

Tetrápodes Triássicos do Rio Grande do Sul

Vertebrados fósseis de fama mundial

SIGEP 22

Mário Costa Barberena¹
Michael Holz¹
Cesar Leandro Schultz¹
Claiton M.S. Scherer^{1,2}

Este capítulo dedica-se aos sítios paleontológicos com tetrápodes triássicos do Rio Grande do Sul, contidos em sedimentos das Formações Sanga do Cabral, Santa Maria e Caturrita, descrevendo-os sucintamente, comentando seu estado de conservação e indicando os principais táxons neles presentes. Ademais, procura integrar suas implicações estratigráficas, tafonômicas e bioestratigráficas.

Uma vez que os estudos paleontológico-estratigráficos na Formação Sanga do Cabral (Eo-Triássico) têm um desenvolvimento comparativamente recente, deu-se bem maior ênfase aos sedimentos Meso e Neo-Triássicos.

Em relação a estes últimos, por fim, deixa-se aqui o reconhecimento pelo trabalho pioneiro e decisivo de Friedrich Von Huene e Llewellyn Ivor Price.

Paleontologic sites of Triassic Tetrapods in Rio Grande do Sul - World Renowned Fossil Vertebrates

This chapter deals with the tetrapod-bearing Triassic paleontologic sites in the State of Rio Grande do Sul, assignable to the sediments of the Sanga do Cabral, Santa Maria and Caturrita Formations.

Their general description, status of conservation and principal taxa are presented. An integrated approach to their stratigraphical, taphonomical and biostratigraphical implications is also submitted.

The present account emphasizes the Middle and Late Triassic sediments, since the development of the studies on the Early Triassic sequence (Sanga do Cabral Formation) is still in a comparatively early stage.

In any event, the pioneer contribution of Friedrich von Huene and Llewellyn I. Price must be considered as of utmost importance.

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul, no Brasil Meridional, é a única região do país onde tetrápodes triássicos têm sido encontrados (Figura 1). A grande maioria desta paleofauna, como presentemente conhecida, é formada por sinápsidos (cinodontes e dicinodontes), diápsidos (rincossauros, tecodontianos e dinossauros) e parareptilianos (procolofonídeos). Durante os últimos anos, anfíbios têm sido coletados nos níveis inferiores dos sedimentos triássicos do Rio Grande do Sul.

Em termos litoestratigráficos, os sedimentos portadores de tetrápodes do Brasil meridional podem ser atribuídos, da base para o topo, às seguintes formações geológicas: Sanga do Cabral (Eo-Triássico), Santa Maria (Neo-Anisiano a Carniano, folgadoamente a mais produtiva em termos paleontológicos) e Caturrita (Neo-Carniano a Eo-Noriano). A correspondência entre os nomes formacionais acima e seqüências deposicionais será discutida mais adiante.

O primeiro tetrápode diápsido triássico da Formação Santa Maria foi coletado por João Fischer em 1902. Seus vestígios pertenciam a um rincossauro e foram descritos em 1903 como *Scaphonyx fischeri* por Smith-Woodward, que inicialmente atribui uma afinidade dinossauriana à nova espécie. Inobstante as implicações taxonômicas, o fato é que *S. fischeri* constitui-se na primeira indicação da presença de uma Paleofauna triássica de tetrápodes na América do Sul.

Desde logo, o notável achado iria dirigir a atenção de paleontólogos de vertebrados estrangeiros para o sul do Brasil.

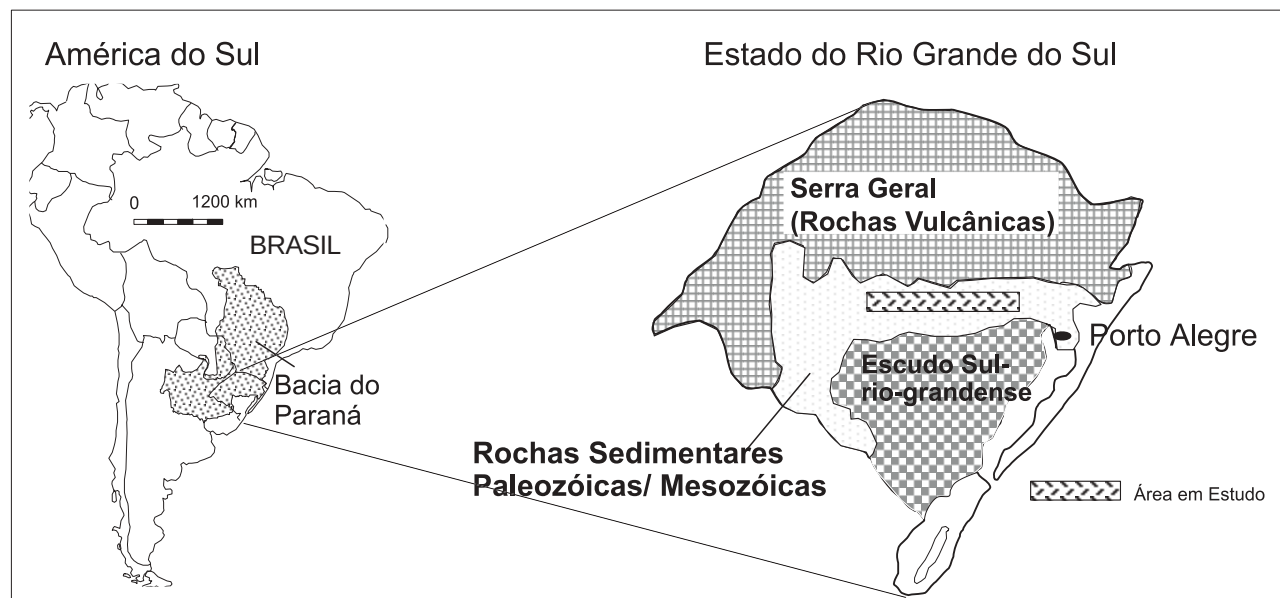
Respondendo a tal novidade paleontológica, o ilustre paleontólogo de vertebrados de Tübingen, Friedrich Von Huene e seu colega mais jovem, Rudolph Stahlecker, empreenderam uma expedição à cidade de Santa Maria e áreas vizinhas em 1928, investigando a possível ocorrência de formas ainda desconhecidas associadas a *Scaphonyx fischeri*.

