

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**TAFONOMIA EM SISTEMAS FLUVIAIS: UM ESTUDO DE CASO  
NA FORMAÇÃO SANTA MARIA, TRIÁSSICO DO RS**

**Ana Luisa Outa Mori**

**Orientador : Prof. Dr. Michael Holz**

**Comissão Examinadora: Prof. Dr. Marcello G. Simões**

**Prof. Dra. Marina Bento Soares**

**Prof. Dr. José E. F. Dornelles**

**Dissertação de Mestrado  
apresentada como requisito  
para obtenção do Título de  
Mestre em Geociências**

**Porto Alegre - 2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Mori, Ana Luisa Outa

Tafonomia em sistemas fluviais: um estudo de caso na formação Santa Maria, Triássico do RS. / Ana Luisa Outa Mori. - Porto Alegre: UFRGS, 2005.

[127 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2005.

1. Paleontologia. 2. Tafonomia. 3. Formação Santa Maria. 4. Triássico. I. Título.

---

Catálogo na Publicação

Biblioteca Geociências - UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

*“Começamos com uma palavra cujo significado pensamos que compreendemos... e começamos a investigar as coisas que essa palavra designa. Acabamos sempre por descobrir que a palavra muda de significado no decorrer da investigação e, muitas vezes, temos de inventar novas palavras para as coisas que vamos descobrindo.”*

*J.S.B. Haldane (1985)*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas citadas abaixo, e acredito que as palavras postadas aqui não seriam suficientes para descrever toda minha gratidão diante do apoio, incentivo, aprendizado e companheirismo que me proporcionaram durante toda a preparação desse manuscrito.

Ao Prof. Dr. Michael Holz, por ter aceito na orientação deste trabalho, pelo encaminhamento e paciência que teve quando da mudança de tema do trabalho em virtude das pequenas dificuldades que surgiram ao longo do preparo dessa dissertação.

A Ana Maria Ribeiro e Jorge Ferigolo por disponibilizar os materiais para este estudo e também na discussão das idéias deste trabalho.

A Prof. Dra. Marina Bento Soares e Prof. Dr. Cesar Schultz pelas discussões e apresentação de idéias que poderiam ser incorporadas junto a esta dissertação.

A Paula Dentzien pelo imenso auxílio geológico na confecção dos perfis em campo.

A Cristina Machado, pelas discussões e sugestões apresentadas, que foram bastante importantes no direcionamento e elaboração deste trabalho.

A Paulo Macedo, Lizandro Nunes, Felipe Kislowski que me auxiliaram na preparação do material de estudo.

Aos meus colegas de mestrado, que tornaram-se grandes amigos durante essa jornada: Téo Veiga (também pelo preparo do desenho do tecodonte nas e discussões anatômicas), Graciela Tybusch, Pablo Rodrigues, Leonardo Morato, Carolina Scherer, Carolina Gutstein, Daiana Boardman, Annie Hsiou, Bianca Mastrantônio. Obrigada por todo o companheirismo, paciência e todas as discussões que tivemos. Sei que posso contar sempre com vocês. Aprendi muito com todos vocês.

A todas as pessoas (que não estão citadas aqui, mas são muitas) que de alguma maneira contribuíram (mesmo que incentivando) e me ajudaram na finalização deste trabalho.

Aos meus pais, pela dedicação, incentivo, apoio emocional e financeiro. A vocês devo minha maior gratidão. Amo muito vocês.

## ÍNDICE

1. Introdução.....	1
1.1. A tafonomia de paleovertebrados triássicos no RS .....	2
1.2. Objetivos .....	4
1.3. Localização da área de estudo .....	5
2. Metodologia .....	7
2.1. Aquisição de dados .....	7
2.2. Interpretação dos dados .....	8
3. Paleoecologia e Tafonomia .....	8
3.1. Histórico da Paleoecologia .....	11
3.2. Paleoecologia x Tafonomia .....	15
4. Geologia regional .....	25
4.1. A Bacia do Paraná: Evolução e estratigrafia .....	25
4.2. Bioestratigrafia das Unidades Mesozóicas do RS .....	42
5. Apresentação dos dados .....	46
5.1. Geologia local .....	46
5.1.1. Paleoalterações .....	58
5.1.1.1. Hidromorfismo .....	59
5.1.1.2. Carbonatação .....	59
5.1.1.3. Pedotúbulos .....	60
5.2. A paleofauna local .....	65
5.2.1. Tedodontes .....	66
5.2.2. Dicinodontes .....	69
5.2.3. Cinodontes .....	71
5.3. Descrição do material .....	73
6. Resultados, discussão, interpretação .....	79
6.1. Caracterização geológica da área de estudo .....	79

6.2.	Classes tafonômicas de ocorrência .....	82
6.3.	Classes tafonômicas e o ambiente deposicional .....	89
6.4.	O esqueleto semi-desarticulado de arcossauria (PV 0629T) .....	92
7.	Conclusões .....	105
8.	Referências bibliográficas .....	107

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1. Localização da área de estudo.....	6
Figura 2. Fluxograma básico para interpretações paleoecológicas .....	16
Figura 3. Relação entre a Tafonomia e os diferentes processos geradores das concentrações ósseas .....	17
Figura 4. Alteração volumétrica de fósseis; B e D, respectivamente crânios bem preservados de cinodonte e rincossauro; C e D, são crânios “inchados” .....	19
Figura 5 . Retrabalhamento ósseo levando à mistura temporal de restos de diferentes idades .....	21
Figura 6. Localização da bacia do Paraná .....	27
Figura 7. Mapa simplificado das unidades litoestratigráficas do RS .....	29
Figura 8. Arcabouço tectono-sedimentar no Meso/Neotriássico .....	30
Figura 9. Perfil composto das unidades sedimentares mesozóicas do RS .....	33
Figura 10. Quadro cronoestratigráfico das unidades mesozóicas aflorantes no Estado do RS.....	35
Figura 11. Cronocorrelação entre as faunas entre triássico brasileiro e argentino .....	45
Figura 12. Vista geral do afloramento na porção atrás do posto de gasolina .....	47
Figura 13. Vista geral do afloramento (porção composta predominantemente por pelito, interpretada como depósitos de planície de inundação) .....	47
Figura 14 . Perfil 1.....	49
Figura 15 . Perfil 2 .....	50
Figura 16 . Perfil 3 .....	51
Figura 17 . Perfil 4.....	52
Figura 18. Perfil 5.....	53
Figura 19 . Perfil 6.....	57

Figura 20. Crosta carbonática .....	61
Figura 21. Nódulo de calcita fibrorradiada .....	61
Figura 22. Carbonatação de fendas.....	62
Figura 23. Rizoconcreções carbonáticas.....	62
Figura 24. Vista geral da carcaça do tecodonte, antes da preparação .....	74
Figura 25. Desenho esquemático de PV0629T, espécime cuja preparação foi acompanhada .....	75
Figura 26. Elementos do crânio recuperados de PV0629T .....	101
Figura 27. Características tafonômicas de concentrações ósseas hipotéticas(modificado de Badgley, 1986) .....	104
Tabela 1. Registro da palefauna local.....	64
Tabela 2. Apresentação dos elementos ósseos <i>in situ</i> .....	84

## RESUMO

O conteúdo fossilífero do afloramento Posto, localizado na cidade de Dona Francisca (Formação Santa Maria, Bacia do Paraná, Triássico Médio), UTM (22) 0270854/6720302 tem sido estudado e coletado com enfoque a classificação sistemática dos fósseis encontrados. Uma vez que grande parte dos trabalhos relacionados à tafonomia do Rio Grande do Sul englobam a paleoherpetofauna como um todo, este trabalho torna-se importante por deter-se em concentrações específicas, sendo raros os estudos tafonômicos enfocando o conteúdo fossilífero de apenas um único afloramento. O material desta área, encontra-se em diferentes estados de articulação e preservação, sendo encontrado restos de cinodontes (crânios), dicinodontes (de crânios a outros elementos pós-cranianos) e arcossauriformes (crânios, vários elementos pós-cranianos, geralmente isolados e um esqueleto articulado, composto por seqüência vertebral, cintura pélvica e membros associados).

Este trabalho tem como principal objetivo contar a história tafonômica do material fóssil encontrado na área de estudo, onde estes foram localizados pontualmente em seis perfis detalhados do afloramento, e posteriormente considerar tais elementos fósseis dentro do sistema deposicional nas respectivas fácies.

A tafocenose é interpretada como sendo representante de uma paleofauna autóctone preservada em fácies de planície de inundação, e embora sejam encontrados diversos fósseis de diferentes posições ecológicas, com restos de predadores e presas dispersos no sedimento, não ocorreu concentração por predadores e provavelmente sem morte catastrófica. A presença das paleoalterações pedogênicas e freáticas, indicando uma distância relativa ao canal principal bastante grande, sugere um tempo de exposição bastante razoável até o soterramento das carcaças ou dos elementos isolados, permitindo um grau de desarticulação bastante avançado para alguns elementos ósseos. Para os esqueletos ou restos ósseos semi-articulados, é sugerido que o tempo de exposição entre morte e soterramento tenha sido menor, permitindo que grande parte dos seus elementos ósseos tenham sido preservados articulados associados a outros restos dispersos na planície já isolados.

## ABSTRACT

The fossils from Posto outcrop, located nearby the city of Dona Francisca (Santa Maria Formation, Paraná Basin, Middle Triassic, UTM (22) 0270854/6720302) have been collected and studied focused on systematic classification rather than taphonomic aspects, which are the goal of the present dissertation, where the aim is a high resolution taphonomic analysis of one single outcrop.

The fossil content of the outcrop is characterized by cynodont skulls, and skulls and post-cranial elements from dicyodont and arcosauromorphs. These fossils show two different stages of preservation. Most of the bones occur as disarticulated and scattered remains. One arcosauromorph occurs as articulated and almost complete skeleton, formed by a succession of articulated vertebrae, pelvic girdle and associated members.

These fossils are preserved in red, mostly massive mudstones, interpreted as originated from distal floodplains in a anastomosing river system.

The taphocoenosis is interpreted as a remain off a autochthonous paleofauna with no bias due to mass death, hydraulic or biogenic selection. The presence of pedogenic and phreatic alterations are indicating a relative distance from the main channels and suggest a relatively huge residence time, leading to the intense disarticulation and scattering observed in most of the fossils. For the articulated skeleton a short residence time is interpreted.

## 1. INTRODUÇÃO

O termo Tafonomia (do grego *tafos* = sepultamento e *nomos* = leis) foi proposto pela primeira vez por Efremov (1940) em seu artigo *Taphonomy: A new branch of paleontology*, para aplicar ao conjunto de “leis” que regem a passagem de um resto orgânico da biosfera para a litosfera. Embora o termo tenha sido proposto somente em meados do século XX, a pesquisa tafonômica é tão antiga quanto os primeiros estudos paleontológicos: logo quando encontra-se uma ocorrência fossilífera, questões do tipo como foi originada tal ocorrência fossilífera ou porquê da posição do resto ósseo em relação ao sedimento encaixante acabam surgindo, e certamente nos primeiros estudos paleontológicos estas questões devem ter sido feitas. Uma vez que durante a passagem de um resto orgânico até sua fossilização sempre haverá algum tipo de tendenciamento, seja no próprio processo ou mesmo durante sua coleta ou preparação, a pesquisa tafonômica torna-se imprescindível para refinar os estudos paleontológicos, qualquer que seja, incluindo a sistemática filogenética (baseada estritamente em estudos morfológicos/morfometria óssea), evolutivos, paleoecológicos ou paleobiológicos.

## 1.1. A TAFONOMIA DE PALEOVERTEBRADOS TRIÁSSICOS NO RIO GRANDE DO SUL

Os trabalhos pioneiros envolvendo pesquisa tafonômica nos fósseis triássicos do Rio Grande do Sul foram apresentados por Holz & Barberena (1989) e Schultz *et al.* (1990). Nestes estudos iniciais, a importância dos estudos tafonômicos dentro de outras grandes áreas da paleontologia e o papel da diagênese na preservação dos fósseis foram discutidos. Uma vez que uma comunidade fóssil não é necessariamente um registro fiel da paleocomunidade, e que da morte ao soterramento final do organismo vários processos, sejam eles físicos ou químicos atuem na estrutura óssea ou qualquer outro material a ser preservado, quando então são incluídos vários tendenciamentos (*bias*) nessa amostra, estes trabalhos, assim também feito pelos posteriores, ressaltavam a necessidade da revisão do conteúdo fossilífero Triássico sob as considerações do pensamento tafonômico que tentava estabelecer-se no Brasil. Já em Schultz *et al.* (1990), é observado que a diagênese atua igualmente sobre os restos ósseos de dos grupos fósseis triássicos, e que, além da calcita ser o agente predominante na diagênese, preenchendo as cavidades ósseas, muitas vezes este preenchimento mineral pode resultar numa alteração física (fraturamento) e/ou química (dissolução), podendo alterar grandemente a morfologia óssea externa, o que poderia levar a diagnoses erradas se tais fatores não fossem considerados.

Holz & Barberena (1994) propõem para o Triássico sul-brasileiro um modelo tafonômico para os padrões de morte, transporte e soterramento para os paleovertebrados da Formação Santa Maria. Dentro deste contexto, quatro

classes tafonômicas de ocorrência são apresentadas, de acordo com seu grau de articulação: de esqueletos completos, representantes de carcaças que teriam sofrido rápido soterramento final a ossos isolados, ou seja, restos ósseos de carcaças que ficaram muito tempo expostos até o seu soterramento final, desarticulando e estando sujeitos à atividade biogênica.

Holz & Schultz (1998) analisam os restos ósseos em lâminas petrográficas e discutem novamente a alteração volumétrica dos fósseis triássicos. A calcita seguida pela hematita, predomina como principal agente permineralizante, inicialmente preenchendo a porção esponjosa (externa) do osso, estendo-se gradualmente as porções internas, mais compactas. A alteração volumétrica acontece quando este resto ósseo, nas fases iniciais da diagênese, não está soterrado a grandes profundidades, permitindo que ocorra recristalização da calcita e então o *displacement*.

Holz & Souto-Ribeiro (2000) apresentam uma nova abordagem tafonômica para o conteúdo fossilífero da Formação Santa Maria. Ainda dentro das quatro classes tafonômicas propostas segundo o modo de articulação das amostras fósseis, estes dados foram integrados ao sistema deposicional proposto para o Ladiniano-Anisiano do Triássico sul-brasileiro, apresentado como um sistema de rios anastomosados, onde nas suas planícies de inundação, caracterizados pelos pelitos vermelhos típicos da Formação Santa Maria, desenvolvia-se a fauna triássica, onde encontram-se a maior quantidade de restos articulados e restos com melhor qualidade de preservação.

Machado (2004), estudando o sítio fossilífero Schoenstatt em Santa Cruz do Sul, interior do Rio Grande do Sul, sugere para sua concentração óssea como resultante/gerada por atividade biogênica, por predadores ou

necrófagos, uma vez que os restos esqueléticos encontrados seriam espécies que ecologicamente representariam as presas do período, além da presença de distintos grupos de transportabilidade, o que poderia indicar uma concentração alóctone gerada por transporte aquoso. Além disso, propõe que diferentes modos preservacionais são resultantes de variação do nível freático: quando alto, o material orgânico ficava sujeito a permineralização e conseqüente formação de nódulos carbonáticos; ao contrário, quando o nível freático apresentava-se baixo, a carbonatação era substituída por silicificação do material.

## **1.2. OBJETIVOS**

A presente dissertação procura contar a história tafonômica do material fóssil encontrado na área de estudo, localizada no município de Dona Francisca, região central do estado do Rio Grande do Sul. Esta área foi escolhida porque pensava-se em formular a hipótese apenas de um único espécime, o esqueleto semi-articulado de um tecodonte preservado em sedimentos finos de depósitos da planície de inundação, depositado no Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, concentrando-se na tafonomia desse espécime, já que existem pouquíssimos trabalhos tafonômicos enfocando o estudo de um único material. Procurando resgatar informações tafonômicas da coleta do material de interesse, outras informações foram obtidas, como também do registro de outro material fóssil de arcossauria, bastante próximo do ponto de coleta de onde havia sido retirado o

primeiro material, porém sem a certeza de pertecerem ao mesmo nível e sem identificação taxonômica; se tais questões tivessem sido resolvidas, poderia ocorrer ali, talvez uma concentração monoespecífica de arcossauria, o que era um fato raro para as coleções do Triássico no Rio Grande do Sul. Além deste materiais, foram registrados para a área outros dois grupos taxonômicos diferentes, cinodontes e dicinodontes. A partir do levantamento do material fóssil, depositados principalmente no Laboratório de Paleovertebrados da UFRGS e Laboratório de Paleontologia da Fundação Zoobotânica do RS, buscou-se organizar estes dados em listas, localizando estratigraficamente tais ocorrências. A idéia é partir da ocorrência como um todo, ou seja, considerar todos os elementos fósseis dentro do sistema deposicional nas respectivas fácies em que ocorrem, e posteriormente, explicar a partir de hipóteses, a história tafonômica da carcaça do tecodonte semi-articulado.

### **1.3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O afloramento da área de estudo localiza-se no município de Dona Francisca, na BR 287, a 275 km de Porto Alegre, UTM(22) 0270854/6720302, atrás do posto de gasolina que se encontra logo na entrada da cidade (FIG. 1). A partir do perfil levantado da região, observa-se que o afloramento constitui-se na sua porção basal de pelito praticamente maciço, vermelho, não apresentando nenhuma estrutura sedimentar nesta porção, representando os

sedimentitos tratados como depósitos de inundação da Formação Santa Maria, Triássico Médio.

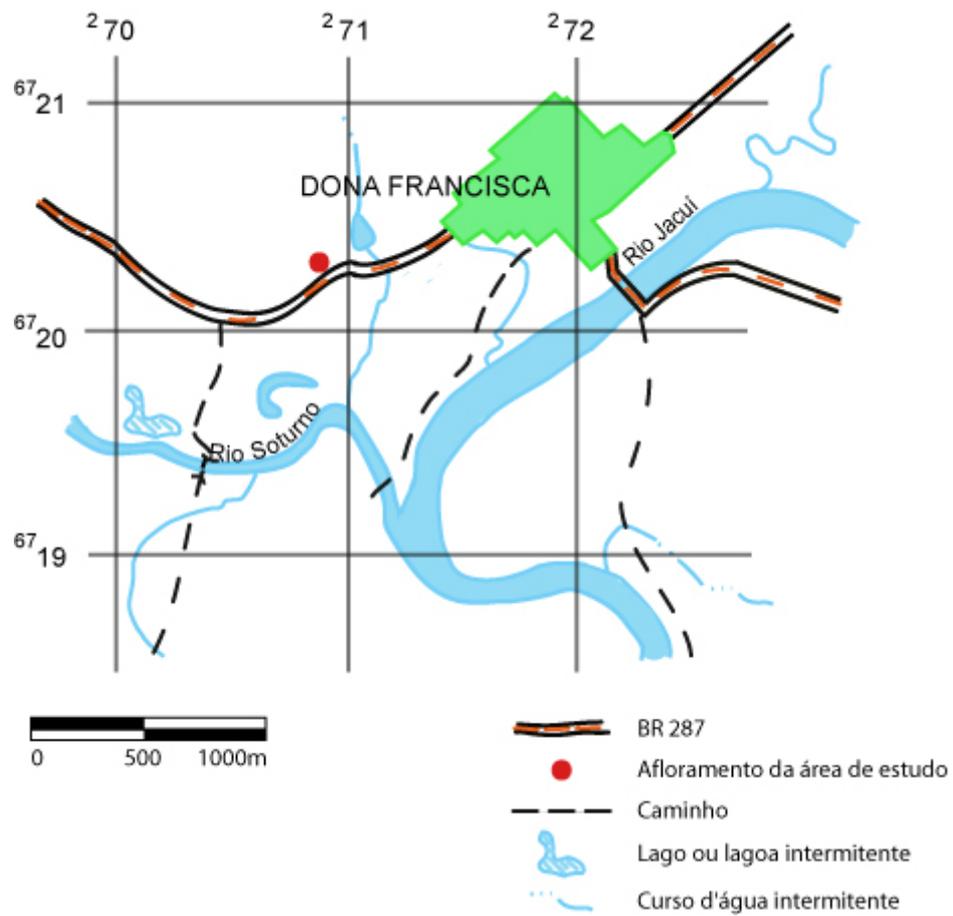


Figura 1. Localização da área de estudo.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia adotada para a realização da dissertação pode ser dividida em duas etapas: fase de aquisição de dados e fase de interpretação dos dados.

### **2.1. AQUISIÇÃO DOS DADOS**

A fase de aquisição de dados constitui-se na preparação parcial do esqueleto de tecodonte (PV 0629T), material que está depositado no Laboratório de Paleovertebrados do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O material, quando do início da preparação, encontrava-se ainda em bloco, da maneira como havia sido coletado em campo. A preparação do material foi acompanhada a partir de fotografias e anotações, buscando marcar a posição dos elementos ósseos e analisando a composição sedimentológica constituinte da matriz, que posteriormente foram utilizados na interpretação destes dados. Também constitui-se pelo levantamento do acervo fóssilífero, material que está depositado no Laboratório de Paleovertebrados da UFRGS e no Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do RS. Os fósseis foram examinados e fotografados. Tentou-se resgatar o máximo possível de suas informações tafonômicas, e como durante o tempo da dissertação, a busca de novos fósseis não foi possível (porque não foram

encontrados), trabalhou-se somente com o material já coletado os quais a informação tafonômica pode ser resgatada. Foi realizada uma saída de campo para levantamento dos perfil da área de estudo.

## **2.2. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS**

Inicialmente, os dados obtidos foram organizados quanto ao seu grupamento taxonômico, e posteriormente em classes tafonômicas de ocorrência, segundo seu grau de articulação. A partir desta estruturação, foi possível inferir sobre a história tafonômica, sobre o que poderia ter gerado esta concentração óssea.

## **3. PALEOECOLOGIA E TAFONOMIA**

O interesse na reconstituição de ambientes passados surgiu naturalmente à medida que os paleontólogos viam que acumulavam as informações puramente anatômicas e taxonômicas a respeito dos fósseis (Shipman, 1981), registrando sua diversidade, reconstituindo e organizando sua distribuição espacial e temporalmente, assim como muitos biólogos têm feito com organismos atuais (Palmer, 1992). Assim, com o montante de dados acumulados, associados a outras evidências, principalmente geológicas, as tentativas em se entender o fóssil como organismo vivo, sua integração dentro

de comunidades e em um maior âmbito em ecossistemas, o estudo do ambiente, das condições climáticas e físicas dominantes, foram tomando lugar dentro da paleontologia.

Stanley Cain em 1944 definiu o termo paleoecologia como “o estudo da biota passada numa base de conceitos e métodos ecológicos, até o ponto em que estes podem ser aplicados”. O estudo desta ciência está baseado em dois pressupostos básicos: o primeiro diz que os princípios ecológicos foram os mesmo durante o tempo; secundariamente, pode-se aplicar que a partir de espécies atuais, aparentadas ou equivalentes ecologicamente, é permitido que se compare ou sejam feitas hipóteses sobre a vida dos fósseis, seus padrões comportamentais e ecológicos (Odum, 1988), que é o método mais comumente utilizado na interpretação dos fósseis, também conhecido como uniformitarismo taxonômico, onde a ecologia dos organismos atuais é a chave para se entender os do passado (Dodd, 1981). Por exemplo, quando se observa a distribuição atual dos répteis, a maioria limita-se aos trópicos e subtropicais, predominando nos climas mais quentes; assim, quando extrapolado para o registro Mesozóico, infere-se que as zonas tropicais e subtropicais deveriam ser mais amplas do que se comparadas atualmente, pela grande quantidade e distribuição dos répteis na época.

Na Paleoecologia são encontradas duas grandes áreas: uma delas concentra-se no estudo das interações entre o organismo e o ambiente enquanto a outra, o estudo propriamente biológico, preocupando-se com a história de vida dos organismos, as interações entre eles e sua integração em comunidades (Dodd, 1981).

Se por um lado o estudo paleoecológico apresenta dificuldades na obtenção de dados, freqüentemente escassos e tomados pelos tendenciamentos resultantes dos processos de fossilização, fatores inexistentes numa observação mais atual, por outro apresenta a vantagem da observação dos processos numa grande escala temporal, fazendo com que o paleoecólogo tenha sempre como parte integrante da sua análise tanto processos evolutivos como as mudanças ambientais durante o tempo; além disso, o trabalho ecológico pode-se basear em amostragens não tão freqüentes e que são obtidas a partir de componentes limitados da biota, tornando tais informações, no sentido qualitativo e quantitativo, bastante semelhantes ao encontrado no trabalho paleoecológico (Dodd, 1981). Assim, mesmo que o registro fossilífero seja falho e incompleto, serve de base para que se testem as hipóteses envolvendo a influência da estrutura das comunidades e padrões de longo prazo na evolução de uma comunidade (Van Valkenburgh, 1995).

O registro é falho e incompleto porque apenas os eventos de maior magnitude, tais como grandes enchentes nos sistemas fluviais ou tempestades nos sistemas marinhos são capazes de remobilizar grande quantidade de sedimento e assim soterrar e preservar os restos orgânicos. Tais eventos ocorrem numa freqüência muito baixa, podendo ser estimados numa taxa de um evento a cada centena ou mesmo milhares de anos (Holz, 1999). Os eventos do dia-a-dia tanto em ambientes marinhos como fluviais têm muito pouca expressão na remobilização de sedimento, apresentando baixas taxas de erosão, transporte e sedimentação, incapazes de mobilizar quantidade de sedimento considerável capaz de soterrar o resto orgânico (Simões & Holz, 2000). Quando ocorrem fortes cheias nos sistemas fluviais, o grande fluxo de

água rompe os diques marginais, transportando sedimento e inundando a planície de inundação, soterrando os restos ósseos expostos. Assim, tanto os registros geológicos quanto fósseis são bastante incompletos, e uma vez que os eventos capazes de deixar algum tipo de registro são raros, diz-se que existem lacunas ou hiatos entre as camadas onde está o registro fóssil/sedimentar, existindo na realidade muito mais falhas do que o próprio registro (Holz, 1999).

