati

3.2.2.1- Paleoniscídeos

Actinoptérigeos primitivos: (Paleonisciformes).

Anatomia esquelética

De acordo com Carroll (1988), apesar dos primeiros conhecimentos do Siluriano recente, os condrósteos mostraram uma pequena diversidade até o final do período Devoniano.

A maioria dos actinoptérigeos paleozóicos pertenciam a uma única ordem, os palaeonisciformes. Os membros primitivos desta ordem incluem os gêneros *Moythomasia*, *Mimia*, e *Cheirolepis* que são do período mais antigo do Devoniano. *Cheirolepis* mede aproximadamente 50 cm de comprimento mas os outros são consideravelmente menores. O corpo é fusiforme com uma nadadeira caudal heterocerca mais robusta. Como as duas nadadeiras anais, a única nadadeira dorsal é amplamente triangular em sua forma. (CARROLL, 1988).

O corpo é coberto com a sobreposição de pequenas escamas romboédricas (Fig. 12). Na maioria dos gêneros as escamas são articuladas umas com as outras

pela prega dorsal a qual se ajusta a uma cavidade na parte posterior da escama sobreposta a ela. As escamas do siluriano, as quais Schultze (1977) atribuiu aos condrósteos, carecem desta articulação com fixação em encaixe (fixa-e-cavidade). As escamas da borda principal da nadadeira caudal são aumentadas para agirem como um cortador de águas. As escamas das nadadeiras são menores, e um tanto mais alongadas do que aquelas que recobrem o tronco, mas são basicamente semelhantes na configuração. Como nos acantódeos elas estão dispostas em fileiras próximas e paralelas para a orientação da nadadeira. Essas fileiras de escamas articuladas são referidas como nadadeiras dermais e são mais numerosas no estado primitivo que as nadadeiras com suporte endoesquelético. As escamas consistem de uma camada basal de osso laminar, uma camada média de dentina contendo canais vasculares, e uma camada superficial de um material semelhante a um esmalte denominada de ganóina. O crescimento acontece através da adição de camadas concêntricas de tecido, tanto dorsalmente quanto ventralmente. Este tipo de escama ganóide pode ter sido derivada de acantódeos primitivos. (CARROLL, 1988).

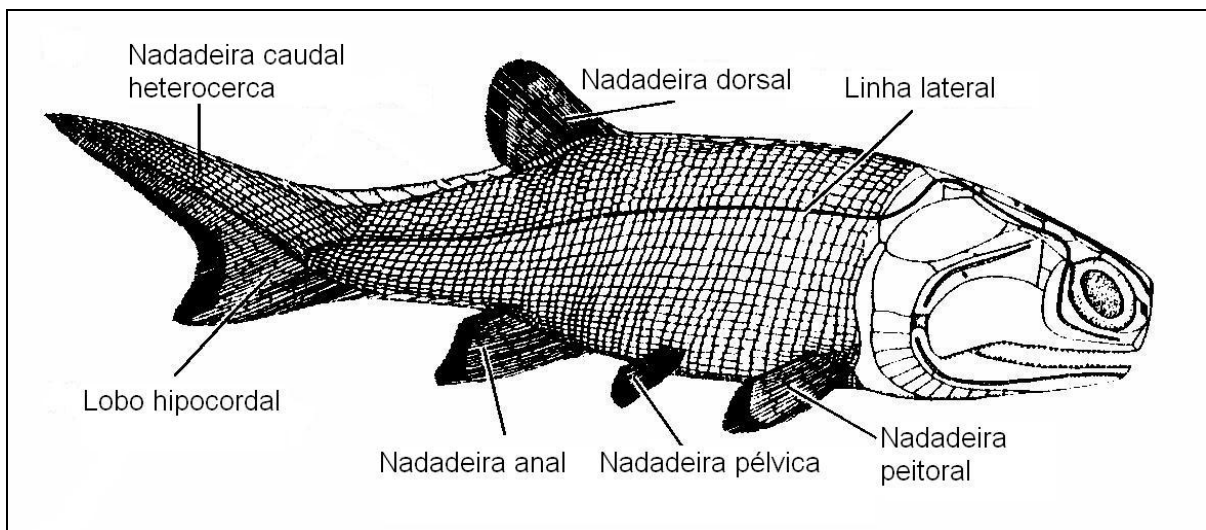


Fig. 12- Ilustração de Paleoniscidae, cujo corpo apresenta formato fusiforme com uma nadadeira caudal heterocerca mais robusta; o par de nadadeiras anais assim como a única nadadeira dorsal tem formato triangular; o par peitoral e o par pélvico são menores.

Fonte: Modificado de Carroll, (1988) p.92.

Classe Osteichthies**Subclasse Actinopterygii****Infraclasse Actinopteri****Ordem paleonisciformes**

Para Richter *et alli* (2000) O grande número de formas e o mosaico de características derivadas, apresentados pelos paleonisciformes, dificultam a definição das relações de parentesco. Sete famílias, tradicionalmente incluídas neste grupo, foram classificadas dentre os neopterígios por Gardiner (1993), equanto as restantes (cerca de 33) não teriam conseguido chegar a este estágio evolutivo. A maioria dos paleonisciformes está restrita ao Paleozóico, mas os últimos atingem o Cretáceo inferior. É considerado um grupo parafilético, incluindo formas primitivas e outras, mais avançadas, relacionáveis aos neopterígios. Morfologicamente eram formas conservadoras, que apresentaram uma radiação limitada e um padrão básico: olhos grandes e anteriormente posicionados, abertura bucal ampla, corpo fusiforme coberto por escamas romboédricas, ganóides, que se articulavam através do sistema *peg-and-socket*²; nadadeiras triangulares de base longa, nadadeira dorsal única, e nadadeira caudal heterocerca. Uma zona de fraqueza entre as fileiras de escamas do corpo, e as do lobo epicordal da cauda permitia a flexão da cauda. Os ossos da face, maxila, pré-opérculo e suborbitais, firmemente unidos, permitiam pouca expansão da cavidade orobranquial, além daquela exigida pela respiração. Eram formas relativamente pequenas, mas alguns atingiam 1 metro ou mais. Restos desarticulados de paleoniscídeos, principalmente dentes e escamas, são bastante comuns nas rochas do Paleozóico brasileiro (Fig. 13). Peixes completos são mais raros e apenas cinco são descritos. (RICHTER *et alli*, 2000).

² Articulação semelhante a um encaixe.

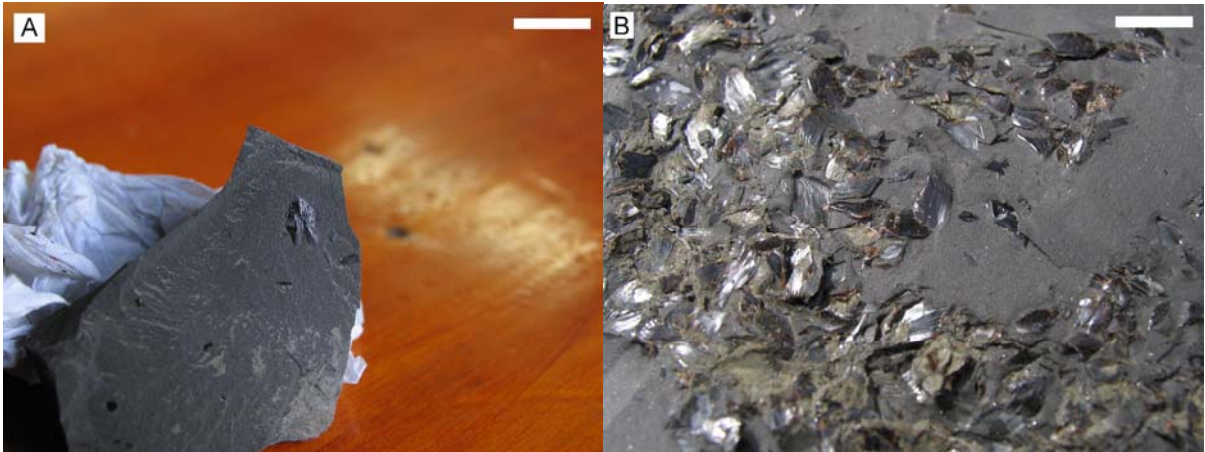


Fig. 13- Restos desarticulados de paleoniscideos; em (A) escama isolada; em (B) aglomerado de escamas. Escala: 1cm.