O trabalho de campo desenvolvido pelos dois paleontólogos germânicos nos pelitos vermelhos da Formação Santa Maria trouxe-lhes um soberbo resultado. Em verdade, uma vez transportado a Tübingen e descrito por Huene (1942), o abundante material coletado provou conter muitos representantes da maioria dos grupos ora reconhecidos como integrantes da assembléia fóssil da Formação Santa Maria. Esta é a razão de o famoso tratado de Huene continuar como uma referência obrigatória até os dias de hoje. A Universidade Federal de Santa Maria dele editou uma versão em português (Huene,1990).

Outra expedição estrangeira de menor porte, feita ao Rio Grande do Sul, foi a assim chamada Harvard-Brazilian Expedition, de 1936, com a participação de Theodore E. White e Llewellyn Ivor Price. Além dos exemplares coletados, esta expedição revelou a presença de bons afloramentos da Formação Santa Maria na região de Candelária.

Figura 1. Mapa de localização dos sedimentos triássicos com tetrápodes fósseis (área de estudo), no contexto das unidades geológicas paleozóicas-mesozóicas no Estado do Rio Grande do Sul.

Figure 1. Localization map of the Triassic sediments with fossil tetrapods (study area), in the context of the Paleozoic-Mesozoic geological units in Rio Grande do Sul State.



Certamente, L.I. Price não era um típico estrangeiro, pois havia nascido em Santa Maria e mudou-se aos Estados Unidos quando tinha 15 anos de idade. Durante os anos 40, Price retornou ao Brasil e, como cientista da Divisão de Geologia e Mineralogia (DNPM), iniciou o que pode meritariamente ser considerado como o primeiro programa científico brasileiro para o estudo dos tetrápodes triássicos do Brasil meridional. Em seu tempo, Price influenciou positivamente cada paleontólogo brasileiro deste país, particularmente os paleoherpetólogos.

Inspirado em seu exemplo, o Instituto de Geociências (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) iniciou ao final dos anos 60 um programa de pesquisa paleontológica e estratigráfica nos sedimentos permianos e triássicos dos Estados de Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que tem produzido um expressivo número de trabalhos e diversas dissertações de Mestrado e teses de Doutorado. Como resultado do intenso trabalho de campo, uma extensa coleção de tetrápodes tem sido acumulada, contendo várias novas espécies desconhecidas nas eras de Huene e Price.

Embora com menor intensidade, outras Instituições no Rio Grande do Sul têm dedicado esforços à coleta de tetrápodes fósseis da Formação Santa Maria. Entre elas, destacam-se a Universidade Federal de Santa Maria, a Pontifícia Universidade Católica e a Fundação Zoobotânica.

A história das atividades paleontológicas na Formação Santa Maria é plena de personagens, frustrações e triunfos. Beltrão (1965) narrou-a de forma precisa e atraente.

OS SÍTIOS PORTADORES DE TETRÁPODES TRIÁSSICOS NO RIO GRANDE DO SUL

Os pelitos vermelhos da Formação Santa Maria, com um conteúdo fossilífero razoavelmente abundante, incluem a maioria dos tetrápodes triássicos do Rio Grande do Sul.

Tais pelitos afloram ao longo de ravinas entalhadas por águas superficiais, as chamadas *sangas*, uma designação regional mantida no presente capítulo, pois, intensivamente utilizada por Huene e Price, recebeu reconhecimento internacional.

As sangas são encontradas em conjuntos geograficamente restritos, não-contínuos entre si e separados por extensas áreas cobertas por vegetação, uma condição totalmente diversa daquela encontrada

na Argentina, onde os afloramentos triássicos estão expostos ao longo de áreas muito mais amplas.

Desde logo, a separação geográfica e descontinuidade entre os conjuntos de sangas impõem extrema dificuldade ao traçado lateral dos horizontes fossilíferos. Como posteriormente discutido, estas condições limitantes tiveram de ser contornadas para a elaboração de uma matriz bioestratigráfica para os sedimentos triássicos do sul do Brasil.

A formação Santa Maria aflora em três conhecidos conjuntos de Sangas: Santa Maria, Candelária e Chiniquá.

O primeiro conjunto, um importante sítio de coleta tanto para Huene quanto para Price, encontra-se presentemente em estágio praticamente irreversível de preservação. Localizado a 3km SE da cidade de Santa Maria, na rota para Camobi, o conjunto era formado por 8 sangas, produtivas até o final dos anos 50. A partir de então, as sangas têm sido crescentemente soterradas, em função do crescimento periférico da cidade. Graças aos esforços da Universidade Federal de Santa Maria, uma sanga foi poupada da destruição, a Sanga Grande (Grossen Sanga de Huene). De forma algo surpreendente, vestígios de dinossauros nela foram coletados recentemente.

Como anteriormente comentado, devemos a Price a descoberta do conjunto de Candelária, integrado por 3 sangas e localizado 20km S da cidade de mesmo nome, na estrada Candelária-Rio Pardo (BR-471). A Sanga Pinheiros é a maior do conjunto, bem como de todas as demais sangas da Formação Santa Maria. Ainda produtiva, não mais apresenta a profundidade que tinha há cerca de 30 anos, de tal sorte que muitos de seus importantes níveis fossilíferos encontram-se agora soterrados por sedimentos erodidos, cuja acumulação tem sido favorecida por procedimentos para diminuir a taxa erosional em sua extremidade distal.

O conjunto de Chiniquá compreende 7 sangas de tamanho médio (Figura 2, A), que foram intensivamente explorados por Huene e produziram a maior parte dos materiais por ele levados a Tübingen. O conjunto localiza-se junto à estrada de São Pedro do Sul a Mata (BR-287), a cerca de 20km W da primeira.

Este conjunto certamente merece um projeto de pesquisa para ali reativar as atividades de prospecção e coleta paleontológicas. Tal projeto já se encontra em elaboração pelo Instituto de Geociências.

O afloramento tipo sanga, como aqui caracterizado, é exclusivo da Formação Santa Maria.

Afloramentos das Formações Sanga do Cabral e Caturrita encontram-se em numerosos cortes de rodovias e ferrovias nos terrenos triássicos do Rio Grande do Sul.

Muitos destes cortes também intersectam diversos afloramentos da Formação Santa Maria, que seriam indetectáveis em face de sua cobertura vegetal. Um bom exemplo é o chamado afloramento "Faixa Nova" (Figura 2, B).

O ARCABOUÇO STRATIGRÁFICO

O pacote triássico sul-rio-grandense pode ser subdividido em três seqüências deposicionais, limitadas no topo e na base por superfícies erosivas regionais. Os vertebrados fósseis são encontrados nas duas seqüências basais, cujas características litofaciológicas serão apresentadas a seguir (Figura 3).