Para que uma reconstrução paleoambiental possa ser feita, são necessárias as bases: (1) estratigráfica, porque separa os organismos numa ordem temporal (contemporâneos) e espacial (aspecto biogeográfico); (2) taxonômica, que identifica corretamente os fósseis e (3) ecológica, a mais importante, porque fornece a melhor base para o entendimento sobre como os fósseis interagiram uns com os outros e com o próprio ambiente.

### **3.1. HISTÓRICO DA PALEOECOLOGIA**

Durante os séculos XVIII e XIX, viu-se que a paleontologia era mais do que uma ciência puramente descritiva (Haecker, 1965). Vladimir O. Kovalevsky (1842-1883) foi quem iniciou os estudos paleoecológicos na Rússia e pôde demonstrar esta nova visão pelos seus trabalhos com mamíferos do Terciário, resultando em dados evolutivos, funcionais e os próprios estudos paleoecológicos, que estavam se iniciando.

Mais tarde, a partir da proposição dos termos *ethopaleontológico* e *paleobiológico* por sucessores de Kovalevsky, estes novos estudos passaram a

ser chamados de paleoecológicos, sendo considerados como partes integrantes da paleontologia. Assim, os paleoecólogos passam a ocupar-se da ecologia dos restos fósseis.

N.I. Andrusov (1861-1924) realizou análises ecológicas de formas fósseis (moluscos marinhos do Terciário e Quaternário e de águas mixo-halinas do sul da Rússia), observando o desenvolvimento das faunas e a gênese de diferentes tipos morfológicos que estariam relacionadas às mudanças geológicas. Nesse mesmo sentido, A. P. Karpinsky realizou seus trabalhos, associando seus fósseis a todos os dados que estavam disponíveis: o modo de vida dos organismos, modo de ocorrência e as características que encontrou nas rochas onde estavam os fósseis. Yakovlev publicou seus estudos no início do século 20, que tratavam da relação entre a morfogênese e o as condições de vida do animal, ou em termos mais amplos, a relação entre organismos e seus ambientes, tema de estudo também de Arkhangelskiy e Noinskiy. Os trabalhos de Arkhangelskiy e Noinskiy consideravam principalmente a fauna como um todo, não somente os aspectos ecológicos de gêneros ou espécies isoladas, como encontrado nos trabalhos anteriores.

Em todos estes trabalhos, mesmo tratando-se da paleoecologia, o enfoque principal não era o mesmo. Kovalevskiy, Yakovlev e Andrusov importaram-se com o modo, as condições de vida e sua influência no surgimento de novas características morfológicas nos fósseis. Já Noinskiy observou que as faunas são condicionadas a fatores e analisou as influências que esses fatores exercem sobre as mesmas; outros incluíram nos seus estudos a investigação das rochas nos quais os fósseis estavam incluídos (Arkhangelskiy, Karpinsky, Noinskiy). Tudo isso vem demonstrar que a

abrangência de estudos paleoecológicos embora recentes para a época, eram bastante amplo.

Mesmo com um grande avanço nos estudos, o meio biótico no qual os fósseis estavam inseridos era pouco considerado, porque se precisavam principalmente de dados litológicos e assim, geológicos, o que foi analisado somente por Arkhangelskiy e Noinskiy.

Na Alemanha, eram bastante considerados os estudos “actuopaleontológicos”, observando os organismos em seus ambientes atuais, extrapolando-os para o passado geológico (Schäfer, 1962, 1975 *apud* Dodd, 1981); tal enfoque foi pouco dado nos Estados Unidos, quando então foram feitos grandes estudos sobre a deposição carbonática no Oeste do Oceano Pacífico nas Bahamas e no sul da Flórida. Até aproximadamente os anos 60, a paleoecologia nos Estados Unidos deu pouca atenção aos dados ecológicos propriamente ditos, concentrando-se mais em aspectos estratigráficos e paleontológicos, e quando ecológicos, limitados mais às tolerâncias que os organismos apresentavam frente às variações físicas do ambiente, como pode ser observada em *Treatise on Marine Ecology and Paleocology* (Hedgpeth, 1975; Ladd, 1957) (Dodd, 1981).

O interesse nos estudos paleoecológicos foi intensificando ao longo dos anos, e com o montante de dados disponíveis (grande parte taxonômicos) pode resultar em muitos trabalhos, propondo a aproximação com estudos ecológicos atuais, considerando a paleoecologia de sítios específicos ou então a de vários sítios para uma análise biogeográfica e evolutiva (Olson, 1966); mais recentemente, como o de Chatterjee (1985) em que apresenta a cadeia alimentar bastante completa do tecedonte *Postosuchus*, ou como Sennikov

(1996) que analisa a estrutura de paleocomunidades tetrápodes Permo-Triássicas (no leste Europeu), com suas respectivas cadeias alimentares e relacionando-as num contexto evolutivo, salientando suas mudanças faunísticas ao longo do tempo.

Observações de ecossistemas modernos tem oferecido *insights* tanto para os estudos paleoecológicos, nas reconstruções de paleocomunidades, quanto aproximações tafonômicas, como desarticulação, transporte por água e abrasão óssea (Behrensmeyer, 1979). A maioria dos paleontólogos acredita que certas informações ecológicas podem ser preservadas junto às assembléias fósseis, mas justamente considerando os processos tafonômicos que atuam na gênese das concentrações ósseas que tornam duvidosas certas interpretações. Mas trabalhos clássicos (e.g. Voorhies, 1969, Olson ,1966) mostram que algumas características ecológicas são preservadas nestas assembléias fósseis e que alguns aspectos da estrutura das comunidades podem ser vistas ao longo de milhares de anos.

A fauna do Amboseli Park, África foi alvo de estudos atualísticos de Behrensmeyer *et al.* (1979); a partir de suas observações, mostram como estrutura da comunidade (representado pelo número de espécies), abundância relativa das espécies e distribuição espacial das espécies ficam registrados na tanatocenose. Observaram que é real o tendenciamento em alguns grupos de animais.

### 3.2. PALEOECOLOGIA X TAFONOMIA

*“Fósseis são restos de simples organismos, mas também são parte de um quebra-cabeças muito maior, complexo e fascinante: os ecossistemas do passado. Na paleoecologia, tenta-se reconstruir esses ecossistemas e suas comunidades animais e vegetais, utilizando-se de evidências tais como fósseis e ambientes de sedimentação, e uma vez que o registro geológico e fóssil é incompleto, e uma vez que as amostras disponíveis muitas vezes resultam de vários processos que tendenciam o registro ecológico original, a análise tafonômica dos fósseis é um pré-requisito fundamental para a paleoecologia...”*. Assim começa o prefácio de *Fossils in the making*, de Behrensmeyer & Hill (1988), livro que reúne uma grande discussão acerca da Paleoecologia e Tafonomia de Vertebrados.

A partir da observação da associação fóssil-rocha, pode-se inferir sobre a relação que estes organismos apresentavam com o ecossistema e suas comunidades, como estavam distribuídos e talvez até sobre seu comportamento. Mas qual o papel da Tafonomia no estudo da Paleoecologia? Deve-se sempre ter em mente que “assembléias fósseis” não são “comunidades fósseis”; tais assembléias são apenas resquícios, fantasmas da comunidade original, e assim apresenta-se a Tafonomia para entender os processos de amostragens, a aplicação dos filtros para se retirar os tendenciamentos e somente então entender o registro do passado (Behrensmeyer & Hill, 1988). Em síntese, sem Tafonomia não há Paleoecologia válida, pois ela é “a pedra fundamental da Paleoecologia” (Holz

& Simões, 2002), devendo sempre preceder a reconstrução paleoambiental (Shipman, 1981) (FIG. 2).

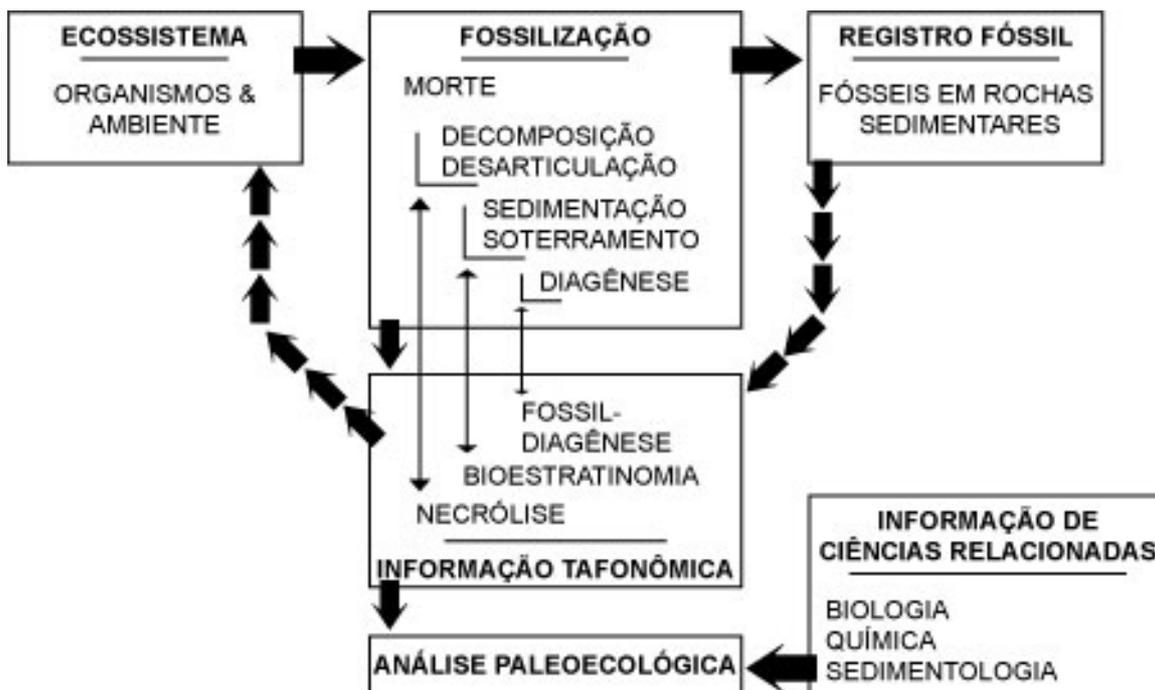


Figura 2. Fluxograma básico para interpretações paleoecológicas (modificado de Dodd, 1981).

Dodd (1981) apresenta duas importantes funções da Tafonomia neste tipo de estudo: ajuda a entender as relações entre a assembléia fóssil (tafocenose) e a biocenose, o que permite a reconstrução da comunidade original, e a partir do reconhecimento dos processos tafonômicos que atuaram na formação da assembléia fóssil pode-se obter informações sobre os ambiente deposicional e pós-deposicional.

Em 1940, I. A. Efremov definiu o termo Tafonomia como as “leis do soterramento”, envolvendo todos os aspectos da passagem do resto orgânico da biosfera para a litosfera. Em 1950, publica um livro no qual consolidava as tais leis, apresentando e ilustrando métodos de como analisar a transição dos restos orgânicos de populações viventes aos seus depósitos sedimentares.

Em uma definição mais atual (Behrensmeyer & Kidwell, 1985), a Tafonomia estuda quais são os processos de preservação e de que maneira eles interferem no registro fóssilífero, incluindo o estudo desde as causas da morte de um organismo ao soterramento (bioestratinomia) e os processos que ocorrem após o soterramento (aspectos diagenéticos) alterando química ou fisicamente o resto orgânico (Seilacher, 1976; Flessa *et al.*, 1992 *apud* Simões & Holz, 2000); outros autores ainda incluem a fase de soerguimento tectônico e mesmo os métodos de coleta e preparação dos fósseis (Clark *et al.*, 1967, *apud* Simões & Holz, 2000) (FIG. 3).

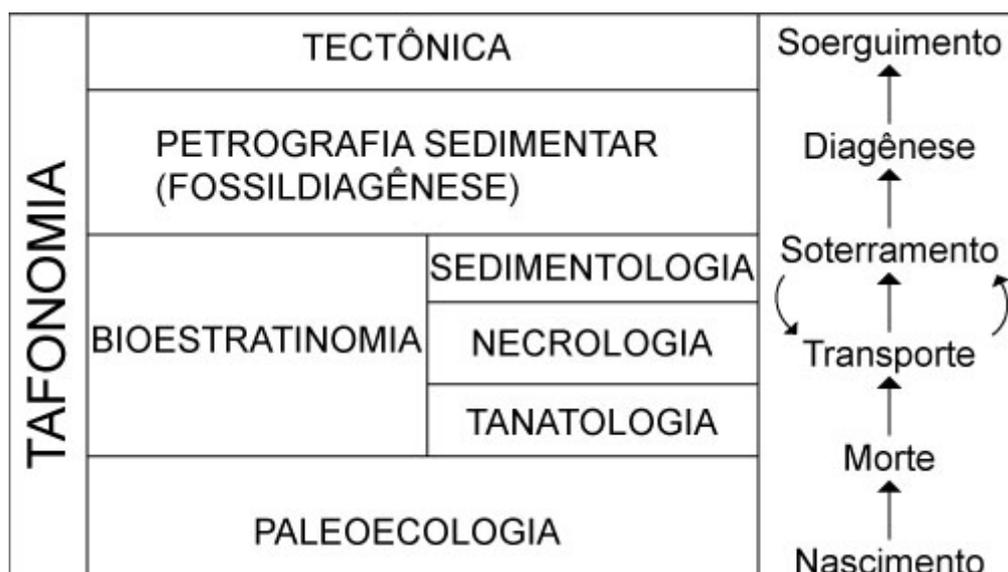


Figura 3. Relação entre a Tafonomia e os diferentes processos geradores das concentrações ósseas (modificado de Holz & Simões, 2002).

Efremov concentrou-se nos principais problemas da paleontologia, analisando-os sob o aspecto da Tafonomia: (1) o estado de preservação nas camadas mais antigas é desfavorecido se comparado às mais recentes, uma vez que as chances de destruição aumentam com o tempo, e o número de indivíduos preservados pode ser menor, porque existem flutuações no tamanho das faunas amostradas; (2) o conceito de “fauna” é atribuído a um conjunto de animais que estejam associados em vida, mas pode ser aplicado quando ocorrer “acidentalmente” na morte (tanatocenose) ou após a morte (a tafocenose, ou tanatocenose após o soterramento definitivo); (3) o aparecimento súbito de novos grupos de espécies sem a presença de um ancestral pode ser apenas uma questão de preservação, ou seja, o registro é incompleto; (4) uma única comunidade, sincrônica e simpátrica pode aparecer no registro fóssil como faunas diferentes, porque a comunidade original é preservada (amostrada) de maneiras diferentes.

Seilacher (1970 *apud* Simões & Holz, 2000), o primeiro autor a propor os restos orgânicos como partículas sedimentares (estão sujeitos aos mesmos processos físicos e químicos que estas), propõe que existe um retrato de vida (*Todesbild*) e o retrato de morte (*Lebensbild*), e é este que representa as concentrações fossilíferas, tomado por tendenciamentos e distorções se comparado ao retrato original da biota e portanto, se analisado sem o devido cuidado tafonômico, possui pouquíssimo valor paleoecológico.

Uma vez que a morfologia (anatomia) é uma importante ferramenta na reconstituição do hábito de vida do fóssil, refletindo as adaptações do organismo ao ambiente, é importante atentar às possíveis alterações morfológicas que os fósseis possam apresentar. Além de obter-se conclusões

errôneas sobre a vida dos organismos, pode também induzir a muitos erros taxonômicos, podendo levar à criação ou proposição de diferentes táxons para o que pode ser uma única espécie. Como exemplo, têm-se os próprios répteis Triássicos da Formação Santa Maria, em que a alteração volumétrica de ossos resultante da ação da recristalização da calcita após o preenchimento das porosidades (canais de Harvers e de Volkman) do interior dos ossos de alguns espécimes chega à ordem de 100% (FIG. 4) ou mesmo exceder este valor, podendo levar a erros se as análises da amostra forem baseadas somente (ou como feito freqüentemente para grande parte dos fósseis) na forma e tamanho dos ossos encontrados (Holz & Schultz 1998).

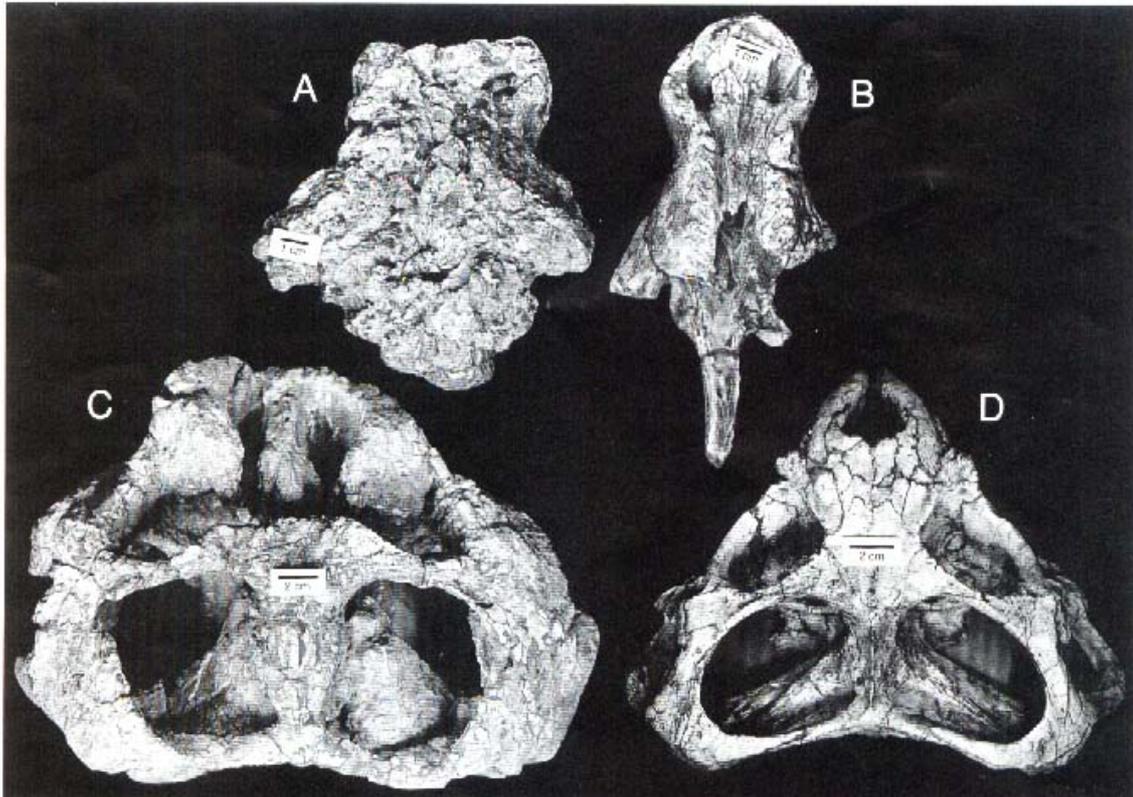


Figura 4. Alteração volumétrica de fósseis; B e D, respectivamente crânios bem preservados de cinodonte e rincossauro; A e D, são crânios “inchados” (extraído de Holz & Schultz, 1998).

Outro grande problema que existe é a questão da resolução temporal das assembléias fósseis, ou seja, o quanto contemporâneos os organismos foram numa dada assembléia. Deve-se sempre lembrar que os eventos capazes de soterrar os restos são episódicos, e quando ocorrem podem soterrar uma grande quantidade de restos de diferentes épocas, preservando apenas porções de comunidades, representando, portanto uma amostra de *time-averaging* (mistura temporal) de uma seqüência de comunidades ao longo de dezenas, centenas de anos, ou uma grande variação de ambientes (Fürsich apud Dodd 1981). Assim, a mistura temporal é caracterizada pela mistura de elementos de diferentes épocas, não-contemporâneos, compreendendo desde a morte do primeiro organismo até a incorporação do último organismo durante o soterramento final (Holz & Simões, 2002). A mistura temporal (FIG. 5) pode ser resultado de mais de um tipo de processo, envolvendo baixas taxas de sedimentação, erosão, transporte e retrabalhamento dos restos pré-fossilizados (Reif apud Fürsich, 1990).

Fürsich (1990) aponta em quais aspectos a mistura temporal pode afetar numa interpretação paleoecológica: composição taxonômica, abundância relativa das espécies, diversidade (riqueza) das espécies, estrutura trófica e modo de vida dos organismos. Para a composição taxonômica, quanto mais estável as condições ambientais e sem alterações na taxa de recrutamento certamente a composição da comunidade não mudará no registro; porém, o mais comum encontrado nas assembléias fósseis são as grandes variações de composição entre tafocenose e tanatocenose, resultado do *time-averaging*.

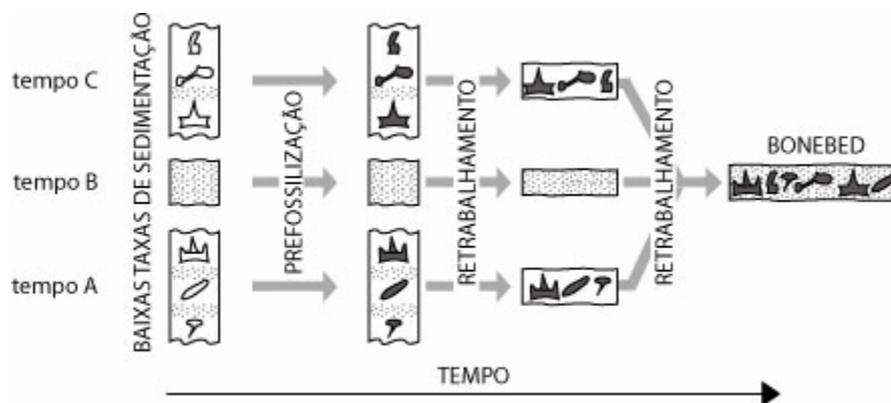


Figura 5 . Retrabalhamento ósseo levando à mistura temporal de restos de diferentes idades (modificado de Fürsich, 1990).

Staff *et al.* (1986 *apud* Fürsich 1990) observam que a abundância relativa das espécies dentro das tafocenoses não traduz perfeitamente a abundância das tanatocenoses, justificando que restos esqueléticos menores tendem a ser destruídos seletivamente mesmo dentro de um curto intervalo de tempo distorcendo, portanto, a abundância original dos elementos da biocenose. Nesse mesmo sentido, Kowalewski (1991 *apud* Holz & Simões, 2002) observa que sendo restos esqueléticos maiores os mais resistentes, representam uma mistura temporal maior, e embora forneçam importantes dados macroevolutivos (larga escala), as informações paleoecológicas são prejudicadas, ou seja, são menos precisas; da mesma maneira, restos mais frágeis representam menor mistura temporal, fornecendo pouca informação macroevolutiva, porém com maior confiança paleoecológica. Para vertebrados terrestres, o acúmulo de ossos em um nível pode representar dezenas de milhares a centenas de milhares de anos, uma vez que a densidade de acúmulo no tempo é muito baixa, necessitando de um grande intervalo de

tempo para a formação de uma tafocenose representativa paleontologicamente (Holz & Simões, 2002).

A riqueza (diversidade) das espécies é outro índice fortemente afetado pela mistura temporal, e somente quando tanatocenoses aproximadamente homogêneas na sua composição estiverem registradas num mesmo nível não haverá grande variação da diversidade (Fürsich, 1990). Quando ocorrerem grandes mudanças no ambiente, provavelmente ficará registrada a substituição de uma comunidade por outra, observável pelas diferenças marcantes em suas composições.

Estrutura trófica e hábito de vida parecem ser os parâmetros menos afetados pelo *time-averaging*. São atributos importantes da comunidade porque permitem inferir outros parâmetros, como disponibilidade de recursos ou intensidade de distúrbios (Fürsich, 1990). Se não ocorrerem mudanças ambientais significativas, tanto estrutura trófica como hábito de vida serão observadas a longo prazo sem alterações.

Os mesmos fatores que causam a mistura temporal freqüentemente atuam também na formação da mistura espacial dos restos fósseis, que por sua vez, também provoca problemas na interpretação paleoecológica, alterando o hábitat e associações originais do organismo (Behrensmeyer & Hook, 1992).

Assim como restos esqueléticos mais resistentes tendem a apresentar maior mistura temporal, estes também estão sujeitos a maior retrabalhamento e transporte, gerando acúmulo de ossos de organismos que nunca interagiram numa mesma comunidade, mas são preservados juntos. Deve-se sempre observar se existem sinais de desgaste ou abrasão dos restos, evidências que

apontam para transporte dos ossos por água ou outras forças (Shipman, 1981), embora nem sempre sinais de fragmentação possam indicar transporte, podendo estar relacionado à ação biogênica, como atividade de carnívoros ou necrófagos (Holz & Simões, 2002); além disso, evidências sedimentológicas e tafonômicas auxiliam na quantificação da distância de transporte do resto e a estimar o tamanho do habitat original. A partir de tal observação, pode ser aplicado aos restos o termo autóctone, parautóctone ou alóctone, para uma interpretação mais geral da resolução espacial (Behrensmeyer & Hook, 1992). Diz-se autóctone quando os organismos encontrados estão em posição de vida, dentro habitat original (sendo mais comum para organismos sésseis, mas também ocorrendo para organismos móveis quando estes forem encontrados em tocas, por exemplo); já uma assembléia parautóctone ocorre quando os organismos não estão preservados em posição de vida, mas estão dentro dos seus limites do habitat original e por fim, considera-se alóctone quando o organismo fóssil está preservado fora do seu habitat (Simões & Holz, 1999).

Sera (1935 *apud* Walker, 1988) deduziu que uma determinada espécie de lêmur era aquática, quando encontrou um número razoável de espécimes em corpos lacustres, sem considerar que a maioria (senão todos) dos primatas para serem fossilizados precisam estar em tal ambiente sedimentar, não indicando necessariamente que aquele era o habitat natural dos animais. Representa, portanto um erro assumir que os animais morreram no ambiente em que viviam, sendo importante fazer o uso de outros dados (fauna, flora, paleogeográficos, climatológicos, feições de desgaste etc.) para poder avaliar as hipóteses adaptativas dos organismos dentro das comunidades ou ambiente nas quais estão inseridos.