Fotos: J. E. F. Dornelles, (2006).

3.2.2 Celacantídeos

Subclasse Sarcopterygii

A subclasse sarcopterygii compreende quatro grupos de peixes, cuja maioria de espécies está extinta, e o grupo dos Tetrapoda, não considerado neste capítulo. Os peixes sarcopterígio caracterizam-se por possuírem nas nadadeiras pares um único elemento de articulação com as cinturas – o úmero ou o fêmur. Alguns desenvolveram os pulmões (dipnóicos ou peixes pulmonados). Os sarcopterígio atingiram, em geral, grande porte. Primitivamente, possuíam espessas escamas romboédricas, compostas por osso e cosmina. Possuem nadadeiras pares lobadas (carnosas ou musculares) e duas nadadeiras dorsais. A caudal pode ser heterocerca ou difercerca, com um lobo epicordal. Provavelmente, a natureza muscular das nadadeiras nos sarcopterígio seja uma especialização para a vida no fundo dos corpos d'água ou próxima dele, onde as nadadeiras pudessem ser utilizadas para apoiar-se no substrato, como foi observado no celacanto recente e para empurrar obstáculos. Já o lobo epicordal da nadadeira caudal seria uma retenção de um caráter mais primitivo, uma vez que este tipo de nadadeira é encontrada em condrósteos primitivos. Os peixes sarcopterígio compreendem quatro infraclasses: Dipnoiformes, Onycodontia, Actinistia e Rhipidistia. Os dipnóicos primitivos foram marinhos (viveram em recifes, alimentando-se, em geral, de animais com conchas), mas, outros viveram em água doce (a partir do Carbonífero Médio), em ambientes com estações de umidade e seca alternadas (na época seca alguns se enterravam

na lama). As formas africanas e sul-americanas atuais desenvolveram-se independentemente, sendo descendentes de um ancestral comum que viveu quando os dois continentes ainda estavam unidos. Os Onychodontiformes representam um pequeno grupo que viveu do Devoniano ao Carbonífero, com apenas dois gêneros conhecidos. Os Actinistia mostram uma notável estabilidade estrutural desde o Devoniano. Foram representados no Cretáceo por formas de grande tamanho como *Mawsonia*, da família Coelacanthidae. A única forma vivente, o celacanto *Latimeria chalumnae*, tem o corpo maciço, nadadeiras pares lobadas e nadadeira caudal trilobada. O pequeno crânio denota uma redução marcante nos ossos e dentes marginais. Os Rhipidistia são de grande importância evolutiva, pois apresentam nadadeiras pares suportadas por um endoesqueleto semelhante ao esqueleto dos membros dos Tetrapoda. Seus elementos ósseos correspondem respectivamente ao úmero, rádio e ulna dos membros anteriores dos Tetrapoda. Ripidísteos, dipnóicos e tetrápodes são os únicos vertebrados com coanas (narinas internas). Possuem, assim, apenas um par de narinas externas. (RICHTER *et alli*, 2000).

3.2.3- Mesosauridae

A família Mesosauridae Baur, 1889 reúne formas extintas de animais lacertóides, esguios e de pequeno porte, que raramente ultrapassam um metro de comprimento. Estes são os mais antigos amniotas conhecidos com adaptações à vida ao ambiente aquático, tais como corpo longo e delgado, cauda longa e comprimida lateralmente, crânio com um longo rostro, narinas situadas à frente das órbitas, grandes órbitas, anel esclerótico, costelas paquiostóticas, autopódios com dedos longos e membranas interdigitais, etc. Provavelmente eram nadadores ágeis e capazes de realizar manobras rápidas dentro d'água (SEDOR *et alli*, 2004).

Segundo Bertini (2000), estes animais eram pequenos e alongados, entre 50 centímetros a 1 metro de comprimento. O rostro era longo e afilado e os dentes eram finos e eventualmente longos, sugerindo dieta suspensívora para as formas aquáticas. Possuíam adaptações para a vida aquática nos membros, como dedos compridos, providos de membranas interdigitais, e na cauda, pois as vértebras apresentavam espinho neural (dorsal) e arco hemal (ventral) estendidos, resultando em um órgão lateralmente achatado. A natação ocorria por movimentos ondulatórios caudais.

Existem divergências mas a postura dos ovos devia ser feita em terra, entretanto a locomoção fora da água ocorria com dificuldade, pois as cinturas, escapular e pélvica, eram menores que em outros amniotas contemporâneos (BERTINI, 2000).

Para Carroll (1988), embora a adaptação básica dos amniotas se dirigia para um modo terrestre de vida, repetidamente grupos divergentes tornaram-se especializados para a vida água. Os amniotas mais antigos que derivaram completamente para um modo de vida aquático eram os mesosauros do Permiano do sul da África e do leste da América do Sul. Aspectos conservadores do seu esqueleto se assemelham aos captorinomorfos primitivos, mas as proporções do corpo foram alteradas se adaptando para nadar e se alimentar na água.

O focinho era muito alongado, uma característica comum de muitos tetrápodes secundariamente aquáticos. Os dentes muito longos e delgados podem ter formado um dispositivo apreensor que permitiu aos mesosauros se alimentarem dos pequenos crustáceos, os quais abundavam nos mesmos depósitos. Durante muito tempo pensou-se que havia uma abertura temporal lateral no crânio, como nos sinápsidos, mas espécimes que foram descritos por Olafson e Reisz mostram que a face não é fenestrada (Fig. 14).