A seqüência I corresponde litoestratigraficamente à Formação Sanga do Cabral. Essa unidade é composta por conglomerados intraformacionais e arenitos grossos com estratificação cruzada acanalada e laminação plano-paralela, depositados em um sistema fluvial entrelaçado, efêmero e pobremente canalizado (Faccini, 1989). Ocasionalmente ocorrem arenitos finos a médios, bem selecionados, com estratificações cruzadas de grande porte, interpretados como de origem eólica, indicando um constante retrabalhamento pelo vento da planície aluvial.

A seqüência II, por sua vez, incorpora as Formações Santa Maria e Caturrita. Em termos litofaciológicos, existe uma variação de modelos deposicionais ao longo da seção estratigráfica. A base é caracterizada por arenitos finos a conglomeráticos, de coloração cinza-esbranquiçada, com estratificações cruzadas acanaladas e planares de pequeno a grande porte (Membro Passo das Tropas). De forma subordinada, ocorrem siltitos e pelitos, avermelhados, dispostos em camadas lenticulares com uma restrita extensão lateral, onde encontram-se impressões de vegetais associadas à flora *Dicroidium*. A presença dominante de depósitos de canais fluviais em detrimento dos sedimentos finos de planície de inundação permite interpretar estes depósitos como um sistema fluvial entrelaçado (Faccini, 1989).

A porção intermediária da seqüência é caracterizada pela presença abundante de siltitos, maciços ou finamente laminados, de coloração avermelhada, contendo eventualmente horizontes de caliches, gretas de contração e paleossolos (Membro Alemoa). Os siltitos ocorrem intercalados com lentes



Figura 2. Afloramentos típicos da Formação Santa Maria. (a) Região de Chiniquá (São Pedro do Sul, RS); (b) em corte de estrada, afloramento “Faixa Nova” (Santa Maria, RS)

Figure 2. Typical outcrops of the Santa Maria Formation. (a) Chiniquá Region (São Pedro do Sul, RS); (b) road cut outcrop “Faixa Nova” (Santa Maria, RS)

arenosas, com espessuras variando de 2 a 10 metros e dezenas a poucas centenas de metros de extensão lateral. Os arenitos variam desde finos a conglomeráticos, moderadamente selecionados, organizados em sets com estratificações cruzadas acanaladas e planares de pequeno a médio porte. Superfícies de acreção lateral são, por vezes, identificadas. Fonseca & Scherer (1998) vincularam estes depósitos a um sistema fluvial com canais anastomosados a meadrantes, com amplas planícies de inundação.

Os canais fluviais que inicialmente eram esparsos e separados por depósitos de planície de inundação passam a predominar em direção ao topo da seqüência, tornando-se mais amplos e rasos, com uma baixa a

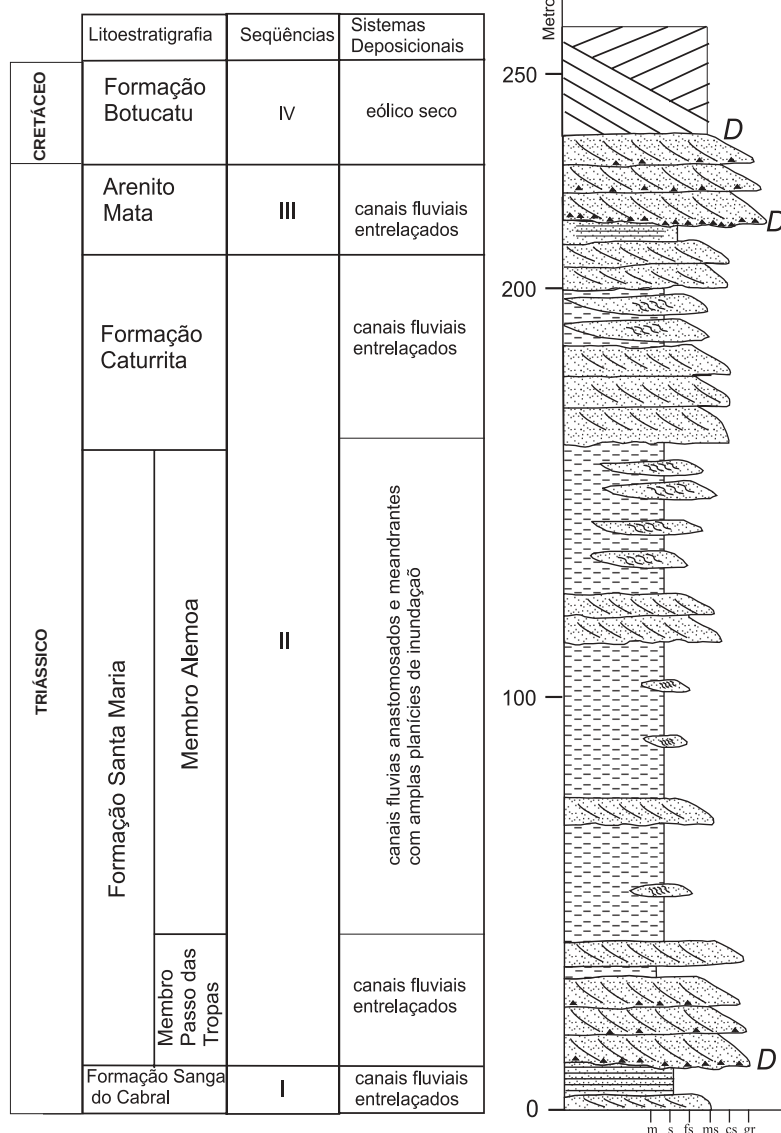


Figura 3. Seção colunar composta das unidades mesozóicas do Rio Grande do Sul. Modificado de Faccini (1989).

Figure 3. Composite stratigraphic profile of the Mesozoic units in Rio Grande do Sul. Modified from Faccini (1989).

moderada sinuosidade (Formação Caturrita). Tais características indicam uma significativa mudança no estilo fluvial, vinculada a uma progressiva diminuição da taxa de criação de espaço de acomodação (Faccini et al., 1998).

A PALEOFAUNA TRIÁSSICA

Terápsidos

Os terápsidos são considerados presentemente, com base em estudos filogenéticos, como não relacionados aos répteis. Pertencem à linhagem filogenética Synapsida que, ao longo do tempo geológico, desenvolveu claras adaptações na direção

dos mamíferos. Tais adaptações são particularmente visíveis na sub-ordem Cynodontia. Outra sub-ordem terápsida ocorre no Triássico do Rio Grande do Sul, os Dicynodontia.