Voorhies (1969) em sua análise de sítios fossilíferos considera que a relação que os ossos tem com o sedimento encaixante tem muito mais validade neste tipo de análise do que o próprio osso, se considerado isoladamente na determinação do ambiente deposicional, como direção, *strength* e duração da corrente de transporte. Para o autor, trabalhar com concentrações únicas (ou um só sítio) tem suas vantagens – a possibilidade de eliminar muitas variáveis e permitir um maior tratamento -, quanto suas desvantagens, problemas inerentes às ocorrências únicas. No estudo, também não são realizadas minuciosas descrições taxonômicas. Segundo sua metodologia, há primeiro o estudo tafonômico, discutindo a gênese da concentração fossilífera, interpretado a partir dos registros biológicos e geológicos, e a partir dos dados obtidos e retirando os tendenciamentos, conclui discutindo as possíveis relações paleoecológicas da fauna registrada.

## **4. GEOLOGIA REGIONAL**

### **4.1. A BACIA DO PARANÁ: EVOLUÇÃO E ESTRATIGRAFIA**

A Bacia do Paraná possui uma área de aproximadamente 1,6 milhões km<sup>2</sup>, distribuindo-se em áreas do Brasil, nos estados do RS, SC, PR, SP e MS, também ocupando áreas territoriais do Uruguai, Paraguai e Argentina (FIG. 6). Esta bacia apresenta forma elíptica, com seu eixo maior no sentido Norte-Sul, sendo considerada uma bacia intracratônica que sofreu individualização durante a formação do Gondwana, no final do Ciclo Brasileiro, quando ocorreu subsidência tectônica formando depressão inicialmente aberta para o oeste e sendo fechada gradativamente devido ao levantamento de arcos estruturais (Holz, 1991).

O registro da Bacia do Paraná pode chegar a 8000 m de espessura, representando rochas sedimentares e ígneas, depositadas sob diferentes ambientes, marinhos e continentais, compostos por intervalos glaciais, arenitos de desertos, folhelhos marinhos, sedimentação de terrígenos e derrames basálticos, controlados por clima, eustasia ou tectônica (Fonseca, 1999).

Segundo Milani (2000), a Bacia do Paraná representa uma exceção ao paradigma no conceito de bacia intracratônica, porque não possui contato direto com a placa sul-americana na qual está incluída. Uma vez que pacotes marinhos são encontrados no seu registro estratigráfico, resultado da ligação da Bacia do Paraná com o Panthalassa a oeste, esta Bacia deve ter-se tornado intracratônica propriamente ao longo de sua história evolutiva, sem ter sido originado desta maneira.

O início da sedimentação da Bacia do Paraná ocorreu em torno de 450 m.a., no Neo-Ordoviciano (Milani, 2000).

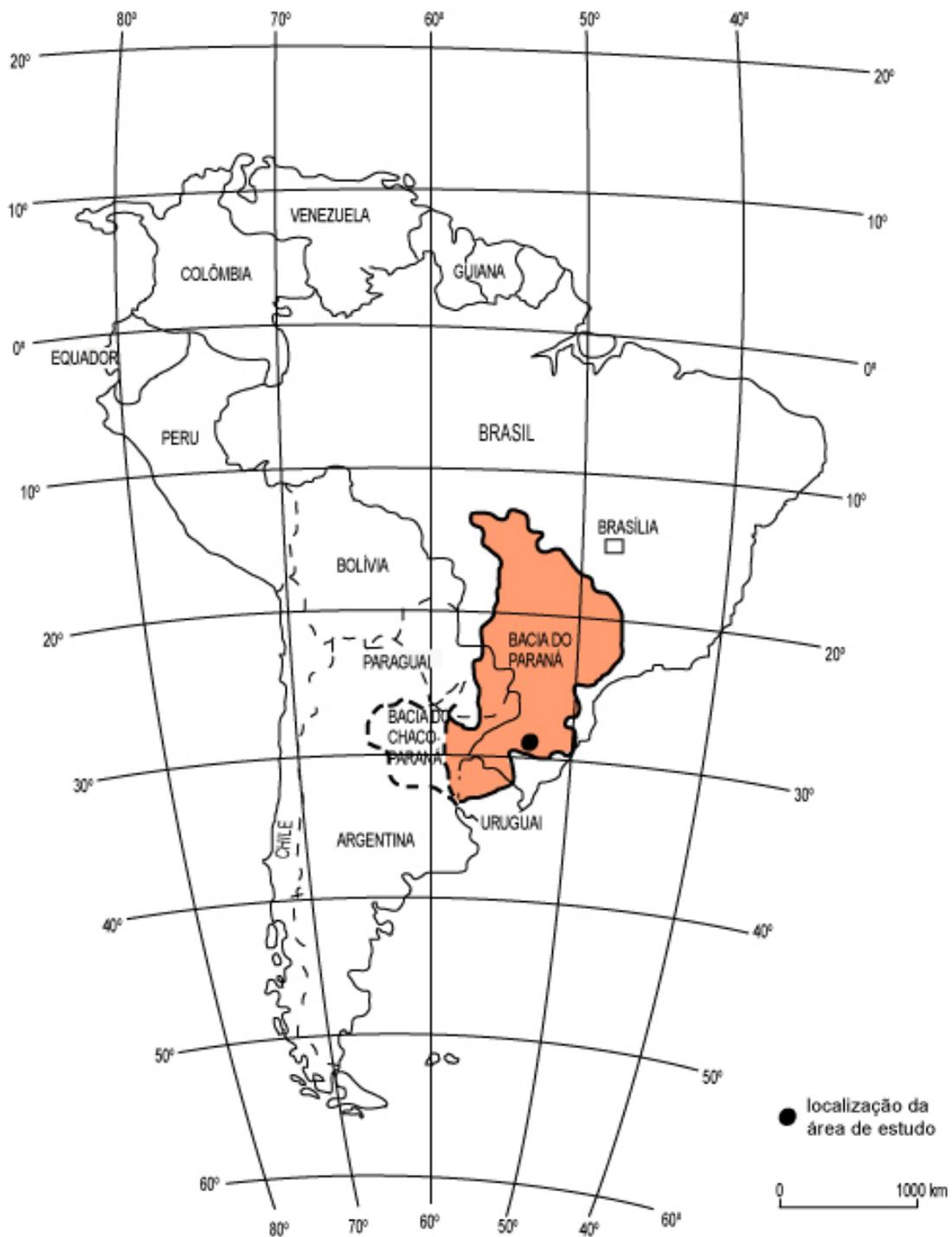


Figura 6. Localização da bacia do Paraná (modificado de Zalán et al, 1991).

Milani (1997) define para a Bacia do Paraná seis superseqüências, unidades estratigráficas de ampla escala, que representam pacotes de milhões de anos, limitados por discordâncias erosivas de caráter regional. São elas: Superseqüência Rio Ivai (Caradociano-Landoveriano), Superseqüência Paraná (Lockoviano-Fransniano), Superseqüência Gondwana I (Westphaliano-Scythiano), Superseqüência Gondwana II (Neoanisiano-Eonoriano), Superseqüência Gondwana III (Neojurássico – Berriasiano) e Superseqüência Bauru (Aptiano-Maastrichtiano). As três unidades inferiores correspondem a grandes ciclos transgressivos-regressivos paleozóicos, enquanto as demais representam depósitos de origem continental mesozóicos e rochas ígneas associadas.

Os sedimentitos relacionados ao Meso-Neotriássico da Bacia do Paraná estão incluídos dentro da Superseqüência Gondwana II (Milani, 1997), onde localizam-se os estratos flúvio-lacustres da Formação Santa Maria (FIG. 7). Esta Superseqüência restringe-se aos territórios gaúcho-uruguaio da Bacia do Paraná, e sua acumulação no contexto tectônico tem sido interpretada como resultante de grábens ligados ao regime distensivo então vigente no âmbito regional do paleocontinente (FIG. 8). A natureza da sedimentação Santa Maria – presença de corpos d'água permanentes –, contrasta fortemente com as condições vigentes na Bacia do Paraná, de erosão generalizada e alto desenvolvimento de eolianitos. É dentro dos estratos flúvio-lacustres da Formação Santa Maria que estão localizados a peculiar fauna de vertebrados tetrápodes (Barberena, 1977), entre andares Eoladiniano e Eonoriano, fauna que pode ser correlacionada às ocorrências na Argentina (Barberena *et al.*, 1985).

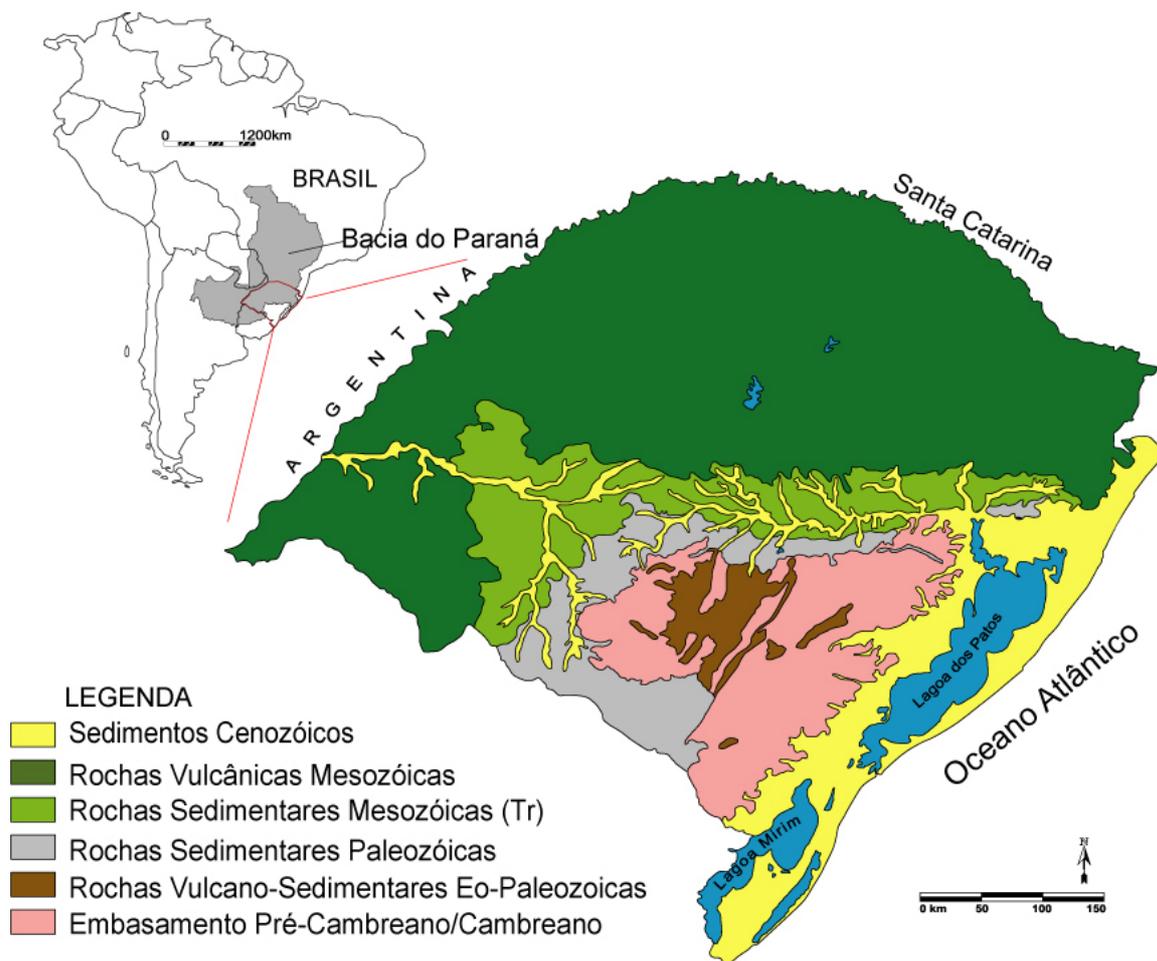


Figura 7. Mapa simplificado das unidades litoestratigráficas do RS. A área de estudo localiza-se nas Rochas sedimentares Mesozóicas (mdificado de Lavina , 1991).

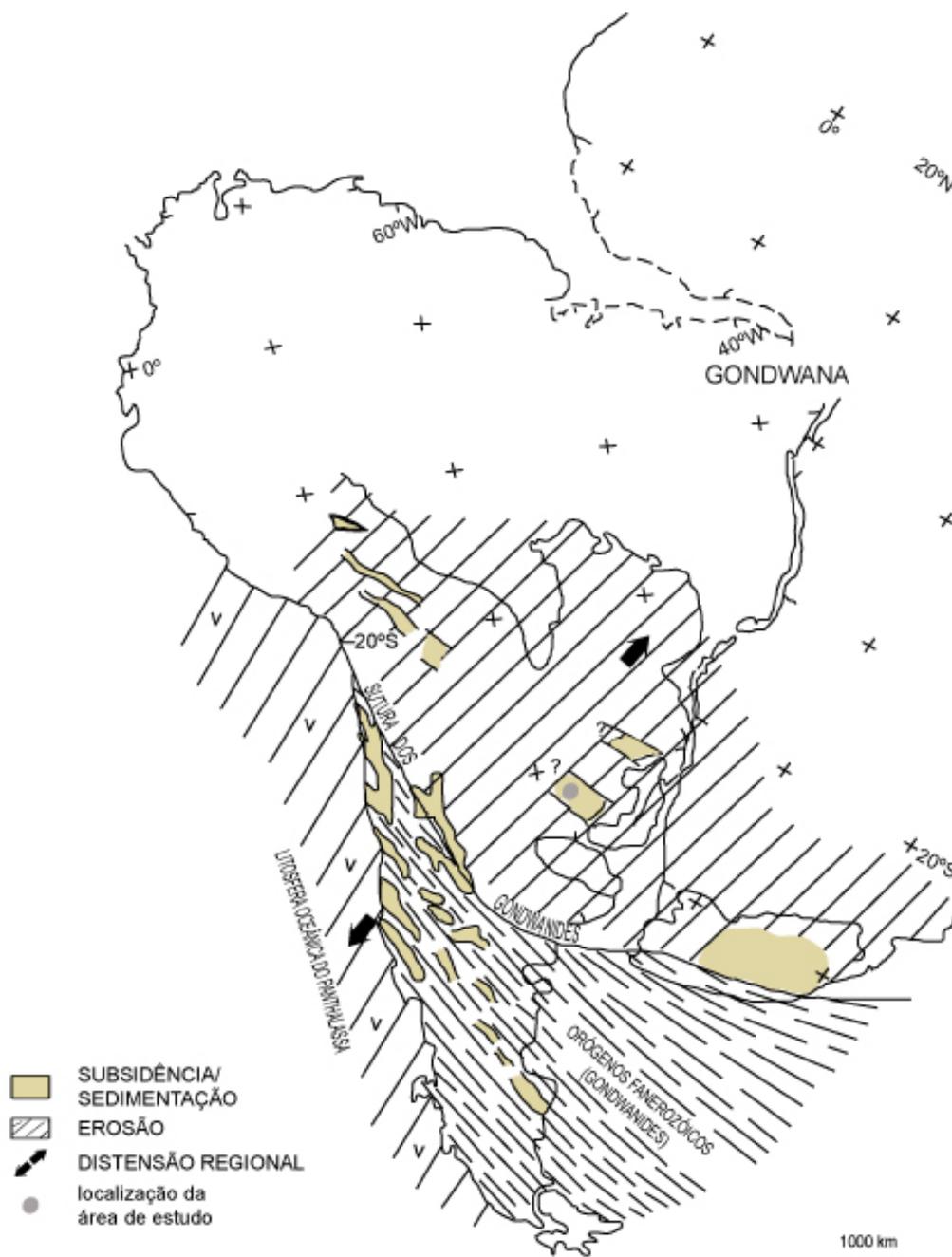


Figura 8. Arcabouço tectono-sedimentar no Meso/Neotriássico (modificado de Milani, 2000)

O contato basal da Supersequência Gondwana II com o topo do pacote eólico do Gondwana I segundo Milani (1997), é abrupto: os sedimentitos tornam-se mais argilosos, resultado de uma rápida transgressão lacustre pelo

afundamento também rápido do substrato, formando uma intensa área de deposição. Característica marcante também para esta seqüência é o seu brusco desaparecimento na porção setentrional do Rio Grande do Sul, indicando que este pacote deveria estar tectonicamente limitado àquela área.

Gammernann (1973) considerava para o que denominava de Formação Rosário do Sul (localizado entre o Grupo Passa Dois e a Formação Botucatu) duas fácies: uma fluvial, dominada pelo arenitos e outra lacustre, composta pelos pelitos vermelhos, cunhada de Fácies Santa Maria. Bortoluzzi (1974), a partir do trabalho de Gammernann (1973) propõe a Formação Rosário do Sul como sendo constituída somente pela fácies fluvial, e individualiza a Formação Santa Maria, composta pelos sedimentos argilosos sobrejacentes à formação anterior, retomando portanto o trabalho de Gordon Jr. (1947). Bortoluzzi (1974) dividiu a Formação Santa Maria em duas fácies: a basal Passo das Tropas, de origem fluvial, areno-conglomerática, e a fácies Alemoa, lacustre, predominantemente pelítica (a Fácies Santa Maria de Gammernann, 1973). Além disso, designou Membro Caturrita para os estratos fluviais – compostos por conglomerados, siltitos e folhelhos –, freqüentemente com ocorrências de troncos fósseis, incluindo-o na base da Formação Botucatu, o qual Gammernann (1973) localizava no topo da Formação Rosário do Sul.

No trabalho de Andreis *et al.* (1980), a Formação Rosário do Sul é elevada à categoria de Grupo, sendo composto da base para o topo pelas seguintes formações: Sanga do Cabral (formação Rosário do Sul s.s. de Bortoluzzi), Santa Maria (composta pelos Membros Passo das Tropas e Alemoa, e correspondentes às fácies Passo das Tropas e Alemoa de Bortoluzzi) e Caturrita (Jabur, 1979), que passa a ser incluída no Triássico

Superior dentro do Grupo Rosário do Sul pelo seu conteúdo de paleovertebrados essencialmente de idade triássica (a descrição do dicinodonte *Jachaleria*, Araújo & Gonzaga, 1980, nos estratos arenosos sobrepostos aos pelitos do Membro Alemoa). Outra modificação é na interpretação paleoambiental: os pelitos da Formação Santa Maria não são mais tratados como depósitos lacustres, mas Andreis *et al.* (1980) retomam a concepção de Huene e Stalecker (1931) como de origem eólica (*loess*).

A partir do conceito de estratigrafia de seqüências, Faccini (1989), adaptando o conceito de seqüências deposicionais que até então era somente aplicado a ambientes marinhos, define para (“pacote gondwânico”) a Bacia do Paraná quatro seqüências deposicionais: Seqüência I (Formação Rio do Rasto e Sanga do Cabral), Seqüência II (Formação Santa Maria e porção inferior da Formação Caturrita), Seqüência III (parte superior da Formação Caturrita, também definido pelo mesmo autor como Arenitos Mata), Seqüência IV (Formação Botucatu e derrames da Formação Serra Geral). Por tal definição, os sedimentitos de origem triássica encontram-se entre as seqüências II e III (FIG. 9)

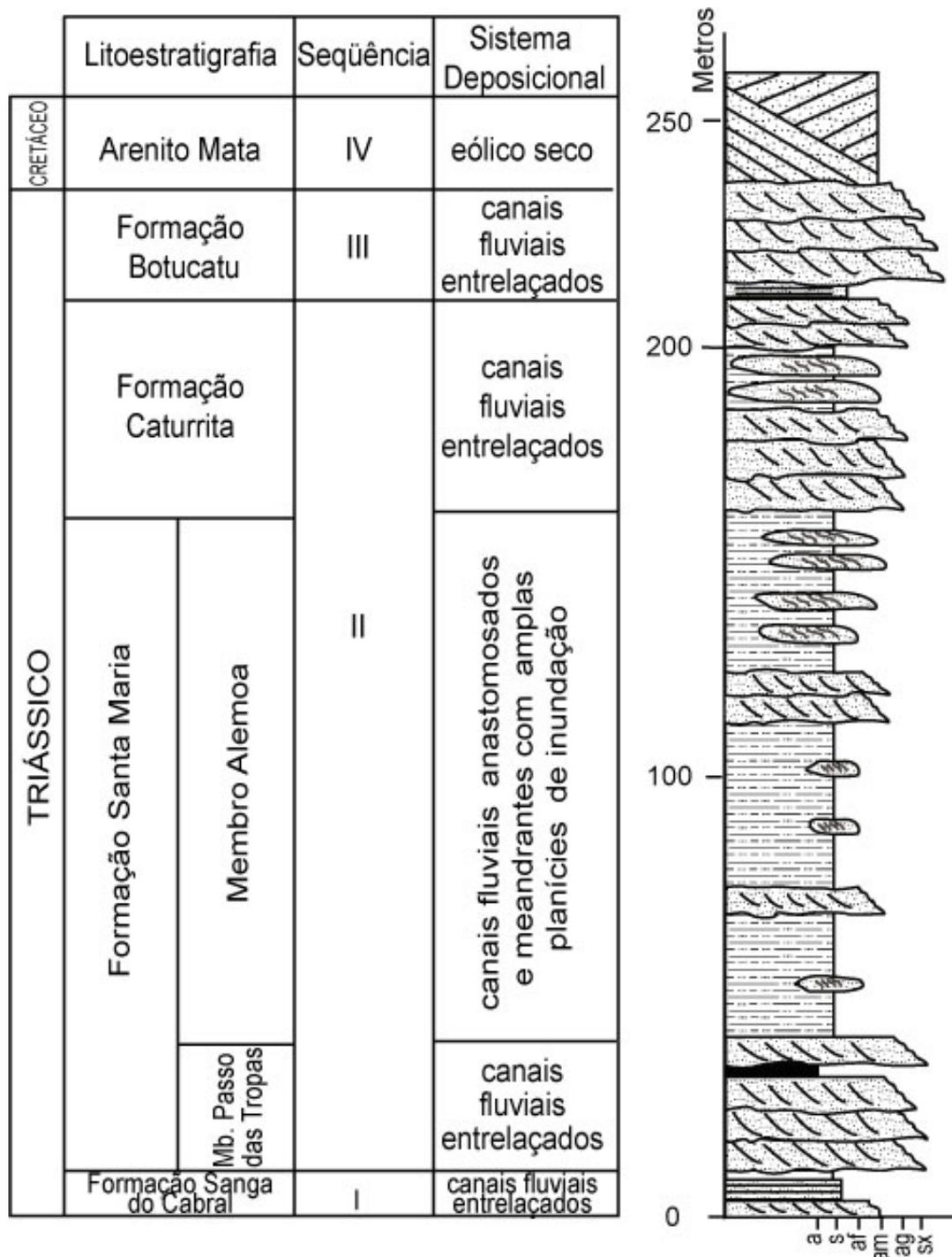


Figura 9. Perfil composto das unidades sedimentares mesozóicas do RS (modificado de Scherer *et al.*, 2000)

Para a Seqüência II, representada pelas Formações Santa Maria e Caturrita (esta na sua porção inferior), são identificadas duas fácies: uma de depósitos fluviais para os arenitos e outra de depósitos lacustres para os

sedimentos pelíticos. A fácies fluvial, que ocorre preferencialmente na base e no topo da seqüência II, é equivalente ao Membro Passo das Tropas e parte da Formação Caturrita. Os depósitos lacustres ocorrem entre estes fluviais, sendo subdivididos em duas fácies, a de Pelitos Subaquosos – predominantes nestes depósitos, representados pelo “Pelitos Santa Maria” –, e a fácies de Lobos de Suspensão.

O topo da Seqüência II segundo Faccini (1989) é tido como erosivo, que vai sendo recoberto pelos arenitos fluviais com restos de troncos fósseis (parte integrante da Seqüência III), chamados por Arenitos Mata, equivalendo à porção superior da Formação Caturrita.

A divisão estratigráfica, novamente a partir do conceito de seqüências deposicionais para depósitos continentais, define para o pacote Mesozóico da Bacia do Paraná (Faccini, 1989; Scherer & Lavina, 1997), cinco unidades limitadas por superfícies erosivas regionais (FIG.10): Seqüência Eoscytiana, Seqüência Ladiniana-Eonoriana, Seqüência Rética, Seqüência Neojurássica, Seqüência Neocomiana.