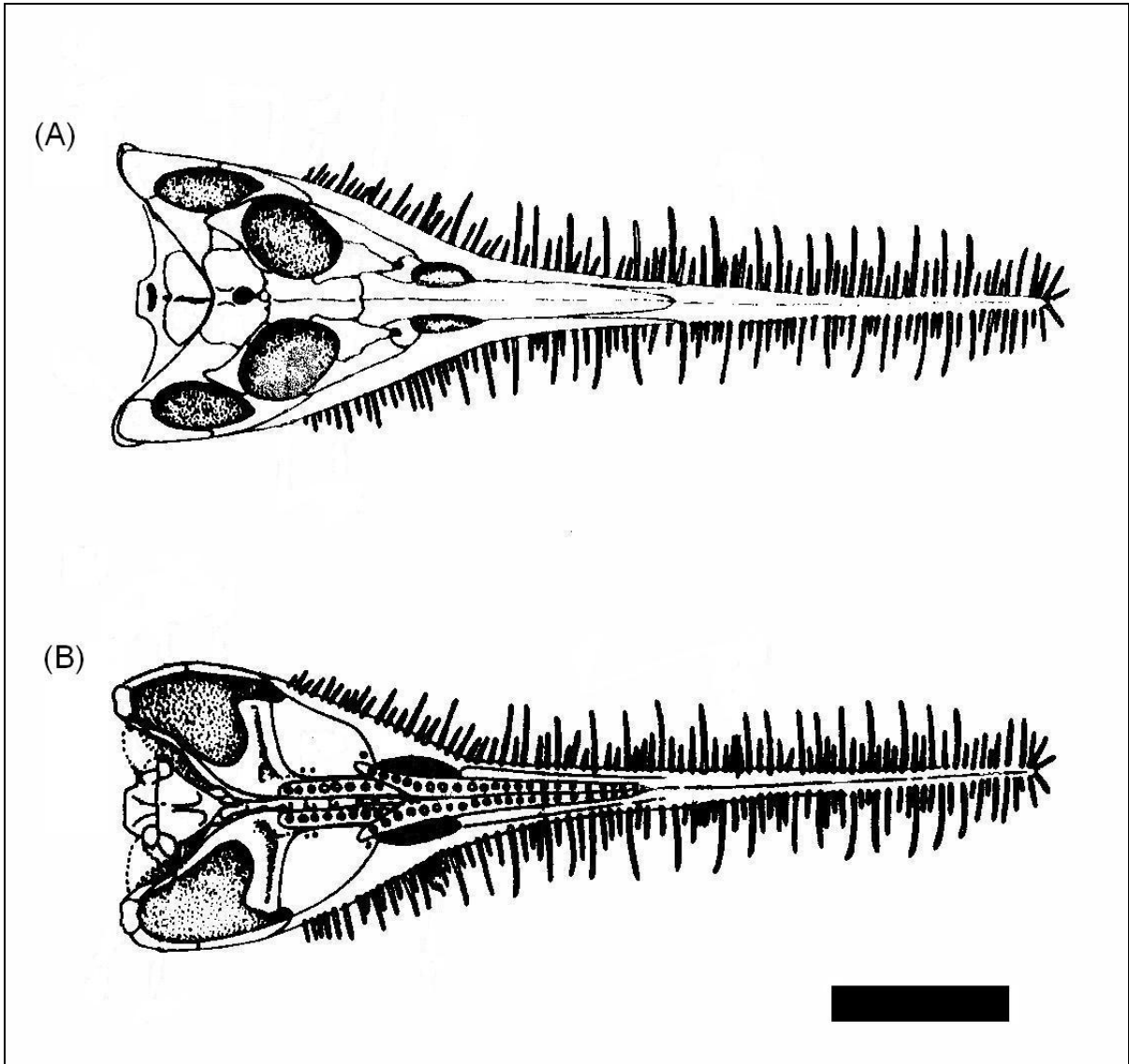


Fig. 14- Crânio de *Mesosaurus*. (A) vista dorsal e (B) vista palatal mostrando o rostró longo e afilado com os dentes longos e delgados. Escala: 1,25 cm.

Fonte: Modificado de Carroll, 1988

O pesçoço é mais longo do que o do captorinomorfos - outra característica comum aos répteis secundariamente aquáticos - com dez vértebras anteriores à cintura escapular. Esta condição pode ter sido obtida através de um deslocamento posterior da cintura escapular ou pela adição de vértebras cervicais extras.

A cauda longa e lateralmente achatada provavelmente serviu para propulsão aquática. As costelas da base da cauda são fundidas às vértebras caudais, diferente dos amniotas mais primitivos, para permitir uma inserção mais firme dos músculos. Surpreendentemente, as vértebras mais posteriores mostram evidências anatômicas caudais semelhantes àsquelas dos captorinídeos terrestres.

Os arcos neurais do tronco são amplamente desenvolvidos, o que limitou a torção da coluna mas facilitou a inclinação lateral. As costelas do tronco são espessadas, se aproximando ao formato de banana, em contraste com as costelas delgadas dos amniotas mais primitivos. O mesmo padrão é visto em sirênios modernos que mostram um grau similar de adaptação aquática. Espessamento das costelas e um aumento na sua ossificação interna, uma condição denominada paquiostose, teriam aumentado o peso dos animais de forma que eles poderiam ficar submersos sem esforço muscular.

As cinturas são um pouco menores que as correspondentes em prototirídeos e captorinídeos, e a lâmina da escápula é notavelmente mais curta. A ulna e rádio, e a tíbia e fíbula são relativamente mais curtos do que o úmero e fêmur. O pé é uma estrutura grande, em forma de remo, com o quinto dedo mais longo do que em outros amniotas mais antigos (Fig. 15).

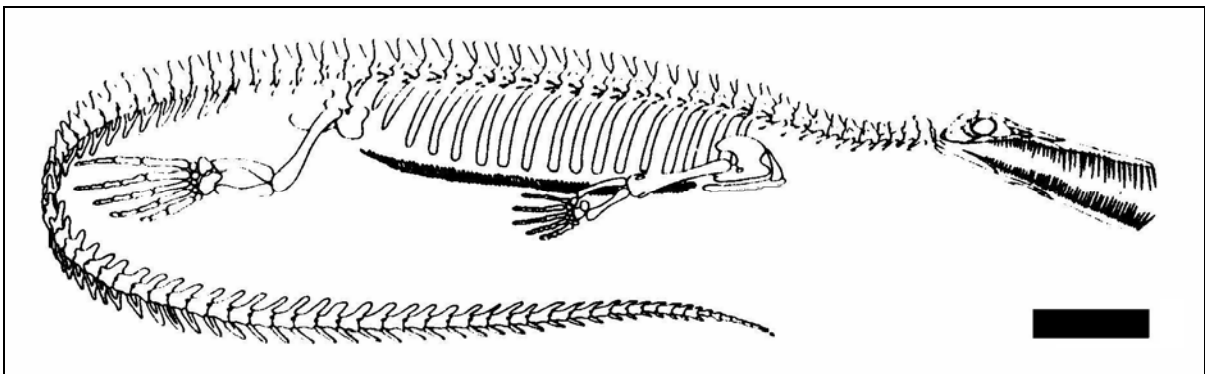


Fig 15 – Esqueleto articulado de *Mesosaurus*, reconstituído na forma e posição de como ser em vida. Escala: 2.5 cm.

Fonte: Modificado de Carroll, 1988. p. 206.

A presença de mesosauros em ambos os lados da Bacia Atlântica foi usada como um argumento para a justaposição da África a América do Sul logo antes da deriva continental tornar-se um modelo aceito na geologia. Os mesosauros podem ter sido restritos a um único grande corpo de água. Se julgarmos o seu tamanho e a presença de numerosos depósitos marinhos este corpo de água foi aparentemente uma bacia de água salgada. Nenhum amniota diferente de *Mesosaurus* é conhecido no Carbonífero ou no Permiano da América sul ou sul da África. Não há nenhuma evidência para a relação de *Mesosaurus* para qualquer grupo subsequente de répteis aquáticos, tendo sido McGregor (1908) e Von Hüene (1941) os últimos a

descreverem mesosauros. Estudos adicionais poderiam esclarecer a sua posição taxonômica. (CARROLL, 1988).