Cinodontes (cynos=cão; odontos=dentes)

Diversas feições estruturais indicam a ancestralidade dos cinodontes em relação aos mamíferos. Algumas delas são: a) um palato secundário no crânio; b) diferenciação zonal da dentição em incisivos, caninos e pós-caninos; c) ossos pós-dentários da mandíbula crescentemente envolvidos na audição; d) modificações nos esqueletos axial e apendicular, levando a uma postura ereta (parassagital) dos membros e mais fácil deslocamento (Figura 4, A). Cinodontes podem geralmente ser divididos em carnívoros gonfodontes, respectivamente com dentes cônicos ou transversalmente alargados (Figura 4, B-C). A dentição gonfodonte indica uma dieta herbívora; entretanto, poder-se-ia assumir que tais cinodontes pudessem alimentar-se de animais mortos, face à escassez de vegetais. Os gonfodontes são mais numerosos do que os carnívoros na metade inferior das camadas Santa Maria; ambos são raros na metade superior. Cinodontes foram terápsidos de tamanho médio (aproximadamente 1m de comprimento por 0,50m de altura).

Dicynodontes (di=dois;cynos=cão; odontos=dentes)

Estes terápsidos eram bem maiores do que os cinodontes. As maiores formas, tais como *Stahleckeria*, alcançavam 4m de comprimento por cerca de 1.70m de altura máxima. *Dinodontosaurus* (Figura 4, D) era algo menor. Nos dicynodontes triássicos, os dentes da pré-maxila, maxila e mandíbula foram substituídos por um duro revestimento córneo, muito efetivo para o corte de caules e folhas. Dicynodontes do Triássico Médio ainda retinham um par de grandes caninos maxilares, que também foram perdidos nas formas do Triássico Superior. A locomoção era certamente lenta, em face da primitiva implantação das patas anteriores, como

se observa na reconstrução de *Dinodontosaurus*, forma abundante na metade inferior da Formação Santa Maria. Decididamente, os dicinodontes foram a refeição preferida dos grandes tecodontes e das hordas de cinodontes carnívoros.

Arcossauros

Tecodontianos (*theca*= alvéolo; *odontos*= dentes)

Alguns tecodontianos do Triássico sul-americano (Brasil e Argentina) foram répteis carnívoros grandes e agressivos. Entre as formas brasileiras (Fm. Santa Maria), *Prestosuchus chiniquensis* (atualmente sob revisão taxonômica por E.E. Kischlat) é notável. O grande crânio (1m de comprimento) apresenta as características fenestras antorbitais do grupo e dentes com comprimento de 10-11cm. Considerando a postura avançada de seus membros, sua locomoção devia ser comparativamente rápida. *Prestosuchus* tinha um comprimento de mais de 6m e uma altura máxima em torno de 1.70m (Figura. 4, E, F).

Arcossauromorfos

Rincossauros (*rhynchos*=bico; *saurus*=réptil)

Tais répteis exibiam notáveis adaptações no crânio. De forma triangular, o crânio apresentava seu vértice anterior, formado pelos ossos pré-maxilares, fortemente curvado para baixo na forma de um bico, que encaixava-se no espaço em forma de V na extremidade anterior da mandíbula. A dentição maxilar era muito peculiar, caracterizando-se por fileiras múltiplas de dentes separadas por um sulco mediano. Bico e dentes parecem ter sido uma adaptação para a alimentação à base de frutos com sementes duras (Figura. 4, G, H, I). Rincossauros poderiam ter atingido mais do que 3m de comprimento e cerca de 90cm de altura. Muito raros na metade inferior da Formação Santa Maria, são extremamente abundantes na superior (90%). A recente revisão taxonômica desenvolvida por Langer (1996) revelou que os rincossauros sul-brasileiros incluíam mais gêneros e espécies do que anteriormente pensado. Ademais, como um dos resultados deste estudo, o historicamente famoso *Scaphonyx fischeri* resultou em uma espécie não sustentável, eis que seus nomes genérico e específico foram corretamente identificados como *nomina vana*.

Figura 4. Os tetrápodes mais representativos no Triássico do Brasil meridional.

A. Reconstrução esquelética de um cinodonte Eo-Triássico, *Thrinaxodon*, para mostrar a postura avançada de seus membros. Segundo Jenkins (1971).

B. Vista palatal do crânio do cinodonte *Chiniquodon kitchingi* (Cenozona de Therapsida), mostrando os dentes carnívoros cônicos. Segundo Teixeira (1982).

C. Vista palatal do crânio do cinodonte gonfodonte *Exaeretodon* (Cenozona de Rhynchosauria), para mostrar os dentes transversalmente aumentados. Desenho de M.C. Barberena e J.E.F. Dornelles.

D. Reconstrução do dicinodonte *Dinodontosaurus turpior* (Cenozona de Therapsida). Desenho de M.C. Barberena.

E. O crânio de tecodontiano *Prestosuchus chiniquensis* (Cenozona de Therapsida) em vista lateral. Fotografia de M.C. Barberena.

F. Reconstrução de *Prestosuchus chiniquensis*, em escala a uma figura humana de 1,80m. Segundo Holz (1999, com o desenho do réptil por J.E.F. Dorneles).

G. Vista lateral do crânio do rincossauro *Hyperodapedon* (Cenozona de Rhynchosauria), mostrando o característico bico pré-maxilar. Segundo Schultz (1998).

H. Vista palatal do mesmo, mostrando as diversas fileiras de dentes maxilares separadas por um sulco. Segundo Schultz (op. cit.).

I. Reconstrução de *Hyperodapedon*, em escala a uma figura humana de 1,80m. Segundo Holz (op. cit.).

Figure 4. The most representative tetrapods in the Triassic of southern Brazil.

A. Skeletal reconstruction of an Early Triassic cynodont, *Thrinaxodon*, to show the advanced posture of its limbs. After Jenkins (1971).

B. Palatal view of the skull of the cynodont *Chiniquodon kitchingi* (Therapsida Cenozoone), to show the conical carnivorous teeth. After Teixeira (1982).

C. Palatal view of the skull of the gomphodont cynodont *Exaeretodon* (Rhynchosauria Cenozoone), to show the transversely enlarged teeth. Drawing by M.C. Barberena and J.E.F. Dornelles.