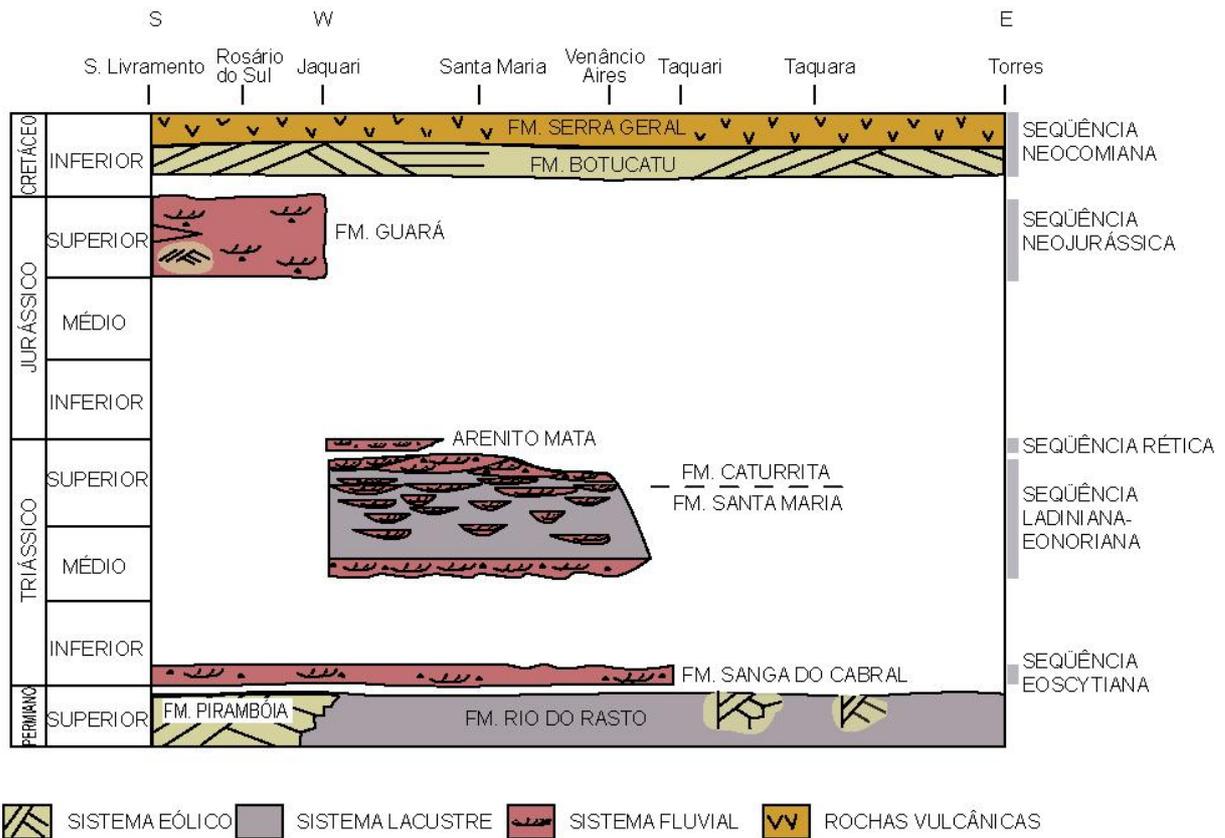


Figura 10. Quadro cronoestratigráfico das unidades mesozóicas aflorantes no Estado do RS (modificado de Faccini, 1989)

A Seqüência de interesse, Ladiniana-Eonoriana corresponde litoestratigraficamente à Formação Santa Maria e base da Formação Caturrita. Possui espessura média de 100 metros, ocorrendo numa faixa alongada no sentido leste-oeste na porção central do Rio Grande do Sul. A idade desta seqüência é atribuída a partir do seu conteúdo fossilífero (Barberena *et al.* 1985).

Há grande variação dos modelos deposicionais ao longo da seção estratigráfica (FIG. 8). A base (Membro Passo das Tropas) é constituída por arenitos finos a conglomeráticos, de cor cinza-esbranquiçado e presença de estratificações cruzadas acanaladas e planares de pequeno a grande porte ( fácies St e Sp de Miall, 1996). Em menor freqüência ocorrem também siltitos e

pelitos avermelhados em camadas lenticulares pouco extensas lateralmente, onde ocorrem impressões vegetais relacionadas à *Dicroidium*. Uma vez que predominam depósitos de canais fluviais e em menores proporções os finos da planície de inundação, Faccini (1989) interpreta o Membro Passo das Tropas como um sistema fluvial entrelaçado.

Sobreposto à porção arenosa, está o Membro Alemoa, onde encontra-se um amplo nível contendo siltitos, com ou sem estruturas, finamente laminados, avermelhados, apresentando em alguns locais horizontes de caliche, gretas de contração e paleosolos. Os sedimentos finos intercalam-se com lentes arenosas, de 2 a 10 metros de espessura e dezenas a poucas centenas de metros de extensão lateral. Dentro destas lentes arenosas, o sedimento varia de fino a conglomerático, apresentando estratificações cruzadas acanaladas (St) e planares (Sp) de pequeno a médio portes (Scherer *et al.*, 2000). Fonseca (1999) interpreta este depósito como um sistema fluvial com canais estáveis a sinuosos; os siltitos representam a planície de inundação e as lentes arenosas o canal fluvial. Os canais, identificados como as lentes arenosas de maior espessura e extensão lateral, são predominantemente de baixa sinuosidade e estáveis, sendo separados por grandes planícies de inundação onde freqüentemente ocorrem os canais de crevasse (corpos arenosos de menor tamanho) e podendo ocorrer locais onde a sinuosidade é mais acentuada (Fonseca & Scherer, 1998).

Em direção ao topo da seqüência predominam lentes arenosas: os canais fluviais tornam-se mais amplos e rasos, reduzindo a sinuosidade (baixa a média), interpretando-se para a Formação Caturrita a deposição sob um ambiente fluvial entrelaçado.

A paleocorrente medida para a Seqüência Ladiniana-Eonoriana indica sentido do norte-nordeste ao longo da seqüção. Assim, deduziria-se a existência de altos topográficos a sul-sudoeste, representando a área-fonte dos sedimentos. A partir dos registros na Formação Santa Maria, estes altos topográficos localizavam-se ao sul do Escudo do Rio Grande do Sul, servindo portanto como substrato da bacia durante o Triássico Médio-Superior (Faccini et al. 1990; Ketzer, 1997).

Em Zeffass *et al.* (2004), os depósitos triássicos do sul da América do Sul são relacionados ao Gondwanides. Este Sistema Gondwanides é interpretado como orógeno tipo Andino (Rosselo et al., 1997; Ramos, 1999), desenvolvido pela subducção da crosta oceânica do Panthalassa debaixo da crosta continental Gondwana (Veevers *et al.*, 1994); tal sistema pode ser dividido em dois conjuntos tectônicos diferentes: um deles é o *rifting* intracontinental que é o encontrado no sul do Brasil. Estes sedimentos triássicos são considerados importantes porque neles são encontrados as primeiras formas dinossaurianas (como *Staurikosaurus*, *Herrerasaurus*, *Eoraptor*) e répteis mamaliformes. Além da identificação de depósitos fósseis na América do Sul (Andreis et al., 1980; Lavina, 1982; Barberena et al., 1985), da proposição e refinamento de unidades bioestratigráficas para o Triássico Médio e Superior do sul brasileiro (Barberena, 1977; Scherer et al., 1995; Schultz et al., 2000; Rubert & Schultz, 2003) estabeleceu-se também uma boa estruturação estratigráfica para os depósitos Triássicos do sul brasileiro (Faccini, 1989, 2000; Zeffass et al. 2003) e oeste da Argentina (Kokogian et al., 1993; Milana and Alcober, 1994). Estudos estruturais na Superseqüência Santa Maria sugerem que o desenvolvimento de uma bacia de rifteamento são

relacionados a Bacia Waterber (Namíbia) e é incluída no mesmo sistema de rifteamento (Zerfass, 2003)

A Superseqüência Santa Maria (Zerfass, 2003) é geralmente relacionada à Bacia do Chaco-Paraná, porém Martin (1961) já sugeria que tal unidade poderia estar incluída em um sistema intracontinental de bacias que estendia-se do sul brasileiro ao sul da África, hipótese que foi testada por Zerfass (2003) por análise estrutural, onde o autor propõe que estes depósitos representam restos de uma bacia de *rift* como a Bacia Waterberg na Namíbia, corroborando a proposta de Martin (1961).

Zerfass (2003) considera a sucessão meso-neotriássica do sul brasileiro como de seqüência de segunda ordem, propondo então o termo “Superseqüência Santa Maria”. Zerfass *et al.* (2003) consideram o conteúdo paleontológico e geológico, e dividem esta superseqüência em três seqüências de terceira ordem: Santa Maria 1 (Ladiniano), Santa Maria 2 (Carniano) e Santa Maria 3 (Rhético e Eojurássico). A primeira seqüência é caracterizada por depósitos fluviais, predominantemente com rios de baixa sinuosidade, sobrepostos por depósitos lacustres rasos transgressivos; sobrepondo estes depósitos, são encontrados depósitos deltáicos e fluviais, com tratos de sistemas bem preservados compostos por ritmitos, corpos arenosos sigmoidais e corpos de areia amalgamados, caracterizando a Seqüência Santa Maria 2. Na última seqüência são encontrados apenas arenitos conglomeráticos ricos em troncos silicificados, ou Arenito Mata (Faccini, 1989).

Quando à coloração típica dos sedimentos triássicos, Holz (1992) discute sobre sua origem, propondo que seja primária pela presença de óxido de ferro nos solos das planícies gondwânicas. É bastante comum encontrar na

Formação Santa Maria níveis de intraclastos pelíticos, vermelhos, imersos numa matriz arenosa, geralmente de cor amarelo claro a ocre. Assim, uma vez que a demanda de ferro para tingir o arenito é maior do que para lamito, conclui-se que a cor seria primária, e do contrário, se fosse secundária, isto é, de origem diagenética, todo o pacote (arenito) também seria tingido.

Além da coloração, há também a preservação dos fósseis. Análises micropetrográficas de ossos de dicinodontes e rincossauros mostram que a fossilização ocorreu por calcita na fase eodiagenética. Estes cristais de calcita são acompanhados por óxido de ferro, característica que marca e realça o crescimento destes cristais, demonstrando novamente a presença do ferro no perfil original do solo.

Faccini *et al.* (1998) interpretam para a sequência Triássica da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul como resultante da subida do nível de base e conseqüente aumento na taxa de acomodação para o Membro Alemoa. O sistema fluvial anastomosado que é interpretado para esta porção resulta da taxa de criação de espaço, provavelmente associada a taxas de subsidência mais elevadas. Ao longo do intervalo de tempo, estes canais anastomosados tornaram-se mais amplos e rasos, mudando novamente o sistema deposicional, gerando sistema de canais entrelaçados.

Como já citado anteriormente, os depósitos do Membro Alemoa são tratados como resultantes de um sistema fluvial anastomosado, com canais de baixa sinuosidade e estáveis, separados por áreas com grandes regiões de planície de inundação, ocorrendo freqüentemente no registro canais de crevasse e seus espraamentos, podendo ocorrer também locais onde a sinuosidade destes canais é mais acentuada. Fonseca (1999) caracteriza rios

anastomosados com baixo gradiente e correntes de baixa energia. Há reduzida migração lateral e não ocorrem nas planícies barras ou meandros abandonados, sendo que os canais são restritos a estas planícies, e uma vez que o sedimento constituinte das planícies é principalmente fino, argiloso, o que torna os bancos dos canais são coesivos e íngremes. Neste caso, a evolução dos canais se dá por avulsão, quando ocorre rompimento do dique marginal e conseqüente desenvolvimento de canais estáveis.

Os fósseis triássicos são encontrados principalmente na fácies de planície de inundação, interpretados a partir da geometria tabular e a granulometria fina. Esta grande proporção de sedimentos maciços mostra a atuação de processos de transporte por deposição por suspensão. A planície de inundação é caracterizada por regiões pantanosas e/ou lagos temporários, formados durante os eventos de inundação pelo extravasamento de canais, e o caráter efêmero destes acúmulos de água é evidenciado pela presença comum dos níveis de caliche da fácies P (paleosolos).

Duas origens são propostas para os fósseis na fácies Fsm (siltitos maciços):

- (1) a planície de inundação como habitat e concentração e retrabalhamento ósseo durante os eventos de inundação;
- (2) morte nos canais fluviais e o posterior carregamento dos ossos para a planície de inundação pelas águas de extravasamento, levando à desarticulação e soterramento dos ossos.

Holz & Scherer (1998) consideram o clima para o Membro Alemoa marcadamente sazonal, com estações úmidas e áridas, implicando na

substituição faunal, de rincossauros no Carniano por dicinodontes no Eonorianiano.

Bolzon (1993) observa também anéis de crescimento nos troncos de coníferas, indicando a presença de um clima sazonalmente úmido. Outras evidências para este tipo de clima é a presença de conchostráceos nos lamitos da Formação Santa Maria. Estes crustáceos vivem tipicamente confinados em corpos d'água temporários, em locais marcados pela ausência de fauna residente de peixes, particularmente em zonas quentes ou semi-áridas, o que novamente sugere a periodicidade de secas neste período. Como evidências sedimentológicas, há gretas de ressecamento, níveis de palesolo e de caliche, estruturas que necessitam de umidade seguida de períodos áridos para sua formação.

A caracterização do contexto geológico para as unidades mesozóicas da Bacia do Paraná torna-se importante, já que o depósito da área de estudo representa os sedimentos aflorantes da Formação Santa Maria, Membro Alemoa. A discussão e apresentação da geologia local segue no item 5.1.

## 4.2. BIOESTRATIGRAFIA DAS UNIDADES MESOZÓICAS DO RS

O primeiro a propor uma zonação bioestratigráfica para a Formação Santa Maria foi Barberena (1977), que preliminarmente, subdivide esta em três zonas-associação (ou Cenozonas): Zona-associação de Therapsida, Zona-associação Rhynchocephalia, e entre estas a Zona-associação de Dicroidium. Embora esta divisão evidencie a marcante diferença entre os conteúdos fossilíferos, apresenta pouca resolução geocronológica, e uma vez que os principais afloramentos eram muito localizados, havia pouca possibilidade de correlação lateral entre estes horizontes (Barberena *et. al* 1985).

O trabalho de Barberena *et al.* (op. cit.) propõem então uma divisão para o intervalo Permiano-Triássico em unidades geobióticas denominadas Faunas Locais, baseadas no conteúdo fossilífero dos Estados do sul do Brasil.

O conceito de Fauna Local foi introduzido por Wilson (1950 *in* Simpson 1971), definida como uma unidade geobiótica constituída “pela totalidade de espécies coletadas em importantes afloramentos ou agrupamentos destes”. As faunas ainda devem ser constituídas por organismo que foram contemporâneos num mesmo tempo geológico e área, e não devem ser representativos de uma totalidade de uma grande unidade lito ou cronoestratigráfica.

Quatro das sete Faunas Locais propostas tem idades entre Triássico Médio e Superior: Fauna Local Pinheiros (Eoladiniano), Fauna Local Chiniquá (Mesoladiniano), Fauna Local Alemoa (Ladiniano-Carniano) e Fauna Local Botucaraí (Eocarniano-Eonoriano). Trabalhos posteriores (*e.g.* Barberena *et al.*

1991) reforçam a utilidade desta divisão, permitindo correlacionar as paleofaunas triássicas brasileiras com conteúdo fossilífero da Argentina e África do Sul.

Embora a divisão em Faunas Locais busque uma maior resolução geocronológica, ela não é suficiente para fornecer informações sobre a distribuição lateral (correlação bioestratigráfica) ou vertical (temporal) num pacote rochoso, uma vez que pode ser definido a partir de um afloramento. Schultz (1995) também aponta dificuldades na identificação de horizontes cronocorrelacionáveis em seqüências continentais, como é o caso da Formação Santa Maria. Identifica oito Zonas-Associação, das quais cinco encontram-se no intervalo relacionado ao Membro Alemoa. A partir da descoberta de novos sítios fossilíferos, Barberena *et al.* (1993), Scherer (1994) e Schultz *et al.* (1994) retomam o uso de Cenozonas, reavaliando as antigas zonas já propostas por Barberena (1977).

Schultz *et al.* (2000), um dos últimos trabalhos a proporem esta divisão baseada nas associações fossilíferas que se sucedem temporalmente associa as faunas nas seguintes cenozonas: Cenozona Therapsida (inclui Fauna Local de Pinheiro e Fauna Local Chiniquá), Cenozona Rhynchosauria (Fauna Local Alemoa e parte da Fauna Local Botucaraí) e Nível *Jachaleria*, tratada como unidade informal.

A Cenozona Therapsida é constituída principalmente por dicinodontes (61%), com menores frações de cinodontes (27%), tecodontes (11%) rincossauros (0,7%) e procolofonídeos (0,3%). Já a Cenozona Rhynchosauria é dominada por rincossauros (92%), apresentando também cinodontes (2,7%), tecodontes (4,9%) e dinossauros (0,4%). O Nível *Jachaleria*, com ocorrência na

base do Cerro Botucaraí é caracterizada pela presença do dicinodonte *Jachaleria candelariensis*, dentes de arcossáurio, membros e outros fragmentos de um dinossauro prosaurópode primitivo (*Guaibasaurus candelariensis*), parte do *rostrum* de um fitossauro (Lucas & Kischlat, 2003) e vários restos fragmentados ainda não descritos.

Rubert (2004), analisando o material de sítios fossilíferos triássicos na Seqüência II de Faccini (1989), propõe uma nova zona, a Zona de Associação de Ictidossaura, baseado em dois afloramentos: um próximo ao Cerro Botucaraí, Candelária, e outro em Faxinal do Soturno. O conteúdo comum destes dois afloramentos constitui-se de cinodontes avançados não-mamalianos (Ictidosauros), incluindo *Riograndia guaibensis* Bonaparte et al. 2001, *Brasilodon quadrangularis* Bonaparte et al. 2003 e *Brasilitherium riograndensis* Bonaparte et al. 2003, e esfenodontídeos indeterminados (Ferigolo, 2000). Em outros afloramentos, posicionados no mesmo nível estratigráfico, caracterizados pelo Nível *Jachaleria* (Schultz et al. 2000), ocorrem formas não relacionadas às que são encontradas nos dois afloramentos anteriormente citados. Assim, por apresentar uma distribuição espacial mais extensa, o que amplia as possibilidades de correlação bioestratigráfica dentro do Triássico Superior, o novo intervalo proposto, Cenozona de Ictidosauria passa então a substituir o Nível de *Jachaleria* (FIG. 11).

PERÍODO	IDADE RÉPTIL	FAUNAS LOCAIS		CENOZONAS	LITOESTRATIGRAFIA		SEQUÊNCIA DEPOSICIONAL
	ARGENTINA	ARGENTINA	BRASIL	BRASIL	ARGENTINA	BRASIL	BRASIL
RÉTICO						MATA	III
NORIANO	COLORADENSE	LA ESQUINA			LOS COLORADOS		
						BOTUCARÁ	CENOZONA DE ICTIDOSAURIA
CARNIANO	ISCHIGUALATENSE	ISCHIGUALASTO		RHYNCHOSAURIA	ISCHIGUALASTO	SANTA MARIA	II
LADINIANO	CHAÑARENSE			BIOZONA DE TRAVERSODONTIDO	LOS RASTROS		
		LOS CHAÑARES	CHINIQUÁ	---	THERAPSIDA	LOS CHAÑARES	
			PINHEIROS				

Figura 11. Cronocorrelação entre as faunas entre triássico brasileiro e argentino (modificado de Rubert & Schultz, 2004)

O afloramento de Dona Francisca sendo constituído pela grande quantidade fósseis de tecodontes, cinodontes e dicinodontes, e não sendo registrados até o momento restos de rincossauro, pode ser inserido na Cenozona Therapsida. O item 5.2 apresenta o conteúdo fossilífero da área de estudo.

## **5. APRESENTAÇÃO DOS DADOS**

### **5.1. GEOLOGIA LOCAL**

A área estudada localiza-se na entrada da cidade de Dona Francisca, município da região central do Rio Grande do Sul, UTM(22) 0270854/6720302. Aflora às margens da rodovia BR 287, cerca de 275km da capital gaúcha.

O afloramento Posto de Gasolina constitui-se de duas porções, uma logo atrás do posto, constituído na base por pelitos com uma pequena gradação para sedimentitos mais grossos em direção ao topo. Nesta porção são encontrados geralmente ossos isolados de fósseis (FIG. 12). Na segunda porção do afloramento (FIG. 13), esta é constituída por aproximadamente seis metros de pelito, ocorrendo concreções, rizólitos, fendas de ressecamento e outras feições sedimentológicas como paleoalterações, apresentadas a seguir. Na porção basal desta parte do afloramento são encontrados esqueletos parcialmente articulados de fósseis de mesmo grupo taxonômico. Nas porções superiores, junto às camadas de concreção de carbonato de cálcio, ocorrem ossos isolados, principalmente crânios de outros táxons, como cinodontes ou dicinodontes.



Figura 12. Vista geral do afloramento (porção atrás do posto de gasolina).

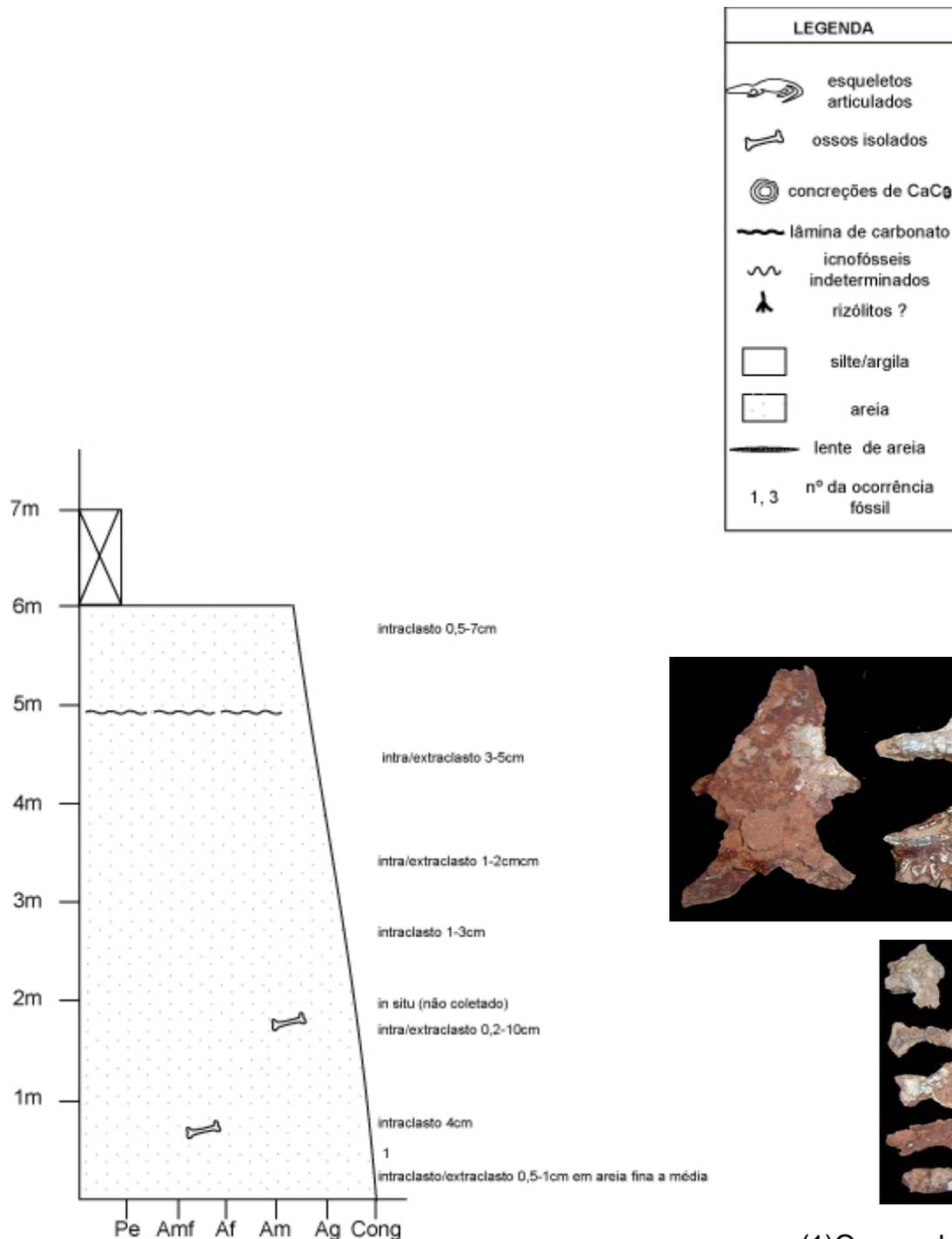


Figura 13. Vista geral do afloramento (porção composta predominantemente por pelito, interpretada como depósitos de planície de inundação).

No depósito analisado em Dona Francisca ocorrem pelitos maciços, avermelhados, com nódulos carbonáticos e fendas de ressecamento

preenchidas por carbonato. Na estrada que liga Dona Francisca a Faxinal do Soturno, próximo a Novo Treviso, a porção intermediária da sucessão apresenta arenitos finos, lenticulares, às vezes intercalados com arenitos médios a finos, amalgamados, com estratificação cruzada acanalada. A norte de Faxinal do Soturno, ocorre um sítio fossilífero bastante diversificado, onde são descritos restos de vertebrados, invertebrados e plantas, com 3 conjuntos de litofácies, com arenitos finos, maciços, cobertos por pelitos amarronados, com lentes de arenitos muito finos, cimentados por óxido de ferro e ritmitos com fendas de ressecamento.

Foram levantados seis perfis para a área estudada, buscando o maior detalhamento possível de cada porção analisada. Os pontos para confecção dos perfis foram preferencialmente escolhidos em locais onde já haviam sido relatadas coletas fósseis *in situ*. Estão também inseridos nos perfis o material fóssil cuja informação tafonômica conseguiu ser resgatada, como o ponto exato (ou próximo) da coleta. (FIG. 14-19)



(1) Ossos de tecodonte: acima, osso do crânio; abaixo fragmentos indeterminados

Figura 14. Perfil 1.