De acordo com Bertini (2000), no Brasil foram encontrados três gêneros: *Mesosaurus*, *Stereosternum* e *Brazilosaurus*, onde *Mesosaurus* foi o mais aquático dos mesosaurídeos. Seu crânio e rostro eram alongados e seu pescoço curto, com dentes longos e finos era provavelmente um filtrador suspensívoro. Em *Stereosternum* foi observado crânio mais curto e habitava águas rasas. *Brazilosaurus* talvez tenha sido o ancestral dos outros gêneros, e foi o mais terrestre dos mesosauros. O pescoço era longo e o crânio curto (Fig. 16), e partilhava seu nicho ecológico com *Stereosternum*. Para Sedor *et alli* (2001), exceto pelo fato de que *Brazilosaurus sanpauloensis* possui ossos menores ou muito menores do que os de *Stereosternum tumidum* e de *Mesosaurus tenuidens* respectivamente e de que as costelas nesta espécie não são paquiestóticas seus ossos apresentam caracteres gerais dos demais *Mesosauridae*.

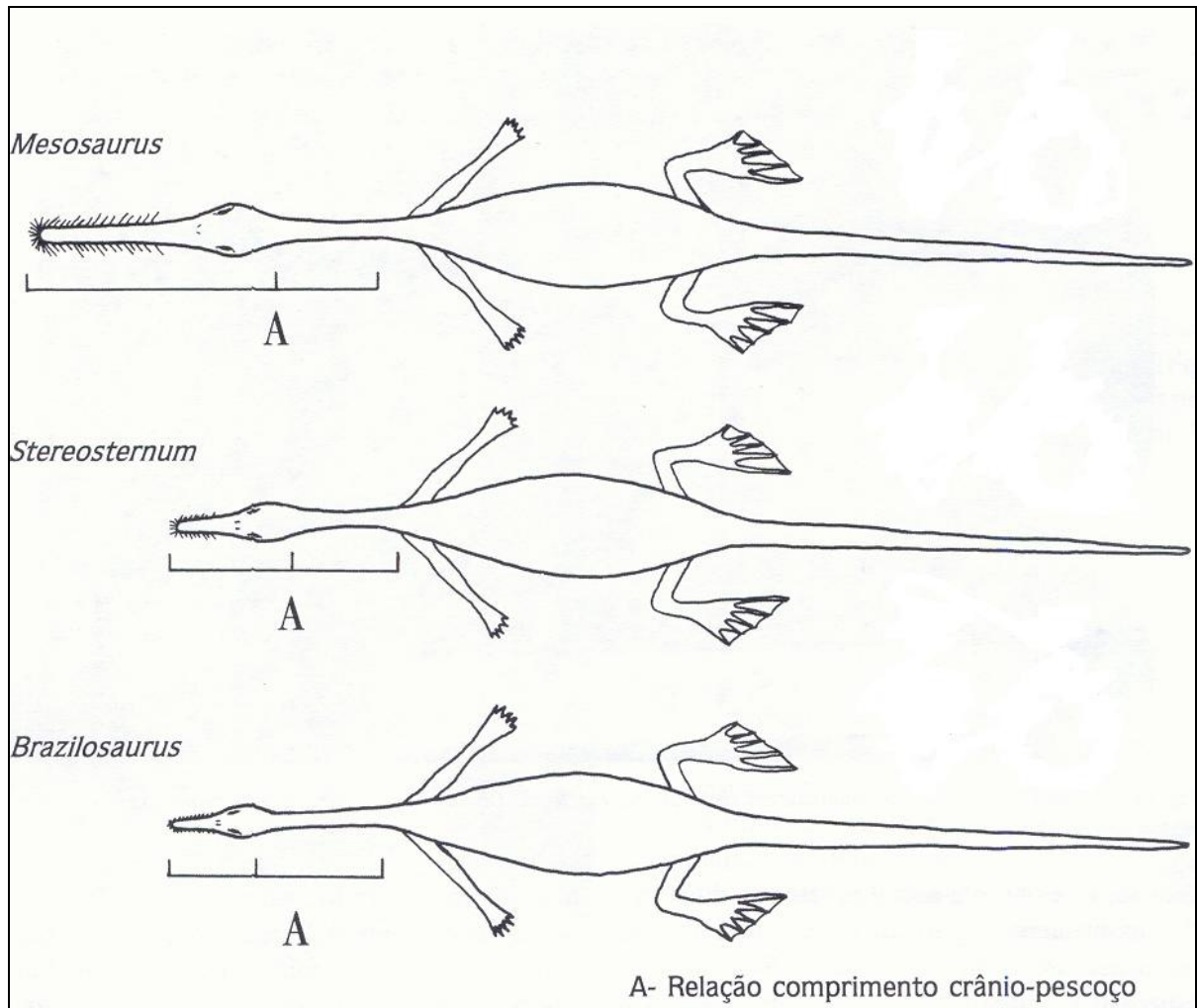


Fig. 16 – Comparação entre tamanho de crânio e pescoço das três espécies brasileiras de mesosaurídeos.

Desenho de J. E. F. Dornelles.

Fonte: Modificado de Oelofsen e Araújo, 1987 *apud* Barberena e Timm, 2000. p 198.

Segundo Abdala e Dornelles (2002), no Brasil, os Mesossauros foram encontrados na Formação Irati (Permiano Superior da bacia do Paraná) que ocorre desde o estado de Goiás até o Rio Grande do Sul, conformando um mar Permiano relativamente raso, o qual se estendia sobre o que é hoje o Brasil e a África do Sul. Os mesossauros são os amniotas mais antigos que se especializaram para a vida totalmente aquática.

3.2.3.1 Tafonomia dos Mesosaurídeos

A tafonomia (*taphos=sepultamento,nomos=leis*) é o ramo da paleontologia que estuda a história de preservação de um organismo desde o momento da morte até seu soterramento final, incluindo os processos diagenéticos (Fig. 17). Para Holz *et alli* (2000), o estudo da tafonomia é fundamental para a análise paleoecológica e evolutiva dos fósseis, porque tira do registro fossilífero todos os “ruídos”, ou seja, fatores que afetaram negativamente o processo de preservação, e, se não considerados adequadamente, levam a interpretações errôneas ou incompletas acerca dos fósseis, de sua paleoecologia e de seu processo evolutivo.