D. Reconstruction of the dicynodont *Dinodontosaurus turpior* (Therapsida Cenozoone). Drawing by M.C. Barberena.

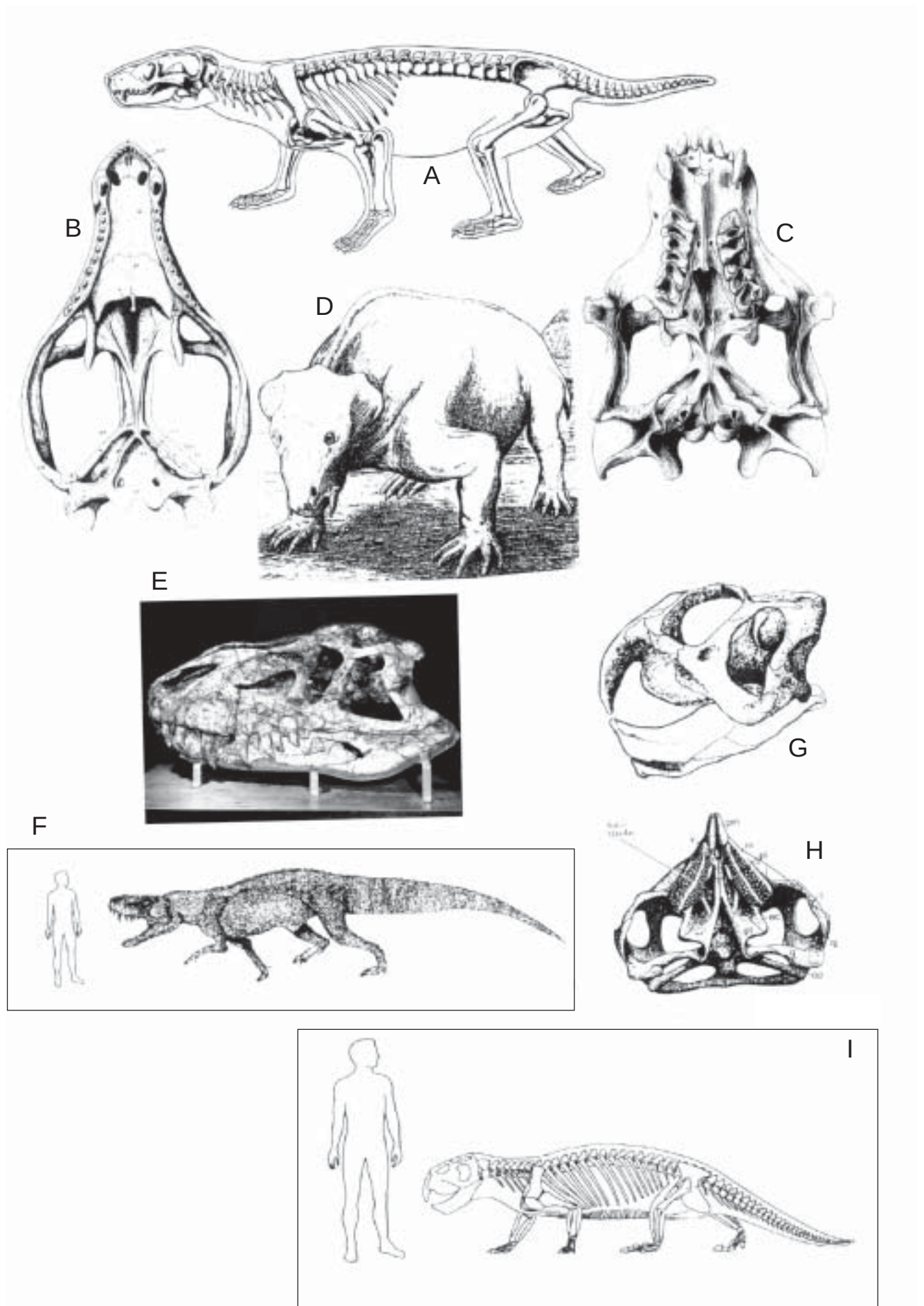
E. The skull of the thecodontian *Prestosuchus chiniquensis* (Therapsida Cenozoone) in lateral view. Photography by M.C. Barberena.

F. Reconstruction of *P. chiniquensis* put in scale to a 6 feet-tall human figure. After Holz (1999, with the thecodontian drawing by J.E.F. Dornelles).

G. Lateral view of the skull of the rhynchosaur *Hyperodapedon* (Rhynchosauria Cenozoone), showing the characteristic premaxillary beak. After Schultz (1998).

H. Palatal view of the same, to show the several rows of maxillary teeth separated by a sulcus. After Schultz (op. cit.).

I. Reconstruction of *Hyperodapedon* (Rhynchosauria Cenozoone), put in scale to a 6 feet-tall human figure. After Holz (op. cit.).



Dinossauros (dinos=forte, temível; *saurus*=réptil)

Por muitos anos, a única espécie dinossauriana bem estabelecida para a Formação Santa Maria foi *Staurikosaurus pricei*, descrita por Colbert (1970).

Graças ao trabalho de campo recentemente desenvolvido nos níveis superiores daquela formação e também nas Camadas Caturrita, duas novas espécies de dinossauros foram determinadas, *Saturnalia tupiniquim* (Langer *et al.*, 1999) e *Guaibasaurus candelariensis* (Bonaparte *et al.*, 1999). Indubitavelmente, o achado destas espécies será de muita valia para o traçado da cladogênese dos dinossauros triássicos.

Formas Eo-Triássicas

Formas eo-triássicas têm sido progressivamente coletadas em níveis conglomeráticos da Formação Sanga do Cabral. Elementos faunais identificados (alguns de forma preliminar) são procolofonídeos, protorossauros e anfíbios temnospôndilos. Apesar das difíceis condições de preparação e identificação, Silva (1999) produziu uma detalhada e atualizada revisão dos materiais disponíveis, comentando sobre as prévias contribuições ao assunto.

TAFONOMIA

Ainda não há dados tafonômicos das assembléias fósseis da Formação Sanga do Cabral. Os estratos e a tafocenose enfocados no presente capítulo são litoestratigraficamente vinculados ao Membro Alemoa da Formação Santa Maria, depositada em um sistema fluvial com canais anastomosados e meandantes (Fonseca & Scherer, 1998).

Os lamitos vermelhos maciços ou laminados do Membro Alemoa representam as fácies de planície de inundação, depositadas durante períodos de intensa precipitação pluviométrica, quando as margens dos canais fluviais eram rompidas e água carregada de sedimento inundava as planícies. Próximo aos canais, sedimentação rápida gerava depósitos de *crevasse splay*. Em regiões mais distais das planícies, sedimento muito fino (silte/argila) depositava e formava camadas milimétricas a centimétricas de lama. Durante as condições normais do "dia-a-dia", a sedimentação fora dos canais era praticamente nula e as planícies ficavam eventualmente expostas, como atestam os níveis de paleossolos e com gretas de ressecamento encontrados em alguns afloramentos.