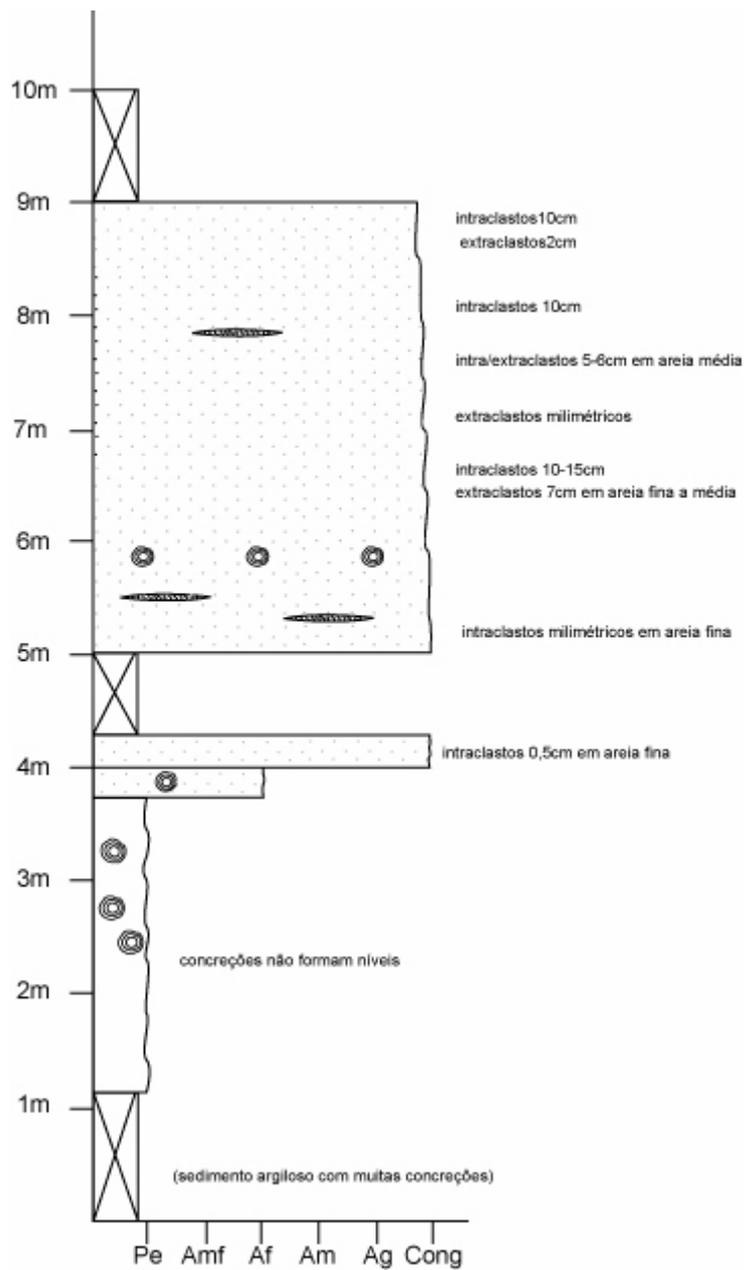
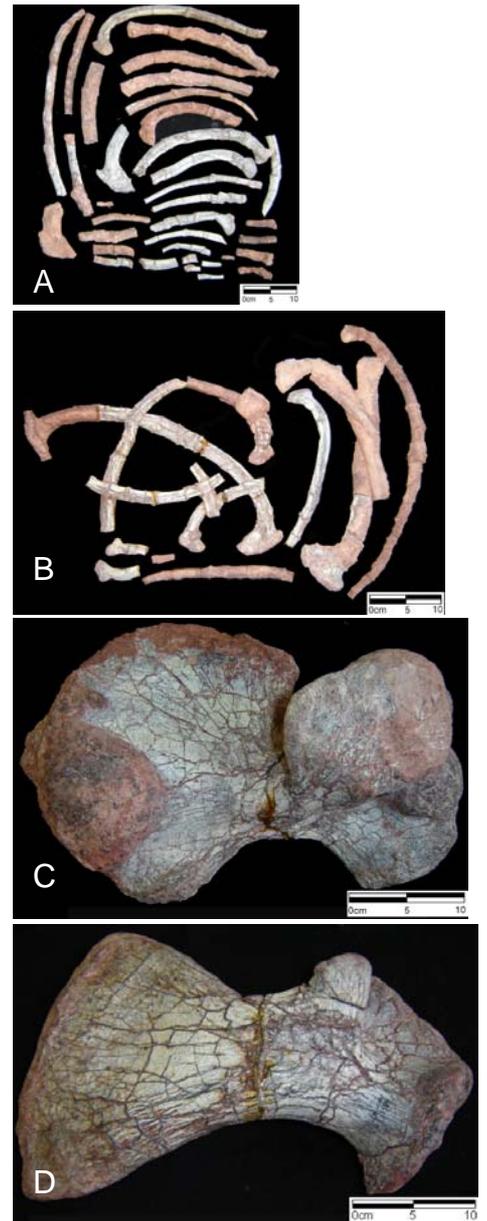
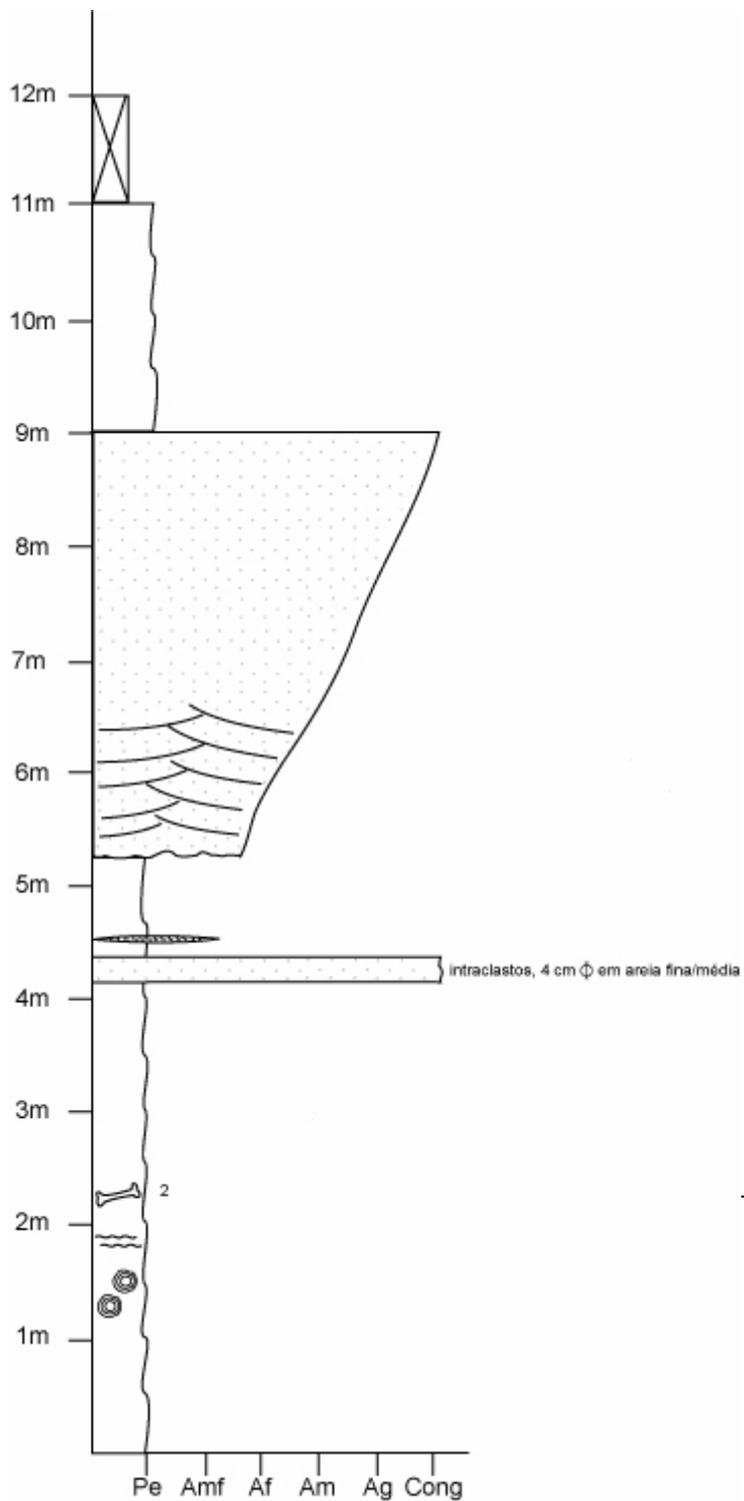
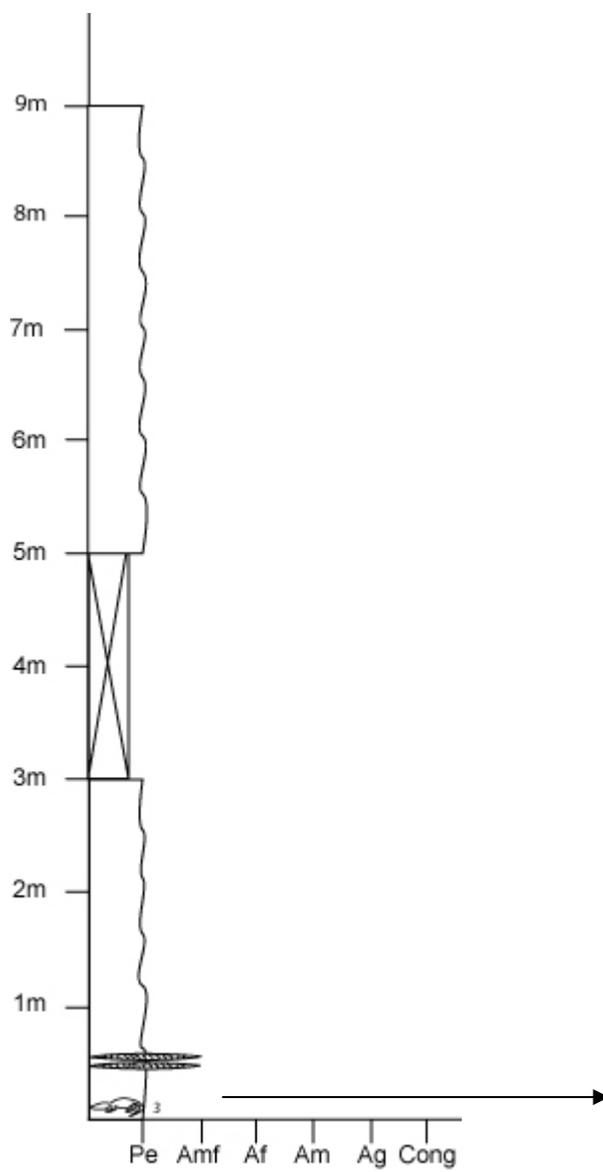


Figura 15. Perfil 2.



(2) Ossos de dicinodonte: A e B costelas; C, úmero; D, escápula.

Figura 16. Perfil 3.



(3) Esqueleto semi articulado de tecdonte

Figura 17. Perfil 4.

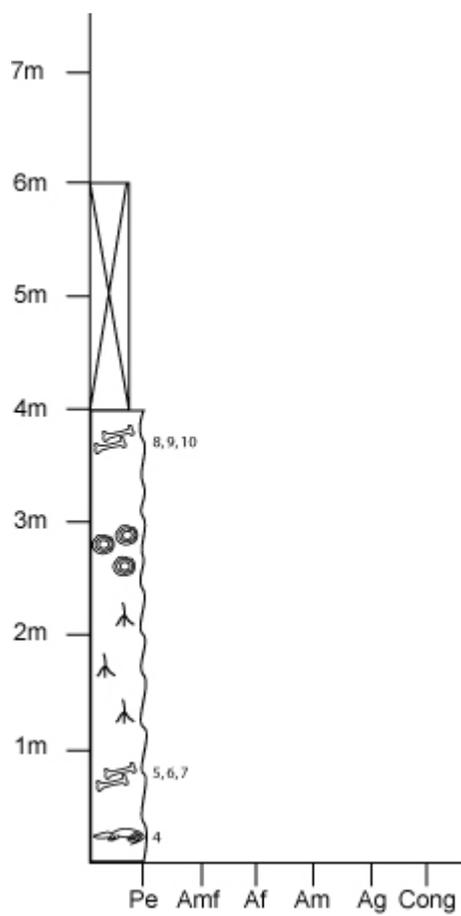


Figura 18. Perfil 5.



(4) A e B crânios; C, uma escápula; D, porção posterior de crânio; E, fêmur; F, G e H, ossos longos articulados; I, fragmentos de mandíbula; J e L, seqüências vertebrais. Todos os ossos são associados a tecodontes, com exceção de D, um dicinodonte.



(5) Restos de tecodonte: A, fragmento de costela (?); B, fragmento de osso longo; C, púbis; D, vértebra.



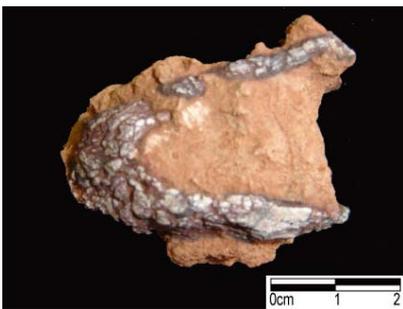
(6) Restos de tecodonte: A, púbis e acetábulo; B, vértebras; C, fragmentos indeterminados.



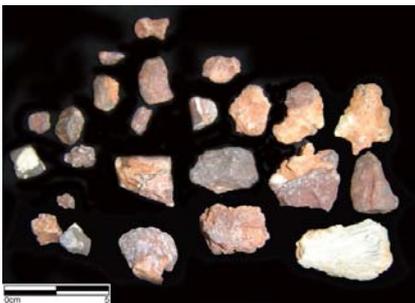
(7) Crânio de cinodonte



(8) Crânio de dicinodonte



(9) Mandíbula de cinodonte



(10) Fragmentos indeterminados

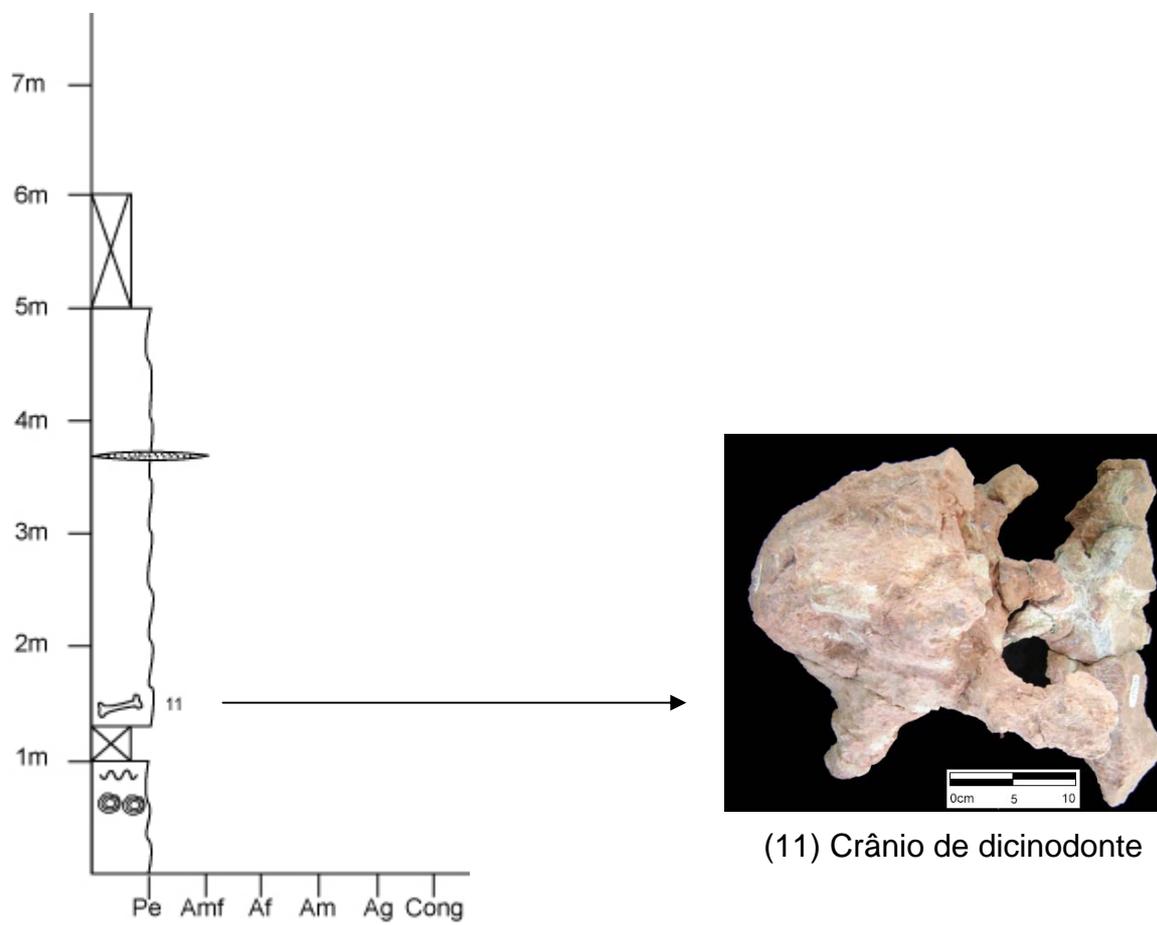


Figura 19. Perfil 6.

### 5.1.1. PALEOALTERAÇÕES

São identificadas paleoalterações no afloramento Posto de Gasolina em Dona Francisca. Os itens a seguir discorrem sobre os tipos de ocorrência de paleoalterações no depósito analisado.

Paleoalterações são definidas como alterações pós-deposicionais ocorrentes nos depósitos sedimentares, podendo ser resultantes de pedogênese, processos sedimentares relacionados à variação do nível freático e também da eodiagênese. Estas modificações ocorrem nos horizontes de solo mais superficiais, e dependem de fatores como clima e ambiente.

As paleoalterações segundo Da Rosa (2004) podem ser divididas em dois grupos, segundo sua gênese: pedogênicas, quando são formadas nas camadas mais superficiais do solo (os 3m superficiais dos depósitos sedimentares), estando suscetíveis à remobilização de sedimentos e solutos no interior do perfil de solo, ocorrendo infiltração de argilas, fissuramento, brechificação, horizonção, dissolução, hidromorfismo e carbonatação. O segundo tipo resulta da variação do nível freático, ocorrendo hidromorfismo e carbonatação.

#### **5.1.1.1. HIDROMORFISMO**

Este tipo de paleoalteração é observado no afloramento Posto como descoloração localizada, geralmente ocorrendo ao redor de raízes, formando halos de descoloração (*drab holes*), às vezes podendo ocorrer preservação de traços de raízes (embora não tenha sido observado). Pode ocorrer também da descoloração acompanhar a carbonatação dos condutos, relacionado a um evento bastante posterior à oxidação.

#### **5.1.1.2. CARBONATAÇÃO**

Carbonatação pode ser resultado da pedogênese, oscilação do nível freático ou mesmo da eodiagênese, formando nódulos, lentes e crostas carbonáticas em arenitos ou pelitos, claramente observado na área de estudo (FIG. 20). Quando há infiltração de águas meteóricas levemente ácidas, podem ser geradas relicárias, isoladas ou dispostas em níveis de relativa continuidade lateral.

### 5.1.1.3. PEDOTÚBULOS

Pedotúbulos (quando a gênese, resultado de marcas de raízes ou bioturbação, não é identificada) são as primeiras estruturas a sofrer carbonatação. Quando resultam de traços de raízes, formam venulações milimétricas, dispostas horizontalmente e de aspecto intrincado. Quando verticais, geralmente ocorrem no limite pelito na base e arenito no topo, mas são atribuídos incertamente a rizólitos, justamente pelo seu alto grau de carbonatação. É comum também encontrar em Dona Francisca nódulos, em níveis formando lentes ou crostas ou mesmo isolados, preferencialmente nos pelitos, mas ocorrendo também nos arenitos. Tais nódulos podem apresentar até 40cm de diâmetro, estes maiores sendo formados pela precipitação de calcita fibrorradiada (FIG. 21). A coalescência de lentes ou nódulos podem formar crostas carbonáticas, com relativa continuidade lateral mas pouca espessura (geralmente centímetros). Quando vista à microscopia, a carbonatação pedogênica tende a ser microcristalina, tanto em siltitos quanto em arenitos, inclusive com o caráter deslocante já observado por Holz & Schultz (1998), em função da baixa profundidade. Ocorre também carbonatação de fendas na área de estudo (FIG. 22), observado a partir de descolorações ou pelo preenchimento por areia ou carbonato. Podem ser formadas pela exposição e ressecamento dos depósitos, ou mesmo pela ação de raízes, quando então são preenchidas por carbonato espático ou de maior cristalinidade. Em seção, são identificadas como pequenas cunhas de material carbonático, em forma de "V", seccionando arenitos finos igualmente

carbonatados, servindo como condutos para infiltração de água meteórica, causando descoloração localizada ao seu redor. Em fendas onde não ocorre cimentação, a descoloração é mais evidente, formando entrelaçamento de traços em planta ou traços verticais em seção. Pode ocorrer preenchimento por areia, indicando translocação de sedimentos mais freqüente no perfil de solo (ou pedoturbação).

Rizoconcreções carbonáticas com zonação concêntrica, tanto verticais quanto horizontais são geralmente atribuídas à plantas freatofíticas, colonizando barras e canais abandonados de amplas planícies de canais entrelaçados ( Purvis & Wright, 1991 apud Da Rosa, 2005). A formação das rizoconcreções inicia-se durante a vida das plantas, onde a evapotranspiração induz a precipitação de carbonato. Estas estruturas também são encontradas em Dona Francisca (FIG. 23).



Figura 20. Crosta carbonática. Figura 21. Nódulo de calcita fibrorradiada.



Figura 22. Carbonatação de fendas.



Figura 23. Rizoconcreções carbonáticas.

## 5.2. A paleofauna local

São apresentado a seguir, os grupos fósseis que ocorrem em Dona Francisca, com suas características mais marcantes em termos de morfologia e possíveis hábitos e inferências ecológicas destes organismos. O presente trabalho não se deterá em gêneros ou espécies, uma vez que do ponto de vista tafonômico é mais significativo conhecer os grupos predominantes de ocorrência no afloramento do que seus detalhes taxonômicos e discussões

relacionadas, e mesmo porque o material de estudo ainda necessita de tal trabalho.

A partir de levantamento realizado no Laboratório de Paleovertebrados da UFRGS e no Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do RS (FZB), instituições nas quais estão depositados os fósseis do afloramento em estudo, predominam no local três grupos taxonômicos: cinodontes, tecodontes e dicinodontes, grupos fósseis que são relacionados à Cenozona Therapsida.

Nestes fósseis coletados, há pouco material que tenha sido identificado especificamente, a maioria sendo relacionada ao grupo taxonômico maior. Existem muito fósseis fragmentados, alguns dos que estão na FZB ainda encontram-se sem preparação, e poucas ocorrências são realmente *in situ*; além disso, mesmo que alguns dados de campo tenham sido tomados, é bastante difícil resgatar outras informações (direção, atitude etc.).

A tabela a seguir (TAB. 1) apresenta a listagem do material fóssil coletado em Dona Francisca. No número de registro, **MCN PV** (número) indica material depositado no Laboratório de Paleontologia no Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica, e **PV** (número)**T** o material registrado no Laboratório de Paleovertebrados do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Tabela 1. Registro da paleofauna local coletado no afloramento Posto.

<b>Número de registro</b>	<b>Descrição</b>	<b>Grupo taxonômico</b>
MCN PV 3585	púbis, 2 fragmentos de osso longo, 1 vértebra	Archosauria
MCN PV 10004	fragmentos menores, máximo 5cm (crânio – órbita, outros indeterminados -, gastrália), e outros maiores, 2 maxilas (d/e), basiooccipital, fragmento de maxila, teto de crânio (parietal), fragmentos de osso longo, fragmentos de dentes (vê-se a serrilha)	Archosauria
MCN PV 10005	vértebras (2) uma delas maior, sem espinho desenvolvido), cintura pélvica (púbis?), vários pequenos fragmentos (+20, gastrália, crânio, costela e outros indeterminados)	Archosauria
MCN PV 2293	Crânio	Cinodonte
MCN PV 3584	úmero, escápula, fragmento de osso longo, série de costelas (2), que apresentam de 3-4 costelas sobrepostas, e mais 15 costelas, com as porções distais fragmentadas	Dicinodonte
MCN PV 2263	Crânio	Dicinodonte
MCN PV 10006	Crânios (pelo menos 2), associado a pós-crânio; 1 crânio isolado junto com a mandíbula; seqüências de vértebras (8); escápula, fragmentos de mandíbula (2), dentes isolados, seqüência de vértebras com osteodermas e osso longo associados, fêmur, par de tíbia/fíbula (ou rádio/ulna), conjunto de vértebras e outros ossos indeterminados, vários outros fragmentos indeterminados (costelas)	Archosauria
MCN PV 3591	Dente	Archosauria
MCN PV 3592	Dente	Dicinodonte
MCN PV 3593	Dente, fragmento de crânio (pré-maxila)	Dicinodonte
MCN PV 3594	Dente	Dicinodonte
MCN PV 3599	Fragmento de crânio	Cinodonte
MCN PV 3600	Fêmur	Dicinodonte
MCN PV 3586	Fêmur	Dicinodonte
MCN PV 2666	Fragmento de mandíbula	Cinodonte
MCN PV 2664	Vértebra	Cinodonte
MCN PV 2714	Mandíbula	Cinodonte
MCN PV 2710	Fragmento de dente canino	Cinodonte (?)
MCN PV 2711	Úmero	Cinodonte
MCN PV 2712	Vértebras (5), os espinhos quebrados	?
MCN PV 2709	Fragmento de coluna	?
MCN PV 2665	Fragmentos vértebras, osso longo, mandíbula	Cinodonte
MCN PV 3504	Dente	Cinodonte
MCN PV 2715	Fragmentos indeterminados	? dicinodonte
MCN PV 2652	Fragmento crânio (órbita e parietal)	Cinodonte
MCN PV 2653	Teto de crânio	Cinodonte
MCN PV 2647	Vértebra dorsal anterior	Archosauria
MCN PV 2363	Fragmentos maxila com dentes, vértebras	Archosauria
MCN PV 3504	Dente	Cinodonte
MCN PV 3602	Fragmento osso longo (porção distal)	Archosauria

MCN PV 2645	Fragmento escápula, coracóide, clavícula	Archosauria
MCN PV 2646	Vértebra dorsal anterior	Archosauria
MCN PV 2648	Íleo	Dicinodonte
MCN PV 2649	Úmero	Dicinodonte
MCN PV 2650	Úmero	Dicinodonte
MCN PV 2651	Escápula	Dicinodonte
PV 0473 T	Basicrânio	Archosauria
PV 0472 T	Fêmur	Archosauria
PV 0726 T	Vérterbras, joelho e tarso	?
PV 0846 T	Úmero	Archosauria
PV 0951 T	Íleo	Dicinodonte
PV 0952 T	Esqueleto (?)	Archosauria
PV 0953 T	Íleo, púbis, vértebra sacral	?
PV 0955 T	Vértebra	?
PV 0962 T	Fragmentos	Cinodonte
PV 0963 T	Crânio	Dicinodonte

### **5.2.1. Tecodonte (Subclasse Diapsida, Infraclasse Archosauromorpha, Superordem Archosauria, Ordem Thecodontia)**

Diversas classificações a respeito da posição filogenética dos arcossauros já foram propostas, de maneira que este posicionamento é bastante controverso e ainda inconclusivo. Os arcossauros considerados como sub-classe (Romer, 1966) são diápsidos, formando o ramo arcossauomorfo junto com *Trilophosaurus*, rincossauros e prolacertiformes (Gow, 1975; Brinman, 1981; Benton, 1983, 1984, 1985; Evans, 1984; Gauthier, 1984; Benton & Clark, 1988 *apud* Azevedo 1990). Alguns autores ainda propõe como descendentes dos captorhinomorfos (Romer, 1966) e dos pelicossauros (Reig, 1970).