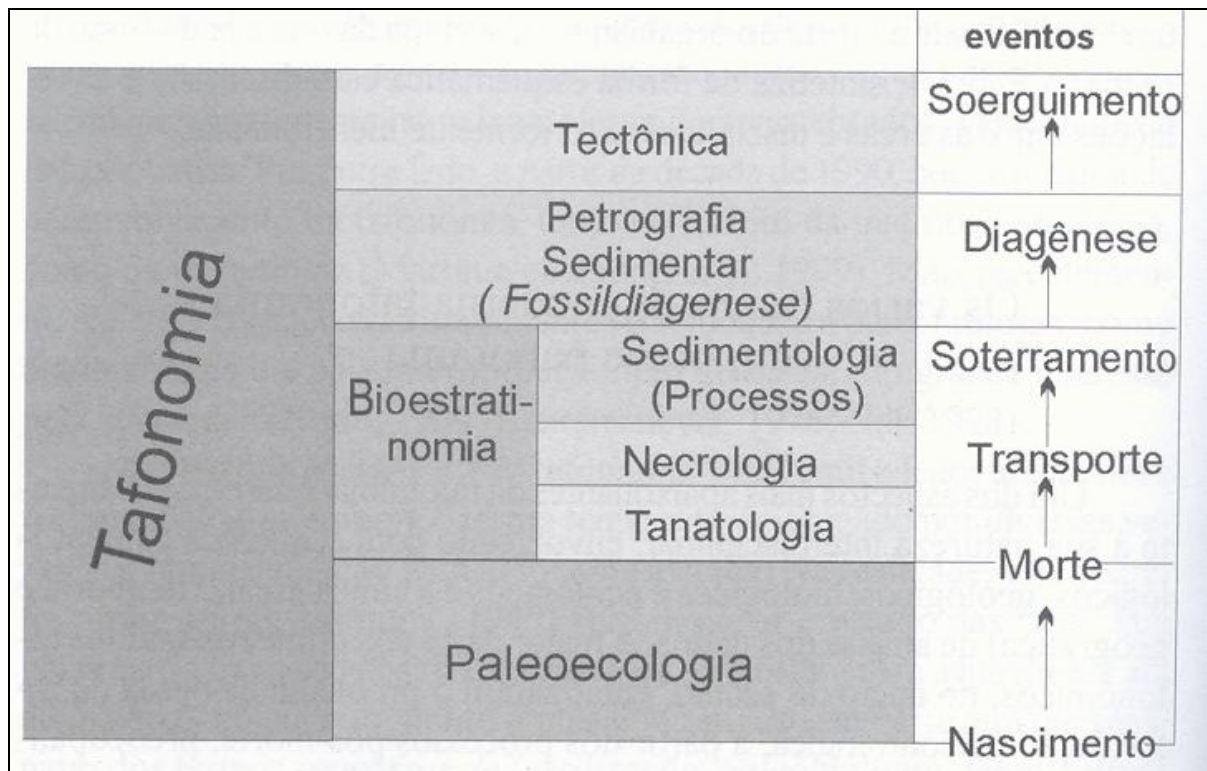


Fig.17- Relação entre a tafonomia, suas subdivisões e os eventos responsáveis pela origem das concentrações fossilíferas.

Fonte: Simões e Holz, 2000 *apud* Holz *et. alli* 2000.

Os mesosaurídeos habitaram, durante o Permiano, o Mar Whitehill-Irati, um extenso mar epicontinental situado entre a América do sul e África. Tratava-se de um mar relativamente raso (profundidade máxima de 200m), com águas normalmente calmas e de baixa salinidade. Nas áreas próximas à costa eram depositados carbonatos e nas regiões mais distais da bacia eram depositados folhelhos, produzindo um fundo anóxico. As águas do Whitehill-Irati eram estratificadas, ou

seja, águas mais frias (mais densas), mais salinas, anóxicas e ricas em ácido sulfídrico situavam-se no fundo, enquanto que a camada superior de água era mais quente (menos densa), menos salina e bem oxigenada. Dessa forma as águas superficiais eram habitadas por uma diversificada fauna (mesossaurídeos, peixes, crustáceos, foraminíferos, ostracodes, braquiópodes, esponjas), as águas do fundo eram praticamente estéreis.

Restos de mesossaurídeos ocorrem preservados em níveis centimétricos, apresentando vários graus de desarticulação esquelética, desde esqueletos inteiros com crânio, até ossos isolados, fragmentados e abradidos (Fig. 18). Esse espectro de modos preservacionais sugere uma complexa história tafonômica. (HOLZ *et alli*, 2000).

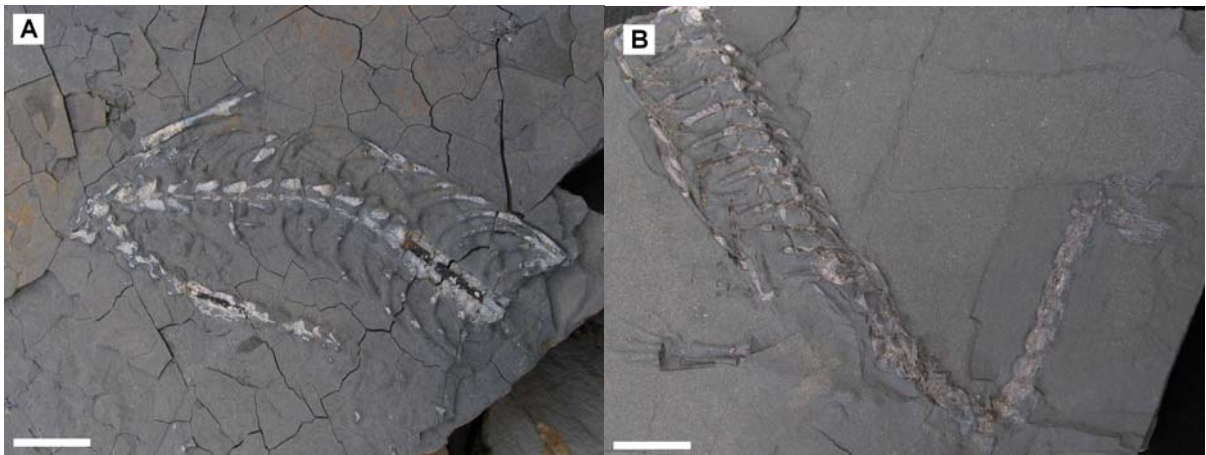


Fig. 18- Diferentes graus de preservação de mesossauros. Escalas: 2 cm.
Fotos: J. F. D. Dornelles, (2006)

Três classes tafonômicas (Fig. 19) são estabelecidas segundo Holz *et alli* (2000) e Soares (2003), sendo que estas três classes preservacionais estabelecidas para a assembléia fóssil dos mesossaurídeos estão intimamente relacionadas e podem ocorrer simultaneamente em um mesmo nível sedimentar. São elas:

Classe I: Esqueletos articulados: consiste de animais apresentando articulação completa, com todos os ossos dispostos em posição natural; é necessária a presença de crânio, coluna vertebral, costelas, cinturas e membros.

Classe II: Esqueletos parcialmente articulados; esta classe pode conter exemplares com esqueletos quase completos (sem crânio) até segmentos de coluna vertebral com costelas associadas ou não. Este padrão é atribuído a dois fatores: 1-

ao fato de que estes elementos são os últimos a desarticularem-se em um esqueleto de tetrápodo; 2- à paquiosose, que confere uma maior resistência

Classe III: Ossos desarticulados: ossos inteiros isolados (Classe III A); e/ou ossos fragmentados isolados (Classe III B). O material ósseo desarticulado desta classe consiste em grandes quantidades de costelas e vértebras, e em menor grau, ossos longos de membros, dentes e ossos de membros, dentes e ossos pertencentes às cinturas pélvica e escapular. Mais esporadicamente, ocorrem ossos bastante frágeis, como por exemplo gastrálias e falanges e também, muito material fragmentado, difícil de diagnosticar.