Os ossos fósseis ocorrem em diferentes graus de desarticulação e fragmentação (desde esqueletos articulados até material isolado e fragmentado), refletindo períodos pós-morte/pré-soterramento

diferentes, conforme resumido na (Figura 5). Material totalmente desarticulado e altamente fragmentado é encontrado na fácies de *crevasse splay* e subordinadamente nos lamitos, enquanto que o material mais articulado e inteiro é encontrado exclusivamente na fácies lamosa da planície de inundação distal.

Como a taxa de sedimentação decresce com a distância da margem do canal, um decréscimo na quantidade de fósseis pode ser esperado nessa direção. De fato, próximo aos canais principais e aos corpos de *crevasse splay*, encontra-se uma maior quantidade de fragmentos fósseis do que na fácies lamosa distal.

Porém, por vezes encontra-se esqueletos articulados nessa fácies distal. Essas ocorrências representam carcaças para-autóctonas de indivíduos afogados durante enchentes. Essas carcaças sofreram flutuação (Schäfer, 1972) e encalharam nos depósitos lamosos da planície quando o nível d'água descia, após o pico das inundações (Figura 5, classe tafonômica 1). Desgaste posterior desses esqueletos devido a ação de necrófagos, intemperismo e retrabalhamento gerou material fóssil desarticulado e fragmentado (Figura. 5, classes tafonômicas 2 a 4), tendo, portanto, dois "destinos tafonômicos" possíveis:

- intemperismo e destruição completa dentro de um período de 15 a 20 anos, baseado em observações atualistas (e.g. Behrensmeyer, 1978);
- soterramento por um evento de enchente antes da destruição total.

Desta forma, os níveis fossilíferos correspondem a eventos de soterramento causados por enchentes, que cobriam os restos esqueléticos espalhados pelas planícies de inundação, incluindo ossos de indivíduos recém-mortos, ossos de indivíduos mortos há meses ou anos e material esquelético próximo ao limite de desintegração pelo intemperismo.

Conforme discutido por Holz (submetido), a tafocenose da Formação Santa Maria, representando um intervalo de tempo da ordem de 12 Ma, tem um índice de representatividade da ordem de 0,21% (=comparação entre o número de indivíduos que viveram nesse período e o número de indivíduos fossilizados). Essa percentagem indica que durante mais de 99% do tempo não ocorria sedimentação em taxas altas o suficiente para soterrar e permitir a fossilização do material ósseo disponível nas planícies de inundação. Os eventos do "dia-a-dia", tais como as anuais enchentes como são observados em sistemas fluviais recentes, não tiveram importância paleontológica, e a maior parte do material ósseo acumulado nas planícies

sofreu o ciclo completo de desarticulação, intemperismo e destruição. Deduz-se daí que os eventos significativos de soterramento e preservação eram raros e que o registro do Meso-Triássico sul-brasileiro está repleto de diastemas.

Um outro aspecto tafonômico importante diz respeito à resolução temporal ou *time-averaging* das tafocenoses. Estas podem ser resultado de uma sedimentação multi-episódica e podem conter um grande intervalo de tempo a despeito de suas espessuras, ou seja, mesmo uma tafocenose contida em um nível pouco espesso pode conter um grande intervalo de tempo devido à mistura temporal de faunas. O *time-averaging* representa o intervalo de tempo durante o qual os restos orgânicos são acumulados em um certo ambiente, desde o tempo de morte e soterramento do primeiro até o último resto orgânico a ser incorporado pelo nível estratigráfico. Grande *time-averaging* é vinculado a intenso retrabalhamento, como é comum nos sistemas marinhos rasos e, no domínio

Taphonomic Classes	Disarticulation scheme	Significance
		<i>P</i> = time span between death and final burial <i>T</i> = taphonomic process
Class 1 (articulated, most complete skeletons)		<i>P</i> = very short, several days <i>T</i> = drifted carcasses, rapidly buried
Class 2 (articulated segments of columns and limbs)		<i>P</i> = tens of weeks <i>T</i> = carcasses exposed to disarticulation by weathering and biotic action
Class 3 (isolated skull and postcranial elements)		<i>P</i> = tens of weeks up to few years <i>T</i> = long-time action of weathering and biota (factors like trampling and scavenger action)
Class 4 (fragmentary skull and postcranial elements)		<i>P</i> = extreme long, close to the limit of physical resistance to weathering (15 to 20 years?) <i>T</i> = extreme weathering and biotic action on skeletal remains

Figura 5. Classes tafonômicas dos tetrápodes fósseis do Membro Alemoa da Formação Santa Maria. Segundo Holz & Barberena (1994), modificado

Figure 5. Taphonomic classes of the fossil tetrapods of the Alemoa Member (Santa Maria Formation). After Holz & Barberena (1994), modified.

Figura 6. Quadro de correlação geológica entre Brasil e Argentina, integrando as paleofaunas e suas respectivas unidades estratigráficas. Segundo Schultz *et al.* (submetido).

Figure 6. Correlation chart between Brazil and Argentina integrating the paleofauna and their respective stratigraphic units. After Schultz *et al.* (Submitted).

STAGE	REPTIL AGE	LOCAL FAUNAS		CENOZONES	LITOSTRATIGRAPHY		DEPOSITIONAL SEQUENCE
	ARGENTINA	ARGENTINA	BRASIL	BRASIL	ARGENTINA	BRASIL	BRASIL
RHAETIC						MATA	III
NORIAN	COLORADENSE	LA ESQUINA			LOS COLORADOS		
CARNIAN	SCHIGUALASTENSE	ISCHIGUALASTO	BOTUCARÁ	Jachaleria LEVEL		CATURRITA	II
LADINIAN			ALEMOA	RHYNCHOSAURIA	ISCHIGUALASTO	SANTA MARIA	
	CHAÑARENSE		CHINIQUÁ		LOS RASTROS		
		LOS CHAÑARES	PINHEIROS	THERAPSIDA	LOS CHAÑARES		

continental, nos canais fluviais meandrantos. Como parte dos depósitos do Membro Alemoa tem sua gênese vinculada a canais anastomosados, a possibilidade de um significativo *time-averaging* é excluída. Isso significa que comparações paleoecológicas e evolutivas entre componentes da fauna podem ser feitas sem maior problema.

Contudo, os estudos de Fonseca & Scherer (1998) detectaram a presença de barras em pontal em algumas localidades, o que indica que canais fluviais meandrantos também se faziam presentes na época deposicional das rochas do Meso-Triássico sul-brasileiro. Fósseis encontrados nesses depósitos podem apresentar um *time-averaging* maior por causa do retrabalhamento das fácies de planície de inundação devido à migração lateral dos sistemas de canais. Essa questão está sob investigação.