Os tecodontes representam os únicos entre os primeiros arcossauros a apresentarem fenestra anterorbital, o pescoço relativamente curto, a retenção completa da barra temporal inferior e uma fileira única de dentes na pré-maxila, maxila e dentário (Carrol, 1988). Benton & Clark (1988) consideram os tecodontes como todos os arcossauros do Triássico e Permiano Superior que não sejam considerados como crocodilianos, pterossauros ou dinossauros. O grupo dos tecodontes apresenta importância porque a partir deles surgiram os demais arcossauros, incluindo os atuais crocodilos e também as aves (Bertini, 2000).

Estão incluídos dentro do grupo dos Archosauriformes (Gautier, 1984), onde estão inseridos antigos arcossauros que surgiram antes do aparecimento dos crocodilos e aves, mas não estão incluídos dentro de Archosauria.

O nome do grupo (Thecodontia) se dá porque neles os dentes estão implantados em alvéolos, ou seja, são dentes em tecas, o que não ocorre na maioria dos amniotas reptilianos (embora essa característica não seja exclusiva do grupo).

O exemplar em questão, atualmente está sendo objeto de tese de doutoramento de Bianca M. Mastrantônio (PPGEO – UFRGS) para a identificação do espécime e melhor refinamento filogenético, e embora não apresente muitos dados conclusivos, parece estar relacionado provavelmente a *Rauisuchia*, sendo então tratado neste trabalho apenas como *rauisuquídeo* indeterminado.

Alguns autores (e.g. Romer 1956, Reig 1970, Krebs 1976) dividiram os arcossauros em três subgrupos, mais tratados como sub-ordens:

- 1) Proterosuchia (incluindo Proterosuchidae, Erythrosuchidae, Rauisuchidae e Proterosuchampsidae);
- 2) Parasuchia (Phytosauridae);
- 3) Pseudosuchia (todas demais famílias).

Bonaparte (1982) divide Proterosuchia em duas infra-ordens: Proterochampsia e Rauisuchia, esta última contendo as famílias Erythrosuchidae e Rauisuchidae.

Novamente, embora exista uma intensa discussão na classificação sistemática dentro deste grupo, não há um consenso sobre tal. Gower (2002) propõe para a caracterização de Rauisuchidae algumas características que podem ser identificadas neste grupo, embora as diagnoses ainda sejam problemáticas: arcossauros crurotarsais com articulação rotatória bem definida entre astrágalo-calcâneo; osteodermas pareados ao longo da coluna pré-

sacral; processo na superfície ântero-lateral do ílio, imediatamente acima do acetábulo; mais de duas vértebras no sacro; costelas e acetábulo bastante direcionados para baixo; abertura entre narina e fenestra antorbital. Os rauissuquídeos representam um componente significativo dentro de Archosauria, e durante as mudanças faunais que ocorrem durante o Triássico e início do Jurássico, mantiveram-se como carnívoros de topo, provavelmente predando terápsidos e rincossauros e depois os primeiros dinossauros herbívoros no Noriano. Desapareceram provavelmente no final do Triássico, sendo substituídos pelo primeiros terópodes que surgiram pelo início do Jurássico. A problemática que se encontra na taxonomia de rauissuquia é porque há poucos espécimes e geralmente mal preservados, situação até comum para organismos que ocuparam topo das cadeias alimentares e inseridos num contexto continental.

Dentro do grupo mencionado, relatados para o Triássico brasileiro há formas como *Prestosuchus chiniquensis*, em que seus representantes são considerados cosmopolitas e alcançando grande tamanho, sendo maiores que os primeiros dinossauros. Eram quadrúpedes, mas podendo ser bípedes ocasionais e tudo indicando serem os supercarnívoros da época; possuíam ainda ao longo do corpo duas fileiras de pequenas placas dorsais, osteodermas, que estendiam-se até a cauda em fileira única, recobrando-a também na sua porção inferior (ventral) (Carrol, 1988). *Prestosuchus* embora considerado com uma postura bípede, mesmo ocasionalmente, era lento na locomoção (por ser grande e conseqüentemente muito pesado) com pouca manobrabilidade na caça, atacando suas presas por emboscada (Kischlat,

2000). Deveria ter altura máxima de 1,70m e mais de seis metros de comprimento (Barberena *et al.*, 2002).

*Karamuru vorax*, um rauissuquídeo conhecido por poucos exemplares foi considerado como *Prestosuchus chiniquensis*, mas características da mandíbula e do calcâneo propuseram a separação entre as duas formas. Assim, propõe-se que *Karamuru vorax* deveria ter maior manobrabilidade na corrida que *Prestosuchus*, também carnívoro, porém com mordida menos poderosa que este e dentes funcionando como punhais que penetravam e descarnavam a presa (Kischlat, 2000).

### 5.2.2. Dicinodontes

Dicinodontes são sinápsidos, com o crânio extremamente especializado a herbivoria e durante a evolução do grupo ocorre a tendência da redução dentária, restando somente os caninos que nas formas mais derivadas também é perdido (Schultz, 1998). Assume-se que as pré-maxilas e maxilas deveriam possuir uma cobertura córnea, assim como encontrado nas tartarugas, por causa da presença de marcas de vasos sanguíneos na região.

Essa cobertura seria como um bico, representando uma superfície contínua para o corte dos vegetais, e à medida que fosse desgastada, poderia ser continuamente repostas (Pough, 1999). Além disso, articulações do crânio dos dicinodontes e a presença de um crânio mais sólido e robusto na sua constituição posterior, permitindo a inserção de musculatura especializada para

tal tarefa, revelam um movimento de apreensão e mastigação do alimento bastante característico, o que os ajudaria a cortar (não triturar) caules e folhas de vegetais em porções menores, em um movimento bastante semelhante encontrado nos roedores atuais (Schultz, 1998).

O grande sucesso como herbívoros se deu porque os dicinodontes surgiram em uma época onde apenas insetos ocupavam tal nicho, podendo então especializarem-se numa dieta rica em matéria vegetal, no hábito pastador e de possivelmente comer brotos (Kellner *et al.*, 1999), tarefa que seria facilitada pelo uso das unhas das suas patas, grandes e achatadas (Schultz, 1998). Eram quadrúpedes, de tamanho médio (Schultz, 1995), podendo atingir até quatro metros nas formas do Triássico Médio, com peso próximo a uma tonelada (Schultz, 1998), lembrando hipopótamos atuais, e portanto deveriam ser lentos e presas relativamente fáceis para os predadores da época (Kellner *et al.*, 1999).

Uma forma possivelmente relatada para o Afloramento é *Dinodontosaurus*, que ocorre como duas formas no Triássico brasileiro: *D. turpior* e *D. tener*, formas comuns na região de Santa Maria. Possuíam caninos bem desenvolvidos (Schwanke & Barberena, 2000), aparentando ter tido grande força, não muito ágeis, podendo ser comparados a um pequeno rinoceronte (King, 1990).

*Ischigualastia* seria uma grande forma, podendo alcançar até 4,5m, lembrando, assim como *Dinodontosaurus*, o tamanho de um rinoceronte atual (Bonaparte 1997). Sugere-se que tinham o aparato alimentar mais especializado, indicando uma mudança de hábitos alimentares ou então para

otimizar o aproveitamento dos recursos em ambientes onde estes eram mais escassos (Schwanke & Barberena, 2000).

### **5.2.3. Cinodontes**

Os cinodontes são sinápsidos, caracterizados principalmente pela presença de palato secundário, diferenciação dentária em incisivos, caninos e pós-caninos, participação crescente dos ossos pós-dentários da mandíbula na função auditiva. Apresentavam tamanho médio, com comprimento próximo um metro e altura de aproximadamente 0,5 m, assemelhando-se a cães.

Os cinodontes representam um grupo bastante diferenciado dos outros tratados, porque apresentaram características importantes no passo em direção aos mamíferos: a alta taxa metabólica que estes apresentam teve início com os cinodontes. Uma alta taxa metabólica possibilita manter a temperatura alta e constante (homeotermia) independente das variações ambientais, mas implica em necessidades maiores de oxigenação dos tecidos e obtenção de alimento, o que acaba por refletir nas características morfológicas do organismo. Assim, um palato secundário bem desenvolvido permitindo que a respiração seja independente da deglutição, a dentição diferenciada em incisivos, caninos e pós-caninos, aparecendo pela primeira vez nos cinodontes, triturando o alimento em porções menores, tornando o processo digestivo mais eficiente e assim a obtenção de energia. Ocorreram também alterações no pós-crânio. A diferenciação do tronco em região lombar e torácica, esta

apresentando redução das costelas, pode ser relacionada a mudanças no padrão respiratório: a expiração não resultará mais da contração muscular torácica, mas especula-se que deveriam possuir a respiração semelhante aos mamíferos (relacionado ao novo modo de locomoção), apresentando portanto maior taxa de ventilação (Pough, 1999); há também a mudança na postura dos membros, modificando o modo de locomoção: a ondulação lateral, comum nos répteis é substituída pela flexão vertical encontrado nos mamíferos, acompanhado pela redução do uso da cauda como fator de equilíbrio, já que não apresentavam mais a ondulação lateral como os demais répteis (Schultz, 1998).

A presença de uma musculatura mandibular eficiente permitiu aos cinodontes que tivessem uma grande variação nos seus hábitos alimentares. Havia formas carnívoras, que apresentavam os dentes caninos e incisivos bastante desenvolvidos; herbívoras, com a superfície dos molariformes adaptadas ao corte, trituração e moagem da matéria vegetal (Pough, 1999); e as formas omnívoras.

Os Traversodontídeos (*Exaeretodon*, *Gomphodontosuchus*, *Traversodon*) são representados por herbívoros-omnívoros bastante especializados, distinguidos principalmente pela presença dos dentes transversalmente alargados (dentes gonfodontes) bastante especializados, com boa oclusão, dentes da maxila superior mais desenvolvidos que os inferiores e presença de um pequeno diastema entre os caninos e pós-caninos (Barberena & Dornelles, 2000).

Chiniquodontídeos (*C. theotonicus* e *C. kitching*) são formas carnívoras com dentes sectoriais (cortantes), comprimidos lateralmente e conseqüente

alinhamento antero-posterior das cúspides (Barberena & Dornelles, 2000). Apresentavam porte médio.

*Therioherpeton cargini* é o único representante da família Therioherpetidae (Barberena & Dornelles, 2000), apresentando todos os dentes pós-caninos sectoriais; já *Thrinaxodon brasiliensis* é uma forma menor se comparada aos traversodontídeos, com cúspides cingulares ao longo da base da coroa dos pós-caninos (Abdala & Ribeiro, 2000).

Todas estas são formas citadas na ocorrência para o Triássico sul-riograndese. Do material coletado, parece ser relatado um crânio de traversodontídeo, uma forma herbívora.

#### **5.2.4. DESCRIÇÃO DO MATERIAL: O ESQUELETO ARTICULADO DE TECODONTE**

A descrição do espécime PV 0629T é dada a seguir, segundo sua preparação. Essa descrição é apresentada em três estágios, sendo cada um destes representado pela retirada do material mais considerado mais superficial (ou exposto), permitindo a preparação em níveis mais profundos do bloco. A FIG. 24 mostra a vista geral do esqueleto ainda na matriz e a FIG. 25 o mapeamento dos elementos ósseos durante (após) a preparação do material.



Figura 24. Vista geral da carcaça do tecodonte, antes da preparação.

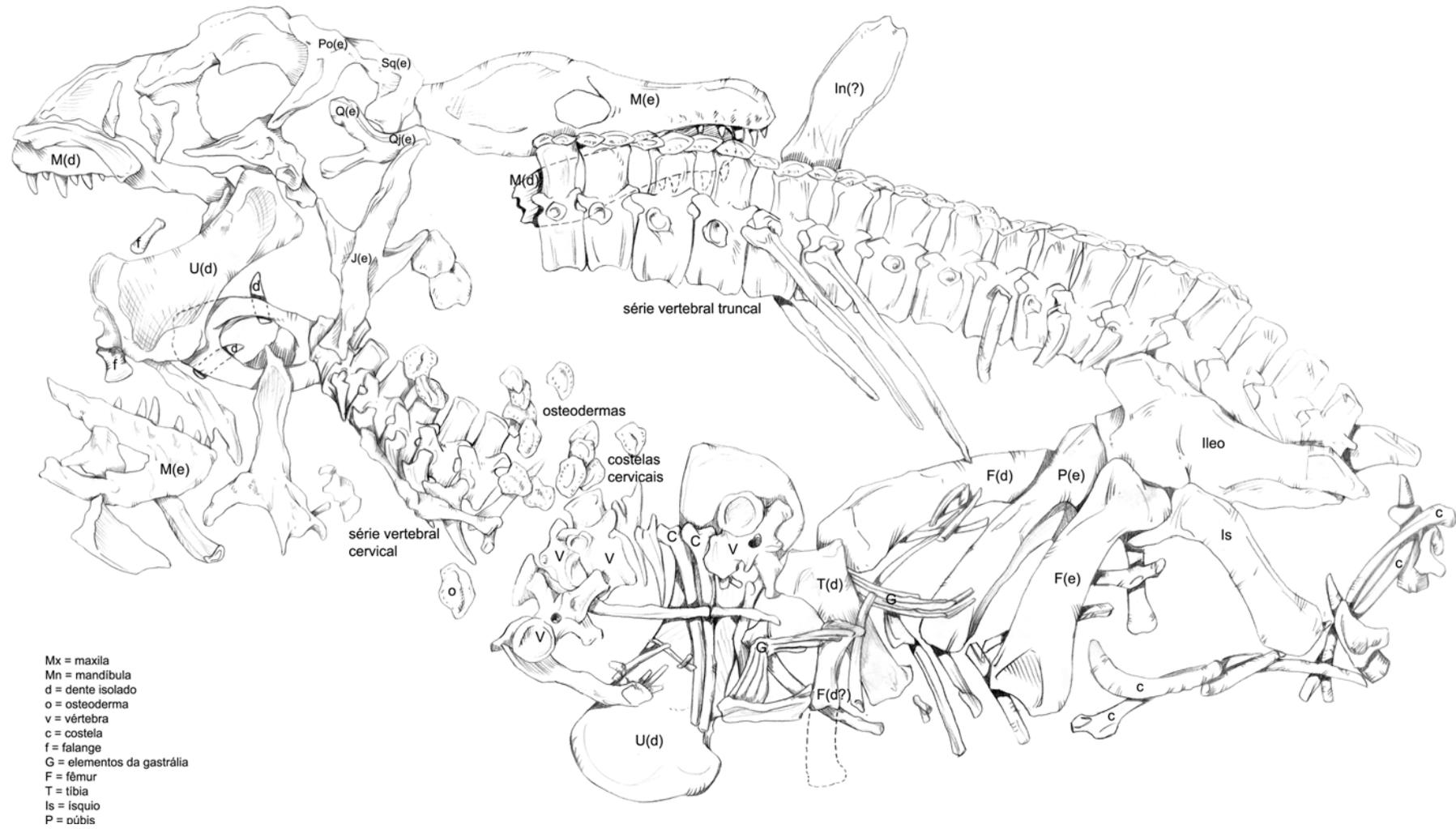


Figura 25. Desenho esquemático do esqueleto PV 0629T, espécime cuja preparação foi acompanhada.

**Estágio 1:** a postura de soterramento da carcaça é mostrada na FIG. 26. A porção posterior do tronco apresenta-se parcialmente articulado, com o lado esquerdo para cima. Na porção que encontra-se articulada, há uma seqüência de 15 vértebras, representando a sessão mediana do tronco até o início da cauda, as quais estão associadas aos ossos da cintura pélvica, com algumas costelas e série dupla de osteodermas sobre as vértebras. Aos dois ramos da cintura pélvica presentes estão articulados os fêmures, e próximo ao fêmur direito (que aparece somente sua porção mais distal) encontra-se a tíbia correspondente, talvez em posição de articulação.

Próximos à tíbia direita, ocorrem algumas vértebras desarticuladas, pertencentes provavelmente à região anterior do tronco e região posterior da série cervical, espalhadas e sem orientação preferencial. Junto a estas há elementos da gastrália, costelas e osteodermas. Próximo a estas vértebras desarticuladas, está a série cervical de vértebras, cujas primeiras encontravam-se sob os elementos cranianos.

Quanto ao crânio, este encontra-se praticamente completo, porém em estado bastando avançado de desarticulação. O úmero direito encontra-se associado aos restos cranianos. O ramo mandibular esquerdo está articulado ao quadrado, porém completamente abduzido. A porção mediana deste ramo mandibular é encoberta pela primeira vértebra da seqüência articulada (seqüência truncal). Um osso que provavelmente corresponde à interclavícula está aderido aos osteodermas da região média da seqüência articulada de vértebras.

Ainda no crânio, o quadrado, o quadrado jugal esquerdo e o ectopterigóide estão articulados entre si e a mandíbula esquerda, porém

deslocados do restante do crânio. O maxilar esquerdo está desarticulado, bem como as duas pré-maxilas. Os ossos do teto do crânio (frontal, parietal, ossos da série circum orbital, também o pré-frontal e pós-orbital) estão articulados, e a eles está associada parte do neurocrânio. O palatino (?), o nasal (?) e um lacrimal (?) estão isolados e próximos ao maxilar esquerdo.

Observa-se também isolado um dos pterigóides, provavelmente o esquerdo, próximo de onde localiza-se o maxilar esquerdo.

**Estágio 2:** com a remoção das peças mais superficiais, apareceram sob as peças do crânio parte proximal do ramo mandibular direito e exposição da série vertebral cervical. Em uma outra porção do bloco, abaixo da concentração de vértebras desarticulada, costelas e elementos da gastrália, aparece uma escápula direita, com algumas costelas sobrepondo-a, que seguindo a seqüência de vértebras cervicais, estaria próximo a sua posição natural.

Abaixo da seqüência truncal articulada, aparecem algumas costelas direitas. Próximo à série cervical, abaixo, observa-se costelas, com características de serem proximais, (ou representarem entre as últimas costelas cervicais e as primeiras truncais).

Na mandíbula esquerda, junto ao lado medial desta, posiciona-se próximo à sínfise parte da mandíbula direita. Ressalta-se que, tanto nos ramos mandibulares, maxilares e pré-maxilares direito e esquerdo, são encontrados dentes, em quase todos encontrado-se o bordo serrilhado destes.

**Estágio 3:** após toda a retirada do material mais exposto, aparentava numa primeira observação do restante do bloco constituir-se apenas por sedimento

maciço e sem mais elementos fósseis. No entanto, novos ossos foram encontrados, um deles provavelmente uma costela, e no mesmo nível, um metarsal (terceiro metatarsal esquerdo), estes localizados logo abaixo dos ossos da cintura pélvica. Na sequência da escavação, abaixo do metatarsal, encontra-se 1 costela e 1 presa, e logo abaixo destes, mais uma costela inteira, uma porção proximal de costela e outra costela mais abaixo. Ainda na porção posterior, mais um osso é encontrado, provavelmente craniano, ainda não identificado.

Abaixo do ramo maxilar direito, localiza-se uma falange. A pré-maxila esquerda estava aderida abaixo do maxilar correspondente.

## **6. RESULTADOS, DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO**

### **6.1. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO**

O depósito analisado em Dona Francisca é característico de depósito de finos de inundação (elemento arquitetural FF de Faccini, 2000). Ocorrem pelitos maciços, avermelhados, com nódulos carbonáticos e fendas de ressecamento preenchidas por carbonato. Não observa-se mudança litofaciológica da base para o topo neste afloramento. Na estrada que liga Dona Francisca a Faxinal do Soturno, próximo a Novo Treviso, a porção intermediária da sucessão apresenta arenitos finos, lenticulares, às vezes intercalados com arenitos médios a finos, amalgamados, com estratificação cruzada acanalada. A norte de Faxinal do Soturno, ocorre um sítio fossilífero bastante diversificado, onde são descritos restos de vertebrados, invertebrados e plantas, com 3 conjuntos de litofácies, com arenitos finos, maciços, cobertos por pelitos amarronados, com lentes de arenitos muito finos, cimentados por óxido de ferro e ritmitos com fendas de ressecamento.

Da Rosa (2005) reconhece para as unidades Mesozóicas do Rio Grande do Sul seis blocos estruturais, os quais possuem relativa homogeneidade estrutural e possibilidades de correlação estratigráfica entre si. Estes blocos são resultantes da tectônica deformadora, e são identificados a partir do reconhecimento de lineamentos de diferentes escalas e pela identificação do rejeito de falhas que são medidas em campo, este determinado pelos rejeitos verticais existentes entre as unidades litoestratigráficas analisadas em cada

lado dos lineamentos limitantes, com o auxílio das cenozonas baseadas no conteúdo fossilífero de paleovertebrados. A presença desta tectônica dificulta em partes as correlações bioestratigráficas, e assim, a identificação destes blocos auxilia na resolução das implicações lito e bioestratigráficas, como correlação regional de afloramentos dispersos e separados por espessa cobertura vegetal.

Os blocos estruturais apresentados pelo autor são: Bloco Santa Maria, Bloco São João do Polênise, Bloco Faxinal do Soturno (onde inclui o afloramento de Dona Francisca), Bloco Agudo, Bloco Paraíso do Sul e Bloco Candelária. Segundo essa divisão em blocos, o afloramento estudado localiza-se na porção sudoeste do Bloco Faxinal.

O Bloco Faxinal do Soturno é delimitado a oeste pelo Rio Soturno, a leste pelo lineamento Agudo e a norte é capeado pelas rochas sedimentares e vulcânicas do Grupo São Bento (Formação Botucatu e Formação Serra Geral). Os fósseis desta região são pertencentes à Cenozona Rhyncosauria e Ictidosauria (Rubert & Schultz, 2004). O Rio Soturno separa o Bloco Faxinal do Soturno do Bloco São João do Polênise, colocando lado a lado duas biozonas distintas: no afloramento Linha São Luís, a norte de Faxinal do Soturno, ocorre a biozona de Ictidosauria, à cota de 110m; à mesma cota, no afloramento Sítio Alto – Guarda Mor, na Linha da Gruta, ocorre a Cenozona de Rhyncosauria, onde o rejeito de falha é estimado em mais de 30m, correspondendo à espessura média dos pacotes sedimentares da região. Em Dona Francisca ocorre a Cenozona Therapsida, à cota de 90m e à 100m, no sopé do Cerro Agudo, a Cenozona Rhyncosauria.

Assim, analisando a seção Bloco Faxinal, encontra-se em termos de paleoalterações: na base do pacote, onde estão os pelitos avermelhados e fossilíferos, ocorrem paleoalterações pedogênicas e freáticas sobre pelitos avermelhados, sendo interpretados como alterações de pedotúbulos (descritos anteriormente); ainda são observadas a formação de nódulos de calcita fibrorradiada e carbonatação de fendas de ressecamento. A partir da existências de tais estruturas, interpreta-se como ocorre no Bloco Santa Maria, oscilação do nível freático, onde são encontradas feições pedogênicas superpostas pelas paleoalterações freáticas (carbonatação e hidromorfismo), claramente observadas no afloramento em questão. Nas porções mais altas do pacote, ocorre pelito maciço e não são observados grandes registros de paleoalterações.

Na interpretação paleoambiental do Bloco Faxinal, os afloramentos de Dona Francisca (Afloramentos Posto de Gasolina, Canmpal e Centro Comunitário), que estão na base do pacote sedimentar representam os depósitos da planície de inundação, distantes do canal, com nível freático alto e carbonatação de depósitos previamente expostos; a porção intermediária apresenta predomínio de lobos de crevasse e canais de moderada sinuosidade. Já na porção superior do pacote ocorrem canais, com lagos em ferradura sobrepostos por inunditos (Rubert, 2003).

Variação do nível freático e taxa de sedimentação são dependentes da distância relativa do canal principal, e atuam na formação das paleoalterações. Quanto mais próxima ao canal, a taxa de sedimentação é maior e ocorrem poucas paleoalterações, geralmente não carbonatadas; nas áreas mais

distantes do canal, o nível freático é mais baixo, gerando inicialmente paleoalterações freáticas, e depende também da frequência de inundações.

A variação do nível freático influencia também na qualidade da preservação dos fósseis, não somente o tempo de exposição até o soterramento. Na área estudada pelo autor, são distinguidos dois tipos de preservação diferencial: fósseis bem identificados e fósseis mal preservados. No primeiro grupo, há identificação das paredes e estruturas ósseas internas e a sutura entre os ossos, e quando observados em seção transversal, a porção vascularizada e maciça do osso apresenta carbonatação incipiente; num segundo grau de preservação, a porção vascularizada é mais intensamente preenchida, e somente a porção externa do osso é preservada, podendo ou não apresentar uma película de óxido de ferro; nos fósseis mal preservados, os ossos são identificados apenas pelo seu formato externo, geralmente são “inchados”, resultado do efeito da cristalização deslocante do carbonato de cálcio, com as porções interna e externa do osso destruídas.