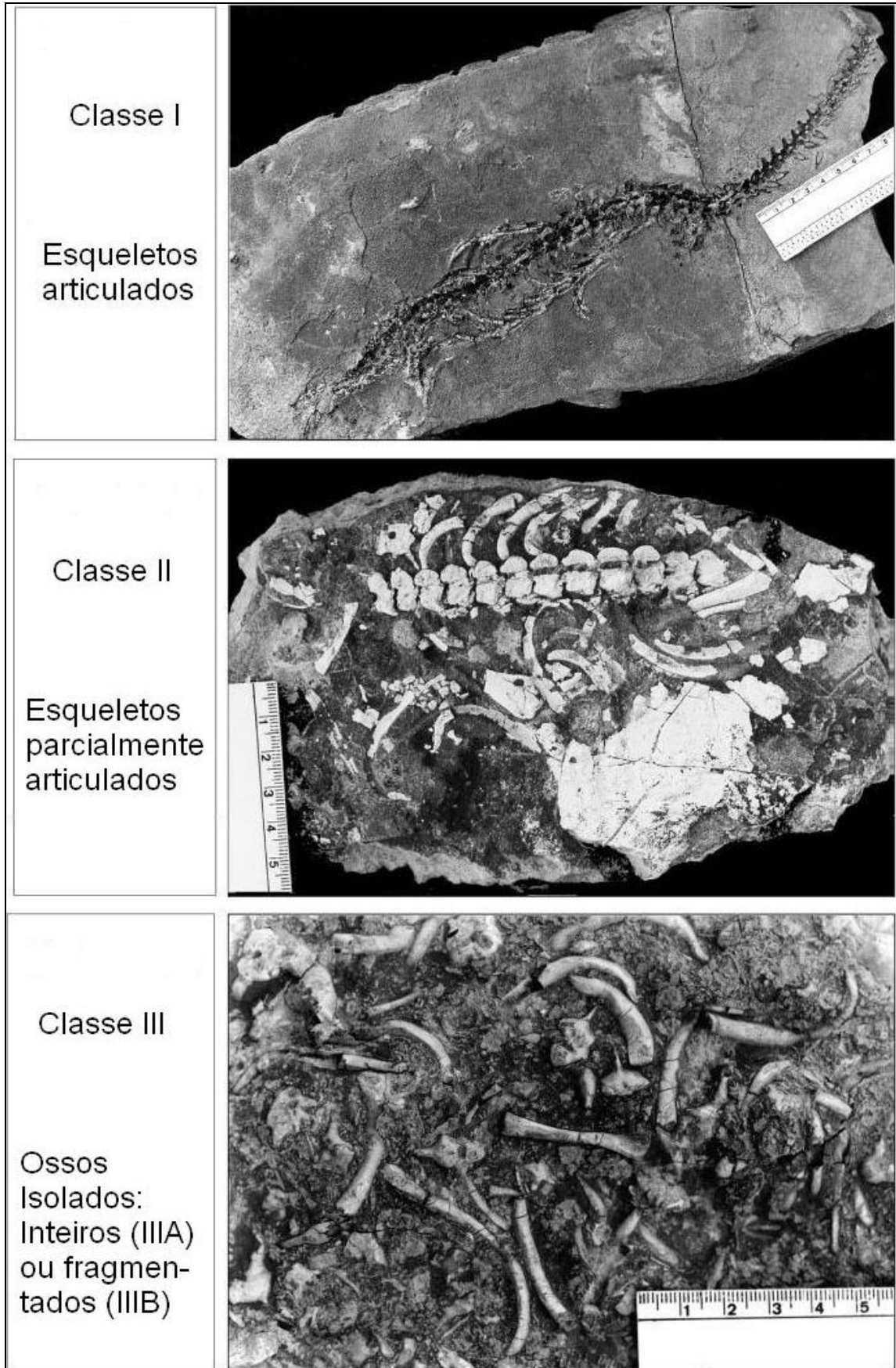


Fig. 19- As três classes tafonômicas estabelecidas para os diferentes graus de preservação dos mesosauros na Formação Irati
Fonte: Modificado de Soares, 2003.

3.2.3.1.1 Interpretações Bioestratinômicas

Evidências tafonômicas colhidas a partir da análise dos espécimes constituintes das três classes conduzem a algumas conclusões sobre os processos bioestratinômicos que operaram na tafocenose dos mesossaurídeos:

1. os fósseis das três classes de esqueletos ocorrem em níveis centimétricos e em grande quantidade, o que evidencia um fenômeno de mortalidade em massa. Isto leva a crer que eventos episódicos provocaram a morte de uma grande quantidade de indivíduos, os quais foram soterrados conjuntamente;
2. Evidências tafonômicas nas três classes fornecem dados que atestam que as carcaças não ficaram flutuando após a morte, portanto não sofreram desarticulação à deriva no Mar Whitehill-Irati. Assim, os animais foram soterrados inteiros;
3. os esqueletos das três classes apresentam uma distribuição caótica, não demonstrando indícios que tenham sido alinhados por correntes trativas de fundo; o padrão de “orientação” dos mesossaurídeos condiz com aquele produzido por fluxos oscilatórios;
4. os ossos com sinais de fragmentação e abrasão indicam que houve retrabalhamento do sedimento após o soterramento dos restos;
5. os vários eventos de retrabalhamento apontam para um *time-averaging* (tempo geológico contido em uma tafocenose) considerável.

Conclui-se portanto, que eventos episódicos causaram drásticas transformações nos parâmetros ambientais e provocaram a morte em massa dos mesossaurídeos, os quais foram soterrados ainda articulados. Eventos posteriores provocaram a erosão do sedimento soterrante e, conseqüentemente o retrabalhamento dos esqueletos. (HOLZ *et alli*, 2000).

3.2.3.1.2 Evidências Sedimentológicas

Na localidade de São Mateus do Sul, ocorre a “Fácies de folhelhos betuminosos”, constituída por duas camadas de folhelho negro betuminoso, intercaladas por uma seqüência de folhelhos e calcários alternados.

Restos de mesossaurídeos articulados são encontrados na camada superior de folhelhos, particularmente concentrados em um nível de 30 cm de espessura.

Basicamente os restos pertencem à classe 1, apesar de ossos isolados (classe 3A) também estarem eventualmente presentes (HOLZ *et alli*, 2000).

3.2.3.1.3 Ciclo de Formação das Classes Tafonômicas

A partir da integração dos dados obtidos do material esquelético (dados tafonômicos) com os obtidos através da análise das fácies (dados sedimentológicos) pode-se elaborar a história tafonômica desta tafocenose.

A hipótese mais sustentada é que todas as acumulações de restos de mesossauros foram resultantes de mortalidade catastrófica causada por sucessivos eventos de tempestade. Parte-se do princípio de que todos os mesossaurídeos foram soterrados inteiros. Os animais morreram durante o decorrer de cada tempestade e foram soterrados dentro do seu período de atuação. Quanto mais vezes ou mais intensamente foram re-expostos e retrabalhados pelas ondas, maior o grau de fragmentação dos ossos. Provavelmente, estes eventos de tempestades ocorreram em vários momentos da época Whitehill-Irati e em vários pontos desta vasta bacia, indicando um significativo *time averaging*. (HOLZ *et alli*, 2000).

3.2.3.1.4- Tafofácies

As três classes tafonômicas de ocorrência estabelecidas para a tafocenose dos mesossaurídeos foram agrupadas em três tafofácies ou fácies tafonômicas definidas com base nas propriedades preservacionais exibidas por seus fósseis.

Tafofácies 1: Esqueletos semi-articulados (classe II) e ossos isolados (classe IIIA e IIIB) preservados nas fácies de tempestitos carbonáticos do Passo de São Borja (RS). Esta é a tafofácies de ambiente mais raso, com maior turbulência, onde os efeitos das tempestades são mais intensos (tempestitos proximais); o grau de desarticulação e fragmentação do material ósseo é o mais acentuado.

Tafofácies 2: Esqueletos articulados (classe I), esqueletos semi-articulados (classe II) e ossos isolados (classe IIIA e IIIB) preservados na fácies de turbiditos carbonáticos de São Paulo. Nesta tafofácies, caracterizada por tempestitos distais, encontram-se as três classes, demonstrando que o efeito das tempestades foram, às vezes bastante intensos, mas em algumas ocasiões as tempestades subseqüentes não tiveram poder erosivo suficiente para re-expor e retrebalhar os esqueletos.

Tafofácies 3: Esqueletos articulados (classe I) e ossos isolados (classe IIIA) preservados na fácies de folhelhos betuminosos de São Mateus do Sul. Por situar-se numa região mais profunda, esta é a tafofácies onde os efeitos das tempestades foram mais brandos. A perturbação de fundo foi quase insignificante, só evidenciada nos poucos elementos isolados pertencentes à classe III.