Importantes avanços no estudo da influência diagenética sobre a fossilização dessa tafoconose foram apresentados por Holz & Schultz (1998). Ossos de crânio e de membros mostram grandes diferenças morfológicas e volumétricas entre espécimens de um mesmo grupo taxonômico, causadas por cimentação calcítica precoce. Análise petrográfica de lâminas delgadas de ossos fósseis demonstrou que o principal agente eo-diagenético foi a calcita, acompanhada por hematita, precipitados nos poros dos ossos durante a fase inicial de soterramento. A estrutura óssea interna é fragmentada e parcial ou totalmente substituída por calcita (+hematita), começando na parte interior dos ossos e gradualmente expandindo-se para a camada externa de osso compacto. A destruição da estrutura orgânica foi causada pela força de cristalização da calcita (*displacive calcite*), o que ocorre tipicamente em profundidades rasas de soterramento. Esse é um processo que ocorre na zona vadosa e requer uma marcada alternância entre períodos úmidos e secos, indicando um paleoclima semi-árido para o Meso-Triássico sul-brasileiro, numa inferência consistente com outros dados paleoclimáticos.

O ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO

A interpretação bioestratigráfica das faunas triássicas do Brasil meridional revelou-se tarefa difícil, uma vez que a observada descontinuidade entre os afloramentos (sangas e cortes de estradas) não auxiliaram a utilização de unidades bioestratigráficas formais.

Todavia, à medida em que o trabalho paleontológico progredia, tornou-se bastante claro que as assembléias diferiam em termos de conteúdo fóssilífero e grau de evolução, uma indicação de que

também poderiam apresentar distintas idades geológicas. Tais assembléias foram então caracterizadas como *faunas locais*, o que proveu um parâmetro para a correlação entre elas e também em referência a faunas de outras lugares, geograficamente próximos ou distantes.

Os resultados obtidos por esta aproximação ao problema mostraram-se suficientemente significantes. Barberena *et al.* (1985, 1991) apresentaram os resultados de cronocorrelação produzidos pela comparação (táxons compartilhados) entre sedimentos portadores de tetrápodes permianos e triássicos do Brasil, Argentina e África. Sete faunas locais foram então estabelecidas.

Mesmo importantes como o foram para os objetivos de cronocorrelação, as faunas locais, em sendo unidades paraestratigráficas, não poderiam ser usadas na busca de um arcabouço bioestratigráfico de natureza formal. Como discutido abaixo, isto viria a ser atingido nos últimos dez anos, quando vários novos afloramentos foram encontrados e novas aproximações operacionais para uma mais detalhada calibração faciológica foram introduzidas.

O presente capítulo limitará suas conclusões bioestratigráficas aos sedimentos do Médio e Neo-Triássico do extremo sul do Brasil; trabalho agora em progresso ocupar-se-á da bioestratigrafia permiana e eo-triássica da área em futuras comunicações.

A combinação de evidências apresentadas pelos trabalhos de Barberena *et al.* (1993), Scherer (1994) e Schultz *et al.* (1994) permitiram o reconhecimento de duas cenozonas e de um intervalo bioestratigráfico informal: Cenozona de Therapsida, Cenozona de Rhynchosauria e o Nível de *Jachaleria*. Em certa medida, a presente subdivisão incorpora algumas evidências previamente comentadas por Barberena (1977).

As cenozonas agora estabelecidas, de fato, seguem-se no tempo com uma modificação claramente perceptível no conteúdo fóssilífero. Ademais, sua continuidade lateral pôde ser traçada entre os afloramentos envolvidos (Figura. 6).

A cenozona de Therapsida inclui o contexto sedimentar e o conteúdo faunístico das Faunas Locais de Pinheiros e Chiniquá (Ladiniano). Seu conteúdo faunístico é marcadamente dominado pelos cinodontes e dicinodontes (terápsidos), associados a tecodontianos e a uma escassa presença de rincossauros e procolofonídeos. A Cenozona de Rhynchosauria (Carniano) inclui as Faunas Locais de Alemoa e Botucaraí, embora a existência da segunda pareça

problemática. Seu conteúdo fossilífero está composto principalmente por rincossauros (90%) seguidos por cinodontes, tecodontes e dinossauros.

Barberena *et al.* (1985) definiram a Fauna Local de Botucaraí tomando como referência um grande afloramento da Formação Caturrita, situado na base do Cerro Botucaraí, a 11km W da cidade de Candelária. Tal afloramento continha os restos muito bem preservados do dicinodonte avançado *Jachaleria candelariensis*, associados com raros dentes de arcossauros. Recentemente, vestígios do dinossauro prosaurópodo, *Guaibasaurus candelariensis*, foram também encontrados.

Barberena *et al.* (*op. cit.*) tinham também incluído na Fauna Local de Botucaraí o tecodontiano *Proterochampsia nodosa* e o cinodonte traversodontídeo *Exaeretodon*, coletados em outro afloramento da Formação Caturrita. Contudo, trabalho estratigráfico de grande detalhe, desenvolvido por Scherer (1994) na área do Cerro Botucaraí e áreas vizinhas, demonstrou que a correlação entre os dois afloramentos não é sustentável, já que os níveis com *Jachaleria* e seus associados encontram-se em posição estratigráfica bem mais alta. Assim sendo, *Proterochampsia* e *Exaeretodon* deveriam mais apropriadamente ser consignados aos níveis superiores da Cenozona de Rhynchosauria.

De acordo com as novas observações, Scherer (*op. cit.*) propôs a delimitação de uma unidade bioestratigráfica informal nova, o Nível de *Jachaleria*, com este dicinodonte e formas associadas.

A presente situação gera problemas para a manutenção da Fauna Local de Botucaraí como unidade individualizada, eis que o afloramento do Cerro Botucaraí deve ser agora considerado como a exposição-tipo do Nível de *Jachaleria*.

De outra parte, não existe qualquer indicação de hiato significante entre a Cenozona de Rhynchosauria e o Nível de *Jachaleria*. Como ocorre na Argentina, a evidência observável refere-se a uma mudança faciológica, marcada por um aumento progressivo da razão arenito/pelito em direção ao topo do pacote, indicativa de mudança no sistema fluvial, de anastomosado/meandrante para entrelaçado.

Em relação às duas cenozonas acima citadas, um completo relato sobre seu conteúdo fossilífero está sendo concluído (C.L. Schultz, C.M.S. Scherer e M.C. Barberena, submetido).