## **6.2. CLASSES TAFONÔMICAS DE OCORRÊNCIA**

A partir do levantamento e organização do material fóssil encontrado, os fósseis podem ser divididos em quatro classes tafonômicas de ocorrência. São considerados nesta análise somente material em que puderam ser resgatadas as informações do ponto de coleta destas amostras, apresentada na Tabela 2. Esta divisão em classes é importante porque fornece um

panorama da história tafonômica, em que quanto maior o grau de desarticulação encontrado, mais complexa será a história tafonômica do material. São elas, portanto:

**Grupo 1: esqueletos articulados;**

**Grupo 2: elementos ósseos articulados ou associados;**

**Grupo 3: elementos ósseos isolados;**

**Grupo 4: elementos fragmentados.**

Tabela 2 Apresentação dos elementos ósseos in situ. O número de amostra refere-se ao número da ocorrência fóssil, apresentado nos perfis.

Nº da amostra	Grupo taxonômico	Tipo ósseo	Tamanho aproximado	Características tafonômicas
1	Arcossauro (MCN PV 10004)	Fragmentos crânio + fragmentos pós-crânio	Fragmentos crânio: 15cm Fragmentos pós-crânio: 2-15cm	Sem sinais de abrasão
2	Dicinodonte (MCN PV 3584)	Úmero, escápula, costelas, fragmentos de costela	Úmero: 33cm Escápula: 35cm Costelas: 10-50cm Fragmentos: 5-10cm	Úmero e escápula inchados; Algumas costelas fragmentadas; Fragmentos arredondados
3	Arcossauro (PV 0629T)	Esqueleto semi-articulado	1,5m de seqüência articulada	Sem sinais de abrasão
4	Arcossauro (MCN PV 10006)	Crânio + mandíbula; 2 crânios + pós-crânio; 2 seqüências vertebrais com osso associado; escápula; fragmentos pós-crânio + crânio	Seq. vertebral: 30-40cm Escápula: 28cm Crânios: 30-35cm Fêmur: 30cm Fragmento mandíbula: 15cm Fragmentos?: 15-20cm Fragmento crânio posterior: 35cm Osso longo articulado: 30cm Vértebras articuladas: 8-10cm	Sem sinais de abrasão
5	Arcossauro (MCN PV 3585)	Púbis; Vértebra; fragmentos osso longo	Púbis: 27cm Vértebra: 9cm Fragmento osso longo: 15cm Outros fragmentos: 2-9cm	Sem sinais de abrasão
6	Arcossauro (MCN PV 10005)	2 vértebras; fragmentos crânio + pós-crânio + indeterminados	Vértebras: 3-5cm Fragmentos: 2-15cm Acetábulo + púbis: 30cm	Sem sinais de abrasão
7	Cinodonte (MCN PV 2293)	Crânio	25cm	Leve compressão dorso-ventral
8	Dicinodonte (MCN PV 2263)	Crânio	40cm	Sem sinais de abrasão
9	Cinodonte (MCN PV 2714)	Mandíbula	3cm	Concrecionada
10	? (MCN 2715)	Fragmentos indeterminados	2cm	Sem sinais de abrasão
11	Dicinodonte (PV 0963T)	Crânio	25cm	Sem sinais de abrasão

O **Grupo 1**, formado por esqueletos articulados representam restos ósseos que provavelmente não ficaram muito tempo expostos na planície de inundação até o soterramento total dos ossos. Aqui podem ser incluídos também os restos de arcosauriformes coletados pela FZB, porém com algumas restrições. Não há registros confiáveis sobre a posição de soterramento das carcaças, da posição dos elementos ósseos e somente parte do material coletado está preparado, com metade do material desta coleta ainda na matriz sedimentar. Os números de registro aqui apresentados referem-se à porções desta coleta, com material parcialmente preparado, incluindo-se crânios, colunas vertebrais articuladas e outros ossos do pós-crânio, que ganharam o mesmo número de registro por terem sido encontrados todos juntos (MCN PV 10006). Conseqüentemente, em função deste material ainda necessitar de preparação adequada, ainda não há identificação taxonômica específica. Portanto, como não foi possível o acesso a total informação acerca destes restos, sabendo-se somente que foram encontrados juntos, fica prejudicada esta análise que poderia indicar, dependendo de resultados de análises taxonômicas, talvez uma concentração monoespecífica. Isso pode ser sugerido para trabalhos futuros, somente após a preparação total do material ósseo e identificação taxonômica destes restos. Destes esqueletos parcialmente articulados, foi acompanhada a preparação do espécime PV0629T, cuja discussão é apresentado no item 6.4.

**Grupo 2.** Nesta associação são incluídos restos ósseos que apresentam algum grau de articulação entre elementos que são anatomicamente adjacentes, tais como conjunto crânio/mandíbula ou mesmo elementos pós-cranianos associados, como ossos da cintura escapular ou pélvica, podendo ou

não apresentar-se associados aos ossos longos, seqüências de coluna vertebral articulados, ou ossos encontrados em associação mas não articulados.

Geralmente quando é encontrado esse tipo de associação óssea, imediatamente descarta-se a hipótese de que processos fluviais tenham atuado na geração desta concentração, uma vez que em grande parte das vezes é analisado o comportamento hidráulico de apenas uma peça óssea, não considerando o comportamento de elementos ósseos que possam estar articulados. Coard (1995) discute a capacidade de transporte hidráulico de restos ósseos articulados, e observa que estes podem ser tão ou mais imediatamente transportados do que se fosse consideradas peças ósseas isoladas. Assim, é observado que ossos articulados e desarticulados possuam comportamentos diferentes quando expostos a um fluxo aquoso artificial e, estes ossos articulados têm uma capacidade de transporte hidráulico maior que o esperado, e quando presentes em depósitos fluviais pode não evidenciar necessariamente uma fauna autóctone. Este trabalho é interessante justamente porque tira a idéia de que concentrações ósseas formadas por elementos ósseos associados são concentrações residuais ou resultantes de processos biogênicos (acumulação por necrofagia ou predação). Assim, este grupamento pode representar um estágio mais avançado de desarticulação do que o primeiro grupo apresentado dos esqueletos parcialmente articulados, tendo passando mais tempo expostos na superfície de solo até o seu soterramento definitivo.

**Grupo 3.** Aqui estão incluídos elementos ósseos encontrados isolados, mas estão inteiros, não fragmentados. Nesta classe é onde encontra-se a

maior parte dos ossos *in situ* do afloramento estudado. É interessante notar que são encontrados muitos crânios de dicinodontes nesta área, observado também desde o levantamento realizado por Holz (1994), para o Triássico sul-brasileiro: os crânios desta espécie são relativamente grandes se comparados aos outros tipos taxonômicos encontrados na área, apresentando um potencial de fossilização maior que o das outras espécies, o que também é observado por Behrensmeyer (1979): ossos de animais pequenos (com peso superior a 100kg) desintegram mais rápido do que de animais de grande porte. Registra-se aqui também um crânio de cinodonte e uma pequena mandíbula, de aproximadamente 6cm, que juntamente com os crânios de dicinodontes, constituem o grupo de ossos isolados. Apesar de possuírem tamanho distintos entre os táxons disponíveis, crânios e mandíbulas são tratados como ossos residuais, segundo os grupos de transportabilidade de Voorhies (1969). Ainda, sabe-se que durante a sequência de desarticulação, a articulação existente entre crânio e vértebras (crânio e átlas-axis) é uma das primeiras a sofrer desarticulação, o que pode explicar também a preservação destes restos isolados e o maior probabilidade de preservação destes restos. Este grupamento pode representar um estágio mais avançado de desarticulação e tempo de exposição até seu soterramento definitivo maior que o terceiro grupo proposto.

Considerando ainda ossos isolados, se a quantidade de úmeros/fêmures encontrados for reduzido, pode indicar carnivorismo/necrofagia (Voorhies 1969), uma vez que estas porções corpóreas representam o local de maior acúmulo de massa que são preferencialmente predadas. Já no caso de vértebras, são estruturas consideradas bastante porosas e, num regime fluvial, terão grande

potencial de flutuabilidade, e menor potencial de preservação: serão mais facilmente dispersas numa grande área se expostas a um fluxo aquoso e apresentarão menor taxa de recuperação, o que explica se a quantidade destes elementos ósseos for reduzido em comparação a outros restos (Holz & Barberena, 1993).

Por fim, no **Grupo 4** encontram-se ossos isolados e fragmentados, que podem ser desde porções fragmentadas de crânios a pequenos pedaços de ossos longos ou outros ossos pós-cranianos. Esses restos possuem certamente a mais longa história tafonômica dentre os grupos apresentados, expostos um grande período de tempo ao intemperismo e atividade de carnívoros/necrófagos até o soterramento definitivo. O resto ósseo pode ser fragmentado através de transporte aquoso (por grandes distâncias), por *trampling* ou mastigação por carnívora/necrofagia (Hill, 1979; Voorhies, 1969).

Quando busca-se evidências de transporte aquoso, estas podem ser identificadas por superfícies ósseas arredondadas, ou então podem apresentar um aspecto de ter sido “polido”, sendo mais difícil sofrer quebras ou fraturas durante o transporte (Behrensmeyer, 1975). No caso das peças incluídas neste grupo, a maioria apresenta fraturas ou quebras que indicam que a fragmentação tenha ocorrido após soterramento, já que não apresentam-se arredondadas ou com os sinais de terem sido “polidas”.

### 6.3. CLASSES TAFONÔMICAS E O AMBIENTE DEPOSICIONAL

Como já apresentado anteriormente, o sedimentos que compõem o Afloramento de Dona Francisca corresponde a depósitos de planícies de inundação, distantes do canal, com nível freático alto e carbonatação de depósitos previamente expostos. Durante o levantamento dos perfis em campo, pode ser reconhecida outra fácies distinta. Na base, onde ocorrem os sedimentos finos, são interpretados como depósitos da planície de inundação. Nesta fácies é onde são encontrados a maior parte dos fósseis, ocorrendo desde ossos isolados a esqueletos articulados. Na segunda fácies identificada onde são encontrados sedimentos mais grossos, ocorrem na base conglomerados com intraclastos numa matriz arenosa fina gradando até sedimento do tipo areia, onde localmente poderia ser representado um possível paleocanal (ou uma maior proximidade ao canal). Próximo a estes sedimentos mais grossos, foi identificado material *in situ*, porém não coletado, tratando-se de material de dicinodonte, com crânio e material pós-craniano associado.

Restos ósseos articulados encontrados dentro da fácies de canal geralmente são interpretados como morte no canal ou próximo a ele, quando a carcaça do animal, que inchada pelos gases da decomposição – ação de bactérias anaeróbias (as chamadas “carcaças flutuantes”, que também podem ser levadas para a planície de inundação e serem soterradas neste ambiente, durante um grande extravasamento do canal (Stenberg, 1970; Wood *et al.* 1988)), fica sujeita ao fluxo aquoso e acaba por encaixar nas barras dos canais fluviais. Além das carcaças, são encontrados também ossos isolados, que

podem ser originados de diferentes maneiras: o animal morre no canal ou próximo, e após seqüência necrólise e desarticulação, seus restos serão transportados tão mais longe quanto maior o seu grau de transportabilidade (Voorhies, 1969); uma outra origem para este tipo ósseo é do resto ósseo já ser pré-fossilizado, e durante a evolução do canal, quando ocorre migração lateral, este osso ser incorporado ao sistema e estar novamente sujeito ao fluxo, o que inevitavelmente representará um amplo *time-averaging*.

Geralmente quando trata-se dos sedimentos de planície de inundação, seja proximal ou distal, imersos nos sedimentos finos, espera-se encontrar somente restos ósseos isolados ou fragmentados, freqüentemente encontrando-se a associação de crânios, crânios com mandíbulas, raramente associados ao pós-crânio, e também elementos mais leves e com maior potencial de dispersão, segundo os grupos propostos por Voorhies (1969). De acordo com Smith (1980), esqueletos articulados são mais comuns de serem encontrados junto ao canal, sendo o tempo entre morte e soterramento interpretados como muito curtos, e praticamente a ausência de transporte neste tipo de classe tafonômica.

Quanto à posição do osso em relação ao sedimento, no caso de crânios, se forem encontrados com o lado dorsal pra cima, isso reflete a maior posição de estabilidade (Shipman, 1981; Smith, 1980, 1993), o que pode indicar grande exposição subaérea dos esqueletos, levando à desarticulação dos esqueletos, seleção hidráulica dos ossos, como membros e vértebras, ficando somente então o residual, e além disso, a exposição pode ter levado à dissecação e encolhimento da musculatura entre crânio e mandíbula, o que explicaria a alta freqüência de crânios e mandíbulas que podem ser encontrados juntos ou

articulados (Smith 1993) e assim, poderia ocorrer com os elementos cranianos e pós-cranianos seleção por água, com pouca periodicidade, o que pode ser observado também pela orientação randômica dos ossos; pode acontecer de serem encontrados (crânios/ mandíbulas) de lado, significando que estes podem ter sido movidos inicialmente por um fluxo e terem sido soterrados dessa maneira (Ray & Bandyopadhyay, 2003); quando o acúmulo de crânios é multiespecífico, pode ter sido por uma combinação de fatores, como predação, necrofagia, insetos, bactérias e outros agentes desintegradores (Hill & Behrensmeyer, 1984). No caso estudado, estas interpretações ficam prejudicadas já que não são conhecidas as posições em relação ao sedimento destes ossos.

Analisando as classes tafonômicas propostas, é observado que existe uma grande mistura de elementos de diferentes graus de transportabilidade hidráulica (grupos de Voorhies): elementos residuais (crânios isolados, crânios com mandíbulas) associados a outros elementos que são facilmente ou imediatamente transportados (vértebras, costelas). Assim, a hipótese de que esta assembléia teria sido formada por transporte hidráulico fica descartado, também pela ausência de sinais de desgaste e abrasão dos ossos, mesmo nos elementos classificados como fragmentados, e também pela falta de evidência de possíveis estruturas sedimentares que pudessem indicar ocorrência de fluxo aquoso. Além disso, a informação da orientação dos restos ósseos, que poderia indicar o sentido da corrente aquosa, não pode ser tomada ou resgatada para esta concentração. Diante destes dados, é mais parcimonioso sugerir que estes fósseis tenham ficado muito tempo expostos na planície

após a morte, passando pelos estágios de desarticulação, num período bastante variável até seu soterramento definitivo.

#### **6.4. O ESQUELETO SEMI-DESARTICULADO DE ARCOSSAURIA (PV 0629T)**

Planícies de inundação podem ser divididas em dois tipos, mal drenada e bem drenadas (Behrensmeyer & Hook, 1992). Estas últimas são importantes porque representam o tipo de planície ocorrente na área de estudo. São caracterizadas pela presença marcante de variação do nível freático, o que torna em algumas ocasiões estes ambientes sujeitos a períodos secos, e assim, a matéria orgânica fica sujeita à oxidação, fato este que associado a baixas taxas de sedimentação nestes ambientes, favorece o desenvolvimento de paleosolos (embora nem sempre são possíveis de serem preservados), e novamente, devido ao alto tempo de exposição da matéria orgânica (seja animal, vegetal, pequeno ou de grande tamanho) até o soterramento, reduz o potencial destes componentes à fossilização. Além disso, este tipo de planície é reconhecido facilmente no registro geológico com base na sua coloração avermelhada. Essa coloração a partir da oxidação por ferro não necessariamente reflete as condições ambientais originais (Walker 1967, Glennie 1970 apud Behrensmeyer & Hook 1992), mas a partir de estudos paleomagnéticos dos *redbeds*, indicam que o pigmento pode originar no começo da diagênese e permanecer estável posteriormente, sugerindo que a

oxidação primária nos solos das planícies pode ser registrado pela coloração vermelha, embora esse não possa ser utilizado como único critério para o reconhecimento de planícies bem drenadas (podendo ser icnofósseis, características pedogênicas, como carbonatos, ausência de restos vegetais etc.).

Na grande maioria das descrições de fósseis encontrados nas planícies de inundação disponíveis na literatura podem ser encontrados desde esqueletos inteiros a ossos isolados ou fragmentados, ou seja, há um grande espectro de desarticulação que pode ocorrer. Uma vez que cada concentração óssea possui suas peculiaridades, e isto pode ser tratado em diferentes dimensões – quando dedica-se ao estudo de apenas uma única concentração, num único afloramento, até ao levantamento de todas ocorrências fósseis registrados nos livros-tombo para uma formação geológica, por exemplo, para a sugestão de hipóteses tafonômicas -, para cada estudo, diferentes categorias tafonômicas (*classes tafonômicas*) podem ser utilizadas, adequando-se ao material disponível. Por exemplo, Smith (1993), estudando a tafonomia da Bacia do Karoo, na África, analisa as diferentes fácies sedimentares e distribui dentro delas as classes tafonômicas que foram propostas a partir da análise dos fósseis de dicinodontes levantados para esta bacia. Na fácies de planície de inundação distal, geralmente são raros os fósseis e, quando encontrados, estão mal preservados. São compostos principalmente por elementos do pós-crânio, como vértebras, costelas, úmeros e cinturas pélvicas; crânios são raros de serem encontrados, e quando presentes apresentam-se comprimidos, intemperizados e pouco permineralizados. Esqueletos quando encontrados

articulados apresentam-se “torcidos”, e são entendidos como animais de hábitos fossoriais.

Assim, a integração sedimentológica e tafonômica pode indicar baixas taxas de sedimentação, resultando conseqüentemente em alto grau de exposição óssea. Embora a sedimentação seja essencialmente episódica e, portanto, bastante semelhante ao dos bancos de canais e planícies de inundação proximais, a falta de ossos disponíveis a fossilização pode indicar primeiramente que não ocorrem mecanismos biológicos atuando na concentração óssea (como corpos d’água), e assim, o ambiente pode ter sido inóspito aos muitos terápsidos. Além disso, os ossos podem ter sido soterrados, porém nesta parte da planície o ambiente pode ter-se apresentado muito alcalino, o que influencia e acaba prejudicando no estreito limite de ph ideal na preservação óssea (Pate *et al.*, 1989, *apud* Smith 1993).

Dentro deste contexto, o autor propõe os seguintes caminhos tafonômicos que poderiam ter atuado na gênese destas concentrações ósseas. As de interesse para esta discussão são as seguintes:

- 1) na maior parte do tempo, as planícies de Hoede Maker eram secas, permitindo que houvesse o espalhamento de esqueletos de animais que morreram de doenças, de idade avançada ou predação. É comum encontrar-se carcaças mumificadas, com a curvatura cervical típica. Durante as enxurradas, ossos mais pesados (ou de menor transportabilidade) ficam nas planícies mais proximais.
- 2) Alguns esqueletos encontrados representam morte *in situ*, indicando que estas espécies (*Diictodon*) possuíam hábitos fossoriais.

3) Restos pós-cranianos são levados durante as enchentes até a margem dos lagos. Na estação seca, o nível do lago varia até aonde o nível freático alcança a superfície. Neste estágio, embaixamentos rasos nos lagos salinos são usados como corpos d'água e são utilizados como locais para predação. Além disso, é também sítio de morte por outras causas (já que ocorre grande concentração das espécies ao redor do lago), como doenças, idade, e sede, durante a seca. Algumas destas carcaças são pisoteadas dentro do substrato, outros são "semi" embebidos na crosta salina endurecida. Posteriormente são soterrados nos mesmos embaixamentos ano após ano, e no registro estratigráfico são vistos como transição entre planície de inundação distal e proximal, o que pode ser visto pelos clusters (aglomerados) de fósseis nas camadas transicionais entre planícies distal/proximal na seção estudada (Dunedin).

Analisando o material, uma questão importante é saber se representa material autóctone ou alóctone. É considerado autóctone o material que não sofreu transporte ou representa morte *in situ*; já alóctone, é aquele resto fóssil que deriva de outro lugar ou habitat (Shipman, 1981).

Primariamente, o material em análise pode ser considerado como autóctone, já que apresenta-se praticamente inteiro e não são observados sinais de fragmentação ou abrasão, parâmetros bastantes característicos que podem indicam material transportado. O problema desta autoctonia é explicar o porquê ocorre a desarticulação da região anterior, do crânio, vértebras cervicais e membros anteriores, enquanto o pós-crânio permanece quase inalterado, com quase todo o seu conteúdo original (como observado na

descrição do material). Assim, tempo de exposição do material até o soterramento, *trampling* e necrofagia são fatores que podem explicar a desarticulação.

Reduzido tempo de exposição do esqueleto pode ser uma explicação não-biogênica para a desarticulação da carcaça. O estudo de Cambra Moo & Buscaglioni (2004) mostra que considerando o esqueleto de arcossauria dentro de módulos, existe uma desarticulação preferencial entre certas regiões, o que pode ser relacionado portanto ao espécime em análise. Lyman (1994) compilou dados sobre a dispersão (espalhamento lateral dos elementos ósseos) em superfícies horizontais e inclinadas, sendo a medida da dispersão caracterizada pela energia do fluxo e capacidade de transporte do ambiente que se está considerando, dependendo, portanto, mais de fatores extrínsecos do que intrínsecos, assim também estudado por Behrensmeyer (1982), na influência de fatores extrínsecos na dispersão e necroquinese. Cambra Moo & Buscaglioni (2004) consideram que existem também fatores internos que influenciam no grau de dispersão dos esqueletos, como a resistência da organização fenotípica à desarticulação, que depende da combinação de uma série de variáveis que influenciam nos processos tafonômicos: o grau de desarticulação, a posição da carcaça após soterramento, o mapeamento dos elementos sobrepostos (cruzamento lateral e ântero-posterior dos membros dos módulos) e afastamento significativo de elementos morfológicos. Considerando a posição de soterramento, são utilizados três módulos: crânio, membros anteriores e posteriores, que podem estar orientados em perfil (direita/esquerda) ou deitados (com o ventre ou dorso para cima). Tratando-se dessa posição de soterramento, o crânio geralmente está ausente quando na

posição lateral, sendo o primeiro módulo a desaparecer. As posições laterais e “deitadas” sem o crânio parecem reter a articulação entre membros anteriores e posteriores, não ocorrendo combinação entre presença de crânio e ausência de apêndices. Já na seqüência de desarticulação, são reconhecidos para os diápsida quatro módulos ou unidades de desconexão: cintura pélvica e caixa torácica com vértebras dorsais, crânio e vértebras cervicais, membros posteriores, e cintura escapular incluindo membros anteriores. A direção de desarticulação é apresentada segundo a seqüência: cintura escapular, membros posteriores, membros anteriores e coluna, incluindo pescoço e crânio, e neste caso, o crânio não aparece como uma das primeiras unidades de desarticulação. No geral, a seqüência de desarticulação obtida é bastante semelhante a encontrada para mamíferos, obtidos por Hill (1979), levando a três importantes implicações: primeiro, há uma seqüência análoga na qual crânio e pescoço são colocados em ramos distintos, resultando em dois estágios de desarticulação, e vértebras cervicais desarticulam antes da complexo atlas-axis e crânio. Segundo, a posição lateral de soterramento parece predominar sobre a dorso-ventral em todos os casos, suspeitando-se que semelhanças morfológicas (como as proporções entre membros anteriores e posteriores, tamanho relativo e número de conexões entre os módulos biológicos) são importantes na determinação da posição de soterramento (assim, a morfologia influencia bastante na posição de soterramento). Terceiro, a *actuo-tafonomia* pode fornecer dados bastante semelhantes aos usados na análises dos fósseis, sendo perfeitamente aplicável em seu estudo.

Além disso, é sabido que o crânio de dinossauros e também seus antecessores apresentam alta mobilidade, o que representa vários pontos de

articulação e conseqüentemente uma maior facilidade de desarticulação entre as partes cranianas.

Hill (1980), observando carcaças de mamíferos atuais, demonstra que estas podem perder massa (músculo) em questão de dias, e os ossos podem ser espalhados pela ação de necrófagos em uma ampla área. Elementos ósseos que possuem ligamentos fortes, podem reter algum grau de articulação (como membros e coluna vertebral), o que é observado no espécime sob análise.

Assim, pode ser considerada a exposição da carcaça, sofrendo necrólise e desarticulação. Ocorre desarticulação da carcaça em pontos preferenciais, primeiro nas vértebras cervicais, provavelmente com a cintura escapular, mais o crânio e mandíbula. Crânio e mandíbula desarticulam das vértebras cervicais, ficando expostos e desarticulando, preferencialmente nas linhas de suturas, já que não se observa fragmentação dos restos e entre os ossos cranianos presentes podem ser relocados à sua posição original. A sequência vertebral é mantida, junto com a cintura pélvica, considerando que estas estruturas possuem ligamentos fortes. Membros distais (rádio/ulna, falanges) são perdidos, uma vez que são menores e possuem menor taxa de recuperação (ou menor potencial de preservação) se comparado aos outros elementos ósseos.

Dodson (1971), estudando ocorrências da Formação Oldman (Cretáceo Superior) em Alberta, Canadá, classifica-as em 10 classes preservacionais. Em uma destas classes, encontram-se elementos em que colunas vertebrais com membros posteriores estão articulados, mas não são encontrados os crânios, caso semelhante ao que é encontrado em Dona Francisca. Este tipo classe

poderia estar representando um estágio inicial da decomposição (Weigelt, 1989; Schaffer, 1972), provavelmente resultante de carcaças flutuantes. Além disso, segundo o autor, não seria provável que predadores ou necrófagos (e.g. crocodilos, Weigelt 1989) preferissem somente o crânio e o resto da carcaça seria ignorado, e, embora ossos isolados sejam encontrados com grandes entalhes ou mesmo da ocorrência de esqueletos parcialmente articulado (e.g. crânio com pescoço articulado), há falta de evidência da atividade de carnívoros e/ou necrófagos na área.