A figura 20 (Fig. 20) mostra uma síntese do processo de geração dessas tafofácies e sua distribuição na bacia.

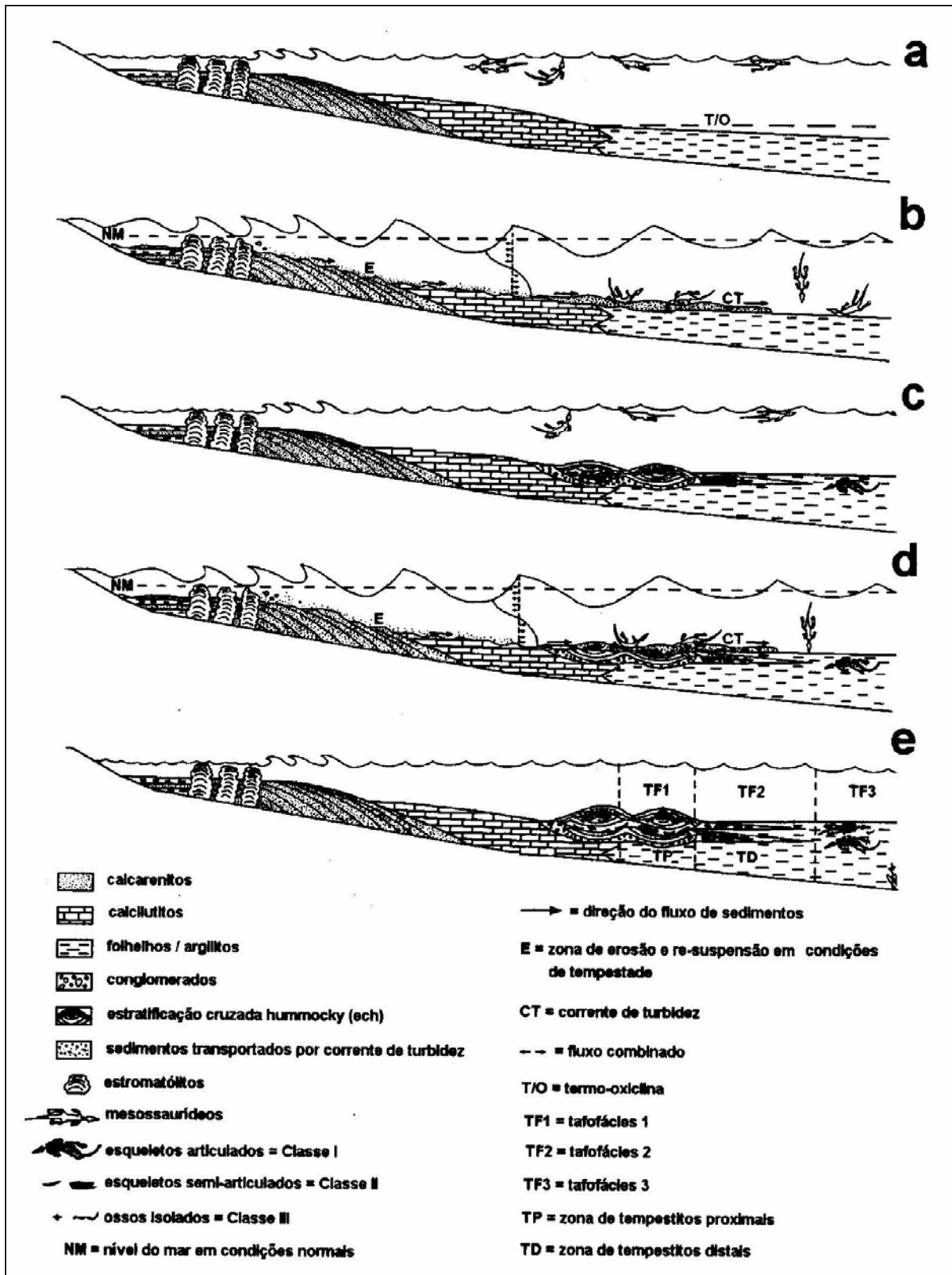


Fig. 20- Secções transversais do Mar Irati (a,b,c,d,e) mostrando a relação entre as diferentes fácies e os processos que atuaram na formação da tafocenose dos mesossaurídeos.

Fonte: Modificado de: Holz *et. alli* 2000.

4- Considerações finais

Merecem destaque ao término deste trabalho alguns pontos. Inicialmente deve-se considerar o fato de a zona de mineração da SIX - PETROBRAS, local de procedência dos fósseis, em função da contínua exploração dos recursos minerais, constantemente remove sedimentos contendo restos animais fossilizados. Dessa forma vê-se o quanto se faz necessário o acompanhamento permanente de uma equipe que realize este trabalho de resgate fóssilífero, pois o fragmento de xisto uma vez pirolisado, caso contenha algum fóssil, o torna indisponível ou inviável para estudos paleontológicos. Apesar disso, conforme colocado por Dornelles & Sedor (2006), devido ao elevado custo e a falta de pessoal não é usual o monitoramento rotineiro de lavra para resgate de fósseis. O monitoramento e resgate de vertebrados fósseis da Formação Irati (Bacia do Paraná) em São Mateus do Sul, PR, foi efetuado pelo Setor de Paleontologia de Vertebrados da UFPel e do Museu de Ciências Naturais (MCN-SCB) da UFPR. O resgate de vertebrados fósseis constituiu atividade do projeto “Xisto Agrícola” gerenciado pela Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS) e pela SIX-PETROBRAS (São Mateus do Sul, PR). Com esta atividade foram coletados espécimes que, rotineiramente, se perderiam no processo de moagem e industrialização do “xisto”.

Outro aspecto de grande importância é o fato de que a presença de fósseis de *Mesosaurus* em grandes quantidades, para a Paleontologia, corrobora uma pretérita união dos continentes. No passado geológico esta hipótese já era cogitada e a idéia se baseava em semelhanças geológicas entre o continente africano e o continente sul-americano, além do fato de o contorno de ambos terem “encaixe” análogo. Isto sustentou a teoria da deriva continental, a qual dizia que há milhões de anos os continentes encontravam-se unidos numa única massa de terra,

supercontinente denominado Pangea, o qual estaria totalmente unido até o início do Jurássico, quando teria iniciado sua divisão, formando inicialmente os blocos Laurásia e Gondwana e, posteriormente, dando origem aos continentes com a conformação atual. Os restos de *Mesosaurus* fossilizados nas bacias do Karoo (África) e do Paraná (Brasil) são tidos como as mais importantes evidências que sustentam essa hipótese. Apesar de serem vertebrados adaptadas ao meio aquático, os *Mesosaurus* eram pequenos demais para resistir às fortes correntezas transoceânicas. Além disso teriam sido presas fáceis para predadores marinhos grandes, como tubarões. Eles teriam sido vertebrados incapazes de nadar em grandes oceanos, sendo restritos a águas lênticas de mares epicontinentais. Se o Atlântico fosse tão largo como é hoje, teria sido praticamente impossível a existência desse animal em pontos tão distantes como a África e a América do Sul.

Há de se mencionar os demais grupos fósseis da formação Irati presentes no Departamento de Zoologia e Genética – Instituto de Biologia – UFPel, os quais graças ao programa de resgate fossilífero do projeto Xisto Agrícola enriquecem o acervo paleontológico. Acervo este que além de caráter científico de coleção também tem caráter didático. Dentre os fósseis da Formação Irati que compõe o acervo estão presentes carapaças do crustáceo *Pygaspis*, escamas de paleoniscídeos e celacantídeos, além de diversos e bem preservados espécimes de mesossaurídeos em diferentes graus de articulação (PROVENCÍ *et alli* 2006; DORNELLES *et alli* 2005).