Para o presente, duas características diferenciais

entre seus componentes faunísticos podem ser expressas: a) a dominância de dicinodontes na Cenozona de Therapsida e sua completa ausência da Cenozona de Rhynchosauria; b) a raridade dos rincossauros (2 espécimes) na primeira e sua espetacular dominância na segunda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barberena, M.C. 1977. Bioestratigrafia preliminar da Formação Santa Maria. *Pesquisas*, 7 : 111-129.
- Barberena, M.C.; Araújo, D.C.; Lavina, E.L.C.; Azevedo, S.A.K. 1985. O estado atual do conhecimento sobre os tetrápodes permianos e triássicos do Brasil Meridional. In: CONGR. BRAS. PAL., 8, Rio de Janeiro, 1983. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*, Ser. Geol., Seção Paleontologia e Estratigrafia, Brasília 27 (2) :21-28.
- Barberena, M.C.; Araújo-Barberena, D.C.; Lavina, E.L.C.; Faccini, U.F. 1991. The evidence for close paleofaunistic affinity between South America and Africa, as indicated by Late Permian and Early Triassic tetrapods. In: GONDWANA SEVEN (Ulbrich & Rocha Campos, Edit.), São Paulo, 1991. *Proceedings ...* p. 455-467.
- Barberena, M.C.; Faccini, U.F.; Scherer, C.M.S. 1993. Situação atual e perspectiva da bioestratigrafia da Formação Santa Maria. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ 1, 1993, Rio Claro, Boletim de Resumos : 100-101.
- Beltrão, R. 1965. Paleontologia de Santa Maria e São Pedro do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim Inst. Cienc. Naturais (UFMS)*, 2 : 1-114.
- Behrensmeyer, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4 (2) : 150-162.
- Bonaparte, J.F.; Ferigolo, J.; Ribeiro, A.M. 1999. A new early Late Triassic saurichian dinosaur from Rio Grande do Sul State, Brazil. In: SECOND GONDWANAN DINOSAUR SYMPOSIUM (Y. Tomida, T.H. Rich, P. Vickers-Rich, Edit.). *National Science Museum Monographs*, 15 : 89-109, Tokyo.
- Faccini, U.F. 1989. *O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul. Uma análise sob o ponto de vista das seqüências deposicionais*. Curso de Pós-Graduação em Geociências, 121p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Faccini, U.F.; Zeffass, H.; Garcia, A.J. 1998. The Upper Permian-Triassic stratigraphy and petrologic approach to the SE Paraná Basin, Southern Brazil: depositional styles versus base level changes. In: EPICONTINENTAL TRIASSIC INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1, Halle, 1998. *Abstracts ...*, p. 47-48.
- Fonseca, M.M.; Scherer, C.M.S. 1998. The Meso and Late Triassic of Southbrazilian Gondwanaland: a process-oriented analysis and the fluvial deposits. In: EPICONTINENTAL TRIASSIC INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1, Halle, 1998. *Abstracts ...*, p. 51-52.
- Holz, M. 1999. *Do mar ao deserto - a evolução do Rio Grande do Sul no tempo geológico*. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 142p.
- Holz, M. (Submitted). Vertebrate taphonomy of the Ladinian-Carnian reptilian fauna of the Southern Brazilian Triassic:

- is it possible to access representativity and time-resolution of the taphocenosis? *Acta Paleontológica Hispánica*.
- Holz, M.; Barberena, M.C. 1994. Taphonomy of the Brazilian Triassic Paleoherpertoфаuna: Patter of Death, Transport and Burial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeo-ecology*, 107 : 179-197, Elsevier, Holland.
- Holz, M.; Schultz, C.L. 1998. Taphonomy of the South Brazilian Triassic herpetofauna: fossilization mode and implications for morphological studies. *Lethaia*, 31 : 335-345.
- Huene, F.F. von. 1942. *Die Fossilen Reptilien des Südamerikanischen Gondwanalandes*. München, C.H. Becksche Verlags., 332p.
- Huene, F.F. von. 1990. *Répteis Fósseis do Gondwana Sul-Americano*. CCNE, Universidade Federal de Santa Maria, 353p.
- Jenkins, F.A. 1971. The postcranial skeleton of African *cynodonts* *Bull. Peabody Museum (Nat. Hist.)*, New Haven, Connecticut, 36 216p.
- Langer, M. C. 1996. *Rincossauros sul-brasileiros: histórico e filogenia*. Curso de Pós-Graduação em Geociências), 2 vols., 361p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências Universidade Federal do Rio Grando do Sul.
- Langer, M. C.; Abdala, F.; Cichter, M.; Benton, M. J. 1999. A sauropodomorph dinosaur from the Upper Triassic (Carnian) of Southern Brazil. *C.R. Acad. Sci. Paris (Sciences de la terre et desplnètes)*, 329 : 511-517.
- Schäfer, W. 1972. *Ecology and paleoecology of marine environments*. Chicago Press, 568p.
- Scherer, C. M. S. 1994. *Análise faciológica e bio-estratigráfica do Triássico Superior (topo da Formação Santa Maria na região de Candelária RS)*. Curso de Pós-Graduação em Geociências, 100p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Schultz, C. L. 1998. Répteis versus mamíferos: Uma batalha de 250 milhões de anos. *Ciência e Ambiente*. Editora da Universidade Federal de Santa Maria, 16 : 51-82
- Schultz. C. L.; Scherer, C. M. S.; Barberena, M. C. 1994. Uma nova proposta de zoneamento estratigráfico para o Triássico Superior sul-rio-grandense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **38**, Camboriú-SC, 1994. *Boletim de Resumos...*, 107-108.
- Schultz, C. L.; Scherer, C. M. S.; Barberena, M. C. (submitted) Biostratigraphy of the southern Brazilian Middle-Upper Triassic. *Revista Brasileira de Geociências*.
- Silva, S. D. 1999. *Descrição de novos achados, taxonomia, revisão do conteúdo fóssilífero e correlações faunísticas da Formação Sanga do Cabral (Triássico Inferior do Rio Grande do Sul)*. Curso de Pós-Graduação em Geociências, 132p. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Teixeira, A. M. S. 1982. Um cinodonte carnívoro (*Probesodon Kitchingi* sp. nov.) do Triássico do Rio Grande do Sul, Brasil. *Comum. Mus. Cienc. PUCRGs Porto Alegre*, 24 : 1-31.

¹ Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Av. Bento Gonçalves, 9.500, Agronomia, Campus Vale - Cx. Postal 15.001, Porto Alegre, RS - CEP 91509-900

² scherer@portoweb.com.br