5- Referências

ABDALA, F.; DORNELLES, J. E. .In: **Os Répteis do Rio Grande do Sul: Atuais e Fósseis – Biogeografia - Ofidismo**. LEMA, T. de (editor) Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 111-120. 2002.

ALVES, L. S. R. Integração entre a Lignoflora e a Palinologia no Afloramento Passo São Borja (Fm.Irati - Bacia do Paraná). Porto Alegre. 174p. il. **Dissertação** de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1994.

AMARAL, S. E. Geologia e petrologia da Formação Irati (Permiano) no Estado de São Paulo. **Boletim IGA**, v.2, p.8–81, 1971

ARAÚJO-BARBERENA, D. C.; TIMM, L. L. Características estruturais dos Mesossauros e suas Adaptações ao Meio Aquático. In: HOLZ, M. & DE ROS, L. F. (eds.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/Ed. UFRGS, 398p., p.194-209. 2000.

BERTINI, R. J. **Répteis**. In: **Paleontologia**. CARVALHO, I. S. (ed.). Editora Interciência, p. 543-577. 2000. 628p.

BRITO, I. M.; CARVALHO, I. M.; VICALVI, M. A.; CARVALHO, M. G. **Artrópodes**. In: **Paleontologia**. CARVALHO, I. S. (editor). Rio de Janeiro : Interciência, 2000. 628p.

CARROL, R. L.; **Vertebrate paleontology and evolution**. New York: W.H. Freeman and Company. 1988. 698 p.

DORNELLES, J. E. F.; SEDOR, F. A.; MACEDO, M. R. P. **O Acervo Paleontológico**. In: **Guia da Biodiversidade do Acervo do Museu de Ciências Carlos Ritter : 2005-2008**. DORNELLES, J. E. F. (organizador). 2ª ed. Pelotas : Editora e gráfica da UFPel. 140 p. 2005.

DORNELLES, J. E. F.; SEDOR, F. A. Paleontologia e gestão ambiental: Resgate de vertebrados fósseis em áreas de mineração da Formação Irati (Permiano) da Bacia do Paraná. **Revista Ciência e Natura** / Universidade Federal de Santa Maria. Edição especial – Agosto / 2006; p.81.

FERREIRA, J. T. S.; SILVA, H. P.; KELLNER, A. W. A. Mesossauros. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v.1, n.1, p.01-07, 2006.

GEOLOGY.COM, **Escala de tempo geológico**. Disponível em <<http://geology.com/time/geologic-time-scale> 550.gif> (acessado em 14/07/2007)

- HOLZ, M.; SOARES, M. B.; SOUTO-RIBEIRO, A. W. Tafonomia de Vertebrados: decifrando a gênese das ocorrências fossilíferas e Permianas e Triássicas da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M. & DE ROS, L. F. (eds.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/Ed. UFRGS, 398p., p.44-66. 2000.
- LAGES, L. C. A formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná) no furo de sondagem FP-01-PR (Sapopema, PR). 2004. 117 f. **Dissertação (Mestrado em Geologia)** – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- LAVINA, E. L. **Geologia Sedimentar e Paleogeografia do Neo-Permiano e Eo-Triássico (intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná**. Porto Alegre. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade federal do Rio Grande do Sul. 333p. 1991.
- LAVINA, E. L.; ARAÚJO-ARBERENA, D. C.; AZEVEDO, S. K. **Tempestades de inverno e altas taxas de mortalidade de répteis mesossauros; um exemplo a partir do afloramento passo São Borja, RS**. Pesquisas, v. 18, n. 1, p. 64-70. 1991.
- LISBOA, A. C. **Caracterização Geoquímica Orgânica dos Folhelhos neo-Permianos da Formação Irati-Borda da Bacia do Paraná, São Paulo [Rio de Janeiro] 2006**. XVIII, 153 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2006) Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Brazilian Archives of Biology and Technology an International Journal Jubilee Volume (1946-2001)**: pp. 169 - 288, December, 2001
- MARTINS NETO, R. G. Estágio atual da Paleoartropodologia Brasileira: Hexápodes, Miriápodes, Crustáceos (Isopoda, Decapoda, Eucrustacea E Copepoda) e Quelicerados **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v.63, n.3, p.471-494, jul./set.2005
- PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.
- PETROBRAS S.A., **Unidade de Negócio da Industrialização do Xisto (SIX), São Mateus do Sul, Paraná, Brasil**. Disponível em <<http://www2.petrobras.com.br/minisite/refinarias/portugues/six/index.html>> (acessado em 20/07/2007).
- PROVENCIO, M.; MACEDO, M. R. P.; DORNELLES, J.E.F.; O acervo de paleovertebrados do Museu de Ciências Naturais Carlos Ritter (MCNCR). **Revista Ciência e Natura** / Universidade Federal de Santa Maria. Edição especial – Agosto / 2006; p.84.
- RICHTER, M.; VIANA, M. S. S.; MALABARBA, M. C. S. L. **Agnatos e Peixes**. In: Paleontologia. CARVALHO, I.S. (ed.). Editora Interciência. p. 497-524, 2000.

SALVADOR, F. A. S. Características geológicas e mineralógicas dos folhelhos oleígenos pirobetuminosos de São Mateus do Sul, PR, que interferem na geração de finos de mineração. **Doutorado**. Universidade de São Paulo – Engenharia Mineral. 1v. 135 p. 2001.

SEDOR, F. A.; FERIGOLO, J. A coluna vertebral de *Brazilosaurus sanpauloensis* Shikama & Ozaki, 1966 da Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná (Brasil) (Proganosauria, Mesosauridae) **Acta Biol. Par.**, Curitiba, 30 (1, 2, 3, 4): 151-173. 2001.

SEDOR, F. A.; DA SILVA, R. C. Primeiro registro de pegadas de Mesosauridae (Amniota, Sauropsida) na Formação Irati (Permiano Superior da Bacia do Paraná) do Estado de Goiás, Brasil **Revista Brasileira de Paleontologia**, 7(2):269-274, Julho/Agosto 2004.

SOARES, M. B. A taphonomic model for the Mesosauridae assemblage of the Irati Formation (Paraná Basin, Brasil) **Acta Geologica**, V.1, n.4, p 349-361, 2003.

SOUZA, J. L.; FERREIRA, F.J. F. Anomalias Aerogamaespectrométricas (K, eU e eTh) da Quadrícula de Araras (SP) e suas relações com processos pedogenéticos e fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Geofísica**. 23(3): p.251-274. 2005.

SOUZA, M. H. O. Separação do calcário e do folhelho pirobetuminosos da Formação Irati para utilização como corretivo e como aditivo na indústria cerâmica. **Tese (doutorado)** Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 154 p, 2003.

SUSIN, C. P.; SOUZA, E. J. J.; FÓFANO, S. **Análise térmico-estrutural de sistema de pirólise de xisto do Processo Petrosix**. 6ª Conferência sobre tecnologia de equipamentos. Salvador, 10p, 2002.

VIEIRA, P. C.; MEZZALIRA, S.; FERREIRA, F. J. F. Mesossaurídeo *Stereosternum tumidum* e crustáceo *Liocaris huene* no Membro Assistência da Formação Irati (P) nos municípios de Jataí e Montevidiu, Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, 21(3):224-235, setembro de 1991.