Os fósseis nesta área geralmente ocorrem em areias, preferencialmente nas “clean sandstones”, sendo raros nos sedimentos mais finos, como pelitos ou siltitos. A escassez de fósseis nos pelitos justifica-se pela ação destrutiva que o sedimento, rico em montmorilonita apresenta, e também pelo tendenciamento de coleta que existe, uma vez que esses fósseis, bastante alterados não são atrativos para os coletores. Em outras condições, pode ocorrer de maneira oposta: Hotton (1967), analisando a seção na Beaufort Series na África do Sul, os melhores ossos são encontrados nos folhelhos ou siltitos, enquanto os encontrados nos arenitos são fragmentados e abradidos; da mesma maneira, Clarck *et al.* (1967), nos seus depósitos Oligocenos do oeste da Dakota do Sul, encontra os melhores fósseis geralmente em siltitos e argilitos nos depósitos de inundação. A falta de fósseis nos *mudstones* na Formação Oldman pode ser explicada por: não havia muitos animais naquela região quando a lama foi depositada ou mesmo falha de preservação dos restos (tendenciamento na preservação). Stenberg (1970) já relatou para essa área esqueletos encontrados com a cabeça debaixo do ombro (o que contrasta com a posição passiva notada por Gradzinski, 1970 em Nemegt).

Já entre fatores biogênicos que podem ser atribuídos à desarticulação podem ser discutidos aqui o *trampling* e necrofagia. O *trampling* ou pisoteio ocorre quando o material ósseo presente na superfície do solo ou já imerso na matriz é espalhado na superfície ou então afundado contra o sedimento, geralmente sofrendo quebras, fraturas, arranhões que podem ser reconhecidos no fóssil. Um exemplo é mostrado por Gifford (1977), que observou que ossos próximos a corpos d'água são geralmente pisoteados por ungulados enquanto eles passam pela água. Também no *trampling*, existe um tendenciamento de preservação de diferentes peças ósseas: ossos menores e mais densos são mais facilmente afundados no substrato sem sofrerem danos; já ossos maiores e mais compridos são geralmente encontrados orientados em posição quase vertical nos sedimentos lamosos (Hill & Walker, 1972). As quebras nos ossos resultantes de *trampling* são bastante características, apresentando fraturas irregulares quando no osso fresco, ou podendo ser regular (se num osso pré-fossilizado) (Holz & Simoes, 2001). Para o material estudado, as peças cranianas (o crânio representa a maior grau desarticulação) não apresentam sinais de fratura ou quebras, e podem ser posicionadas à sua posição original apresentando razoável encaixe entre os ossos (dentre os que estão preparados) (FIG. 26).



Figura 26. Elementos do crânio recuperados de PV0629T

Alguns autores já sugeriram que ossos fósseis podem apresentar três tipos de fraturas (Myers *et al.* 1980, Fiorillo, 1988): espiral, longitudinal e transversal. O último tipo é característico em ossos com alteração diagenética (a marca é perpendicular ao sentido de crescimento do osso longo). No caso de marcas de *trampling*, as fraturas apresentam-se como entalhes rasos, subparalelos nas superfícies dos ossos, pela ação dos animais empurrando grãos de areia, por exemplo, contra a superfície óssea (Fiorillo 1989, 1991) e podem não ser resultantes da ação direta da abrasão de garras e patas/cascos contra o osso. Assim, quando ossos estão imersos numa matriz fina, pelítica, provavelmente não exibirão tais características diagnósticas de *trampling*, embora essa falta de evidência direta não possa excluir a hipótese.

**Necrofagia** representa também um dos fatores biogênicos que podem vir a explicar a desarticulação esquelética. Durante a preparação do material,

alguns dentes foram encontrados, o que pode ser relacionado ao próprio espécime ou não. Assim, a presença destes dentes poderia ser uma evidência da ação de outros tecodontes sobre a carcaça exposta, o que poderia ter favorecido a desarticulação da região anterior do espécime em estudo. Por exemplo, Haynes (1972) registra entre os vertebrados atuais, no oeste africano, mudanças comportamentais como resultado ao estresse (nas estações de seca), como aumento na agressividade e o evidenciamento do comportamento territorial; assim, membros da mesma espécie, sob condições ambientais desfavoráveis poderiam vir a atacar-se mutuamente e, na falta de outro tipo de recurso, alimentar-se dos restos mais imediatamente disponíveis à sua volta.

Em outras concentrações ósseas estudadas, ossos encontrados em sedimentos finos como silte, interpretados como depósitos de planície de inundação são menos abundantes, mas ocorrem articulados ou parcialmente articulados, como os citados por Buffetaut & Sutterhorn (1989) e Hungerbühler (1998). Nos dois casos, ocorrem esqueletos articulados ou partes de esqueletos articulados, o que sugere que não houve transporte significativo por fluxo de água. Assim, a carcaça poderia ter ficado exposta por algum tempo na superfície antes do soterramento, causada provavelmente por uma enchente. Estas concentrações são esqueletos de saurópodes, onde são encontrados dentes de terópodes associados, podendo ser interpretado como carnivorismo ou necrofagia, o que também poderia ter contribuído para a desarticulação esquelética antes do soterramento. Nesta concentração, dentes são encontrados próximo à cintura pélvica, e de acordo com Weigelt (1989), necrófagos atuais como urubus, quando atacam carcaças geralmente iniciam pela pelve e mais particularmente pela região anal, o que permite acesso mais

fácil as vísceras, sendo relacionado ao comportamento dos carnossauros citados. Brown (1935) também cita associação entre esqueletos desarticulados de saurópodes e dentes de dinossauros carnívoros, embora não sejam encontrados ossos dos terópodes, na Formação Morrison, no Howe Quarry (Wyoming). Aqui também, não há indicação de que os ossos sofreram transporte por água, e sua preservação novamente sugere que os animais morreram onde seus ossos foram preservados, em um ambiente de baixa energia. Hungerbülher (1998), também sugere necrofagia em pelo menos um dos espécimes de *Sellosaurus* encontrados, a partir da associação de dentes de espécies carnívoras junto aos restos, também parcialmente articulados encontrados em depósitos de planície de inundação e provavelmente com preservação *in situ* destes restos.

Embora as concentrações de *Plateosaurus* na Europa Central (Sander, 1992) sejam tratadas como resultado do afundamento destes animais em sedimentos finos ocorre também associação com dentes de terópodes, o que novamente poderia servir na explicação da desarticulação de porções anteriores do corpo, que estariam expostas em função do afundamento dos membros posteriores nos sedimentos lamosos.

É adicionada a esta discussão a FIG. 27 apresentada a seguir, que sumariza algumas características de concentrações ósseas hipotéticas que podem estar atuando na sua gênese.

	CAUSA DA MORTE		
MODO/GRAU TRANSPORTE	PREDADOR	ARMADILHA NATURAL	MORTE CATASTRÓFICA
Nenhum	articulação presente; maioria dos espécimes agrupados; alta % juvenis; marcas de dente, arranhões; seleção hidráulica ausente	articulação presente; espécimes agrupados; média % juvenis; baixo dano ósseo; seleção hidráulica ausente	articulação geralmente comum; espécimes agrupados; média % juvenis; baixo dano ósseo; seleção óssea ausente
Por predadores ou necrófagos para uma área foco (concentração)	articulação variável; alguns espécimes agrupados; média ou alta % juvenis; marcas de dentes; arranhões; seleção hidráulica ausente	grau articulação variável; espécimes agrupados; baixa a média % juvenis; marcas de dentes; arranhões; seleção hidráulica ausente	articulação variável; alguns espécimes agrupados; baixa a moderada % juvenis; marcas de dentes; arranhões
Por correntes	articulação ausente; espécimes espalhados; média % juvenis; ossos polidos e com abrasão; seleção hidráulica presente	articulação ausente; espécimes espalhados; baixa % juvenis; ossos polidos e com abrasão; seleção hidráulica presente	articulação ausente; espécimes espalhados; baixa % juvenis; ossos polidos e com abrasão; seleção hidráulica presente

Figura 27. Características tafonômicas de concentrações ósseas hipotéticas (modificado de Badgley, 1986).

O quadro apresentado serve como um resumo das principais características que podem ser encontrados nas concentrações ósseas. Novamente, para a concentração óssea estudada, de acordo com o quadro, não há sinais característicos na tafocenose de concentração por predadores ou por correntes, já que não são observados marcas de dentes, arranhões, presença preferencial (ou proporcional) de determinados elementos ósseos (como a presença maciça de membros anteriores ou posteriores por exemplo, o que poderia indicar necrofagia ou predação, por exemplo), seleção hidráulica evidente e conseqüentemente a articulação entre elementos ósseos ausentes.

## 7. CONCLUSÕES

Quando analisa-se uma concentração fossilífera em termos tafonômicos, geralmente são observadas determinadas características na tafocenose que possam sugerir origem da concentração óssea por morte natural ou catastrófica, por atividade biogênica, seja pela atuação de predadores ou necrófagos ou pela atuação de correntes de água, quando consideradas em sistemas fluviais, selecionando hidráulicamente de acordo com peso, densidade e forma os elementos ósseos para gerar a tafocenose. Para a concentração óssea estudada, de acordo com as discussões apresentadas, não há sinais característicos na tafocenose de concentração por predadores ou por correntes, já que não são observados marcas de dentes, arranhões, presença preferencial (ou proporcional) de determinados elementos ósseos (o que poderia indicar necrofagia ou predação, por exemplo), seleção hidráulica evidente e conseqüentemente a articulação entre elementos ósseos ausentes. A partir destas características e das discussões apresentadas, é mais parcimonioso sugerir que a tafocenose encontrada no afloramento Posto de Gasolina, representado pelos sedimentos finos da planície de inundação seja representante de uma paleofauna autóctone, e embora sejam encontrados diversos fósseis de diferentes posições ecológicas, com restos de predadores e presas dispersos no sedimento, que não ocorreu concentração por predadores e provavelmente sem morte catastrófica (hipótese que não é excluída totalmente porque seria difícil estimar classes de idades para os elementos da tafocenose, embora a presença de diferentes classes tafonômicas nos diferentes níveis do afloramento possa corroborar essa

hipótese). Além disso, a presença das paleoalterações pedogênicas e freáticas, indicando uma distância relativa ao canal principal bastante grande, sugere também um tempo de exposição bastante razoável até o soterramento das carcaças ou dos elementos isolados, permitindo um grau de desarticulação bastante avançado para alguns elementos ósseos. Para os esqueletos ou restos ósseos semi-articulados, é sugerido que o tempo de exposição entre morte, necrólise, desarticulação e soterramento não tenha sido tão grande, permitindo então que a grande parte dos seus elementos ósseos tenham sido preservados articulados associados a outros restos dispersos na planície já isolados, em função do próprio tempo de exposição.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, F. & RIBEIRO, A. M. 2000. A new therioherpetid cynodont from the Santa Maria Formation (Middle Triassic), southern Brazil. *Geodiversitas* 22 (4): 589-596.

ARCUCCI, A. B. 1990. Um nuevo Proterochampsidae (Reptilia-Archosauriforme) de la fauna local de Los Chañares (Triassico Medio), La Rioja, Argentina. *Ameguiniana*, 27(3-4):356-378.

ANDREIS, R. R.; BOSSI, G. E. & MONTARDO, D. K. 1980. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul – Brasil. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 31, Bal. Camboriú, 1980. *Anais...Bal. Camboriú (SC)*, Soc. Brás. Geol. . v2:659-673.

ASLAN, A. & BEHRENSMEYER, A. K. 1996. Taphonomy and time resolution of bone assemblages in a contemporary fluvial system: the East Fork River, Wyoming. *Palaeos*, v.11, p. 411-421.

AVANZINI, M. & LOCKLEY, M. 2002. Middle Triassic archosaur population structure: interpretation based on *Isochirotherium delicatum* fossil footprints (Southern Alps, Italy). *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 185:391-402.

AZEVEDO, S. A.; SCHULTZ, C. L. & BARBERENA, M. C. 1990. Novas evidências bioestratigráficas e paleoecológicas na análise da evolução explosiva dos rincossauros do Triássico. *Paula Coutiana*, (4): 23-33.

BADGLEY, C. 1986. Counting individuals in mammalian fossil assemblages from fluvial environments. *Palaeos* 1: 328-338.

BARBERENA, M. C. 1977. Bioestratigrafia preliminar da Formação Santa Maria. *Pesquisas*, 7:111-129.

BARBERENA, M. C.; ARAÚJO, D. C.; LAVINA, E. L. & AZEVEDO, S. A. K. 1985. O estado atual do conhecimento sobre os tetrápodes permianos e triássicos do Brasil meridional. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 8, 1983. Rio de Janeiro. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, Série Geologia, Seção Paleontologia e Estratigrafia*, 27(2):21-28.

BARBERENA, M. C.; ARAÚJO-BARBERENA, D. C.; LAVINA, E. L. & FACCINI, U. F. 1991. The evidence for close paleofaunistic affinity between South America and África, as indicated by Late Permian and Early Triassic Tetrapods. *In: International Gondwana Symposium 7, São Paulo, 1988. Proceedings*, 445-467.

BARBERENA, M. C.; FACCINI, U. F. & SCHERER, C. M. S. 1993. Situação atual e perspectivas da bioestratigrafia da Formação Santa Maria. *In: 1º Simpósio sobre cronoestratigrafia da Bacia do Paraná – Resumos*. Rio Claro, SP. UNESP. 100-103.

BARBERENA, M. C.; SCHULTZ, C. L.; SCHERER, C. M. S. & HOLZ, M. 2002. Tetrápodes triássicos do Rio Grande do Sul – vertebrados fósseis de fama mundial. *In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Bebert-Born, M. L. (eds.). Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. Brasília, p. 11-22.

BARBERENA, M. C. & DORNELLES, J. E. F. 2000. Cynodontia. *In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.). Paleontologia do Rio Grande do Sul*, p. 317 - 345 .

BEHRENSMEYER, A. K. & HOOK, R. W. 1991. Paleoenvironmental contexts and taphonomic modes. *In: Behrensmeyer, A. K.; Damuth, J. D.; DiMichele, W. A.; Potts, R.; Sues, H. D.; Wing, S. L. (eds.). Terrestrial ecosystems through time*. University of Chicago Press, p. 15-136.

BENTON, M. J. 1983a. The Triassic reptile *Hyperodapedon* from Elgin: function and morphology and relationships. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 302: 605-717.

BENTON, M. J. 1983b. Dinossaur success in the Triassic: A noncompetitive ecological model. *Q. Rev. Biol., Baltimore*, 58(1):29-55.

BERTINI, R. J. 2000. Répteis. In: Carvalho, I. S. (ed.). *Paleontologia*. Rio de Janeiro, Editora Interciência. p. 543-547.

BONAPARTE, J. F. 1971. *Cerritosaurus binsfeldi*, Price, tipo de uma nueva família de tecodontes (Pseudosuchia – Proterochampsia). In: Anais da Academia Brasileira de Ciências. *Suplemento*, 43: 417-422.

BONAPARTE, J. F., 1997. *El Triassico de San Juan - La Rioja, Argentina y sus dinosaurios*. Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Buenos Aires, 190 p.

BONAPARTE, J. F.; FERIGOLO, J. & RIBEIRO, A. M. 1999. A new early Triassic saurischian dinosaur from Rio Grande do Sul State, Brazil. *Proceedings of the Second Gondwana Dinosaur Symposium...* National Science Museum Monograph, Tokyo, 15:89-109.

BORTOLUZZI, C. A. 1971. *Contribuição à geologia da região de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 162p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BORTOLUZZI, C. A. 1974. Contribuição à geologia da região de Santa Maria. *Pesquisas*, 4(1):7-86.

CARROL, R. L. 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. New York: W. H. Freeman & Company, 698p.

CHATTERJEE, S. 1985. *Postosuchus*, a new Thecodontian reptile from the Triassic of Texas and the origin of *Tyranosaurus*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 309:395-460.

COARD, R. 1999. One bones, two bones, wet bones, dry bones: transport potentials under experimental conditions. *Journal of Archeological Science*, 26:1369-1375.

DA ROSA, A. A.S. 2005. *Paleoalterações em depósitos sedimentares de okanícies aluviais do Triássico Médio a Superior do Sul do Brasil: caracterização, análise estratigráfica e preservação fóssilífera*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade do Vale dos Sinos, 184p. il.

DESOJO, J. B. 2003. Hábitos alimentícios en los aetosaurios: herbívoros, insectívoros ou carnívoros? *In: Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*, 19, 2003, Buenos Aires. *Resumos...* Buenos Aires, Argentina, p. 10.

DODD, J.R. *Paleoecology, concepts and applications*. New York; John Wiley, 559p.

DODSON, P. 1971. Sedimentology and taphonomy of the Oldman Formation (Campanian), Dinosaur Provincial Park, Alberta (Canada). *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 10:21-74.

FACCCINI, U. F. 1989. *O Permo-Triássico do rio Grande do Sul: uma análise sob o ponto de vista das seqüências deposicionais*. Porto Alegre. 130p. Dissertação de mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FACCINI, U. F.; SCHULTZ, C. L.; FIGUEIREDO, C. E.; SANGINETO, L. R. & SOARES, S. C. 1990. Sobre a ocorrência de vertebrados fósseis triássicos na região de Santana da Boa Vista (RS). *Ciência e Natura*, v;12, p.17-12.

FERIGOLO, J. & RIBEIRO, A. M. 2001. Estudos sobre o Trássico/Jurássico do Rio Grande do Sul: O Projeto Pró-Guaíba. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 17, 2001. Rio Branco, *Boletim de Resumos...* Rio Branco, Acre.

FIORILLO, A. R.; PADIAN, K. & MUSIKASINTHORN, C. 2000. Taphonomy and depositional setting of the Placerias Quarry (Chinle Formation, Late Triassic, Arizona). *Palaios*, v. 15, n. 5, 373-386.

FONSECA, M. M. 1999. *Caracterização faciológica das Formações Santa Maria (Membro Alemoa) e Caturrita: interpretação da tipologia de sistemas fluviais*. Porto Alegre, 132p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FONSECA, M. M. & SCHERER, C. M. S. 1998. The Meso and Late Triassic of South Brazilian Gondwanaland: an process oriented analysis on the fluvial deposits. *In: Epicontinental Triassic International Symposium, 1, Abstracts...* Germany, p.51-52.

FÜRSICH, F.T. & ABERHAN, M. 1990. Significance of time-averaging for paleocommunity analysis. *Lethaia*, 23:143-152.

GAMMERMAN, N. 1993. A Formação Rosário do Sul. *Pesquisas*, 2:5-36.

GORDON Jr., M. 1947. Classification of the Gondwanic rocks of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. DNPM. Div. Geol. Min., *Notas Prel. e estudos*, v.36:1-19.

GOWER, D. J. 2000. Raurisuchian archosaurs (Reptilia, Diapsida): an overview. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 218(3):447-488.

GRADZINSKI, R. 1970. Sedimentation of dinosaur bearing Upper Cretaceous deposits of the Wemegt Basin, Gobi Desert. *Paleontologia Polonica*, 21:147-229.

HECHER, R. F. 1965. *Introduction to paleoecology*. New York. American Elsevier, 166p.

HOLZ, M. 1991. *Tafonomia da seqüência Triássica do Rio Grande do Sul: morte, transporte, soterramento e diagênese da paleoherpetofauna*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 181p.

HOLZ, M. 1992. A origem da cor vermelha nos sedimentitos do triássico médio do Gondwana sul-brasileiro. *Acta Geológica Leopoldensia*, XV:157-158.

HOLZ, M. 1999. *Do mar ao deserto: a evolução do Rio Grande do Sul no tempo geológico*. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS, 142p.

HOLZ, M. & BARBERENA, M. C. 1994. Taphonomy of south brazilian triassic paleoherpetofauna: pattern of death, transport and burial. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 107:179-197.

HOLZ, M. & SCHULTZ, C.L. 1998. Taphonomy of the south Brazilian Triassic herpetofauna: fossilization mode and implications for morphological studies. *Lethaia*, 31:335-345.

HOLZ, M. & SIMÕES, M. G., 2002. *Elementos fundamentais de Tafonomia*. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 231p.

HOLZ, M. & SOUTO-RIBEIRO, A. 2000. Taphonomy of the south-brazilian Triassic vertebrates. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3):491-494.

HUENE, F. VON & STAHLCKER, R. 1931. Observações geológicas no Rio Grande do Sul. *Bol. Inst. Ciências Naturais*, Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, v.3:3-62.

JABUR, I. C. 1979. *Paleocorrentes da Formação Botucatu entre os Graus de Jaguaré e São Francisco de Assis e algumas considerações estratigráficas sobre o grupo São Bento, RS*. Porto Alegre. 135p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KELLNER, A. W. A. 1999. *O Brasil no tempo dos dinossauros*. Kellner, A. W. A.; Schwanke, C; Campos, D. A. (eds.). Rio de Janeiro, Museu Nacional. 60p.

KETZER, J. M. 1997. *Cronoestratigrafia das unidades gondwânicas preservadas sobre o Escudo Sul-riograndense*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 215p.

KING, G, 1990. *The dicynodonts - A study in paleobiology*. Chapman &Hall, London, 233p.

KISCHLAT, E. E. 2000. Tecodôncios: a aurora dos Arcossaurios no Triássico. *In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.). Paleontologia do Rio Grande do Sul*, p. 273 – 316.

LANGER, M. C. & LAVINA, E. E. 2000. Os amniotas do Neopermiano e Eotriássico da Bacia do Paraná – répteis e “répteis mamaliformes”. *In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.). Paleontologia do Rio Grande do Sul*, p. 210-235.

LANGER, M. C. & SCHULTZ, C. L. 2000. Rincossauros – herbívoros cosmopolitas do Triássico. *In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.). Paleontologia do Rio Grande do Sul*, p. 246 - 272.

MARGALEF, R. 1995. *Introducción histórica*. Ecología. Barcelona, Edicione Omega, p. 1-14.

MELLINK, E. & MARTIN, P. S. 2001. Mortality of cattle on a desert range: paleobiological implications. *Journal of Arid Environments*, 49:671-675.

MIALL, A. D. 1996. *The geology of fluvial deposits – Sedimentary facies, basin anlysis, and petroleum geology*. Berlin, Springer-Verlag, 582p.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B. & SCHNEIDER, R. L. 1994. Bacia do Paraná. *Bol. Geoc. Petrobrás*, Rio de Janeiro, 8(1):69-82.

MILANI, E. J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental*. Porto Alegre, 255p. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MILANI, E. J. 2000. Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental e a evolução geológica da Bacia do Paraná. *In*: Holz, M. & De Ros, L. F.(eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul*. 444pp.

ODUM, E. P. *Ecologia*. 1988. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 434p.

OLSON, E. C. 1966. Community evolution and the origin of the mammals. *Ecology*, 47:291-302.

PALMER, D. 1992. *Taphonomy*. Endeavour, 16(4):167-172.

POUGH, F. Harvey. 1999. *A vida dos vertebrados*. São Paulo, Atheneu Editora, 798p.

ROGERS, R. R.; ARCUCCI, A. B.; ABDALA, F.; SERENO, P. C.; FORSTER, C. A. & MAY, C. L. 2001. Paleoenvironment and taphonomy of the Chañares Formation tetrapod assemblage (Middle Triassic), northwestern Argentina: spectacular preservation in volcanogenic concretion. *Palaios*, v.16, p. 461-481.

RUBERT, R. R. & SCHULTZ, C. L. 2004. Um novo horizonte de correlação para o Triássico Superior do rio Grande do Sul. *Pesquisa em Geociências*, 31(1):71-88.

SANDER, P. M. 1992. The Norian *Plateosaurus* bonebeds of central Europe and their taphonomy. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 93:255-299.

SCHERER, C. M. S. 1994. *Análise faciológica e bioestratigráfica do Triássico superior (topo da Formação Santa Maria) na região de Candelária – RS*. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 100p.

SCHERER, C. M. S. & HOLZ, M. 1993. Simpósio sobre cronoestratigrafia da Bacia do Paraná. Rio Claro, *Boletim de resumos*.

SCHERER, C. M. S. ; FACCINI, U. F. & LAVINA, E. L. 2000. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. *In: Holz, M. & De Ros, L. F. (eds.). Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. Ed. UFRGS. P.335-354.

SCHULTZ, C.L. 1994. uma nova proposta de zoneamento estratigráfico para o Triássico Superior sul-rio-grandense. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú, SC. Boletim de resumos, 107-108.*

SCHULTZ, C. L. 1995. Subdivisão do Triássico do Rio Grande do Sul com base em microfósseis: problemas e perspectivas. *In: Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia*. UBEA/PUCRS, ser. Ciências da Terra, 1: 33-42. Porto Alegre.

SCHULTZ, C. L. 1998. *In: Répteis versus mamíferos: uma batalha de 250 milhões de anos. Ciência e ambiente, Santa Maria, 16, p. 51-82.*

SCHULTZ, C. L. ; HOLZ, M. & GAMMERMANN, N. 1990. Tafonomia de vertebrados Permo-Triássicos: a diagênese como fator de alteração morfológica. *Ciência e Natura, 12: 77-81.*

SCHULTZ, C. L., SCHERER C. M. S, BARBERENA, M. C., 2000. Biostratigraphy of southern brazilian middle-upper triassic. *Revista Brasileira de Geociências, 30(3):491-494*

SCHULTZ, C. L. & VEGA-DIAS, C. 2003. Evidence of predation or scavenging in a dicynodont scapula from the Upper Triassic of South Brazil. *In: Jornadas*

Argentinas de Paleontologia de Vertebrados, 19, 2003, Buenos Aires. *Resumos...*, Buenos Aires, Argentina, p.28.

SCHWANKE, C. & BARBERENA, D. C. A.. 2000. Dicinodontes – os grandes herbívoros do Triássico. *In*: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.). *Paleontologia do Rio Grande do Sul*, p. 346 – 375.

SCHWARTZ, H. L. & GILLETTE, D. D. 1994. Geology and taphonomy of the *Coelophys* Quarry, Upper Triassic Chinle Formation, Ghost Ranch, New Mexico. *Journal of Paleontology*, 68(5):1118-1130.

SENNIKOV, A.G. 1995. Evolution of the Permian and Triassic tetrapod communities of Eastern Europe. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 120:331-351

SHIPMAN, P. 1981. *Life history of a fossil: an introduction to taphonomy and paleoecology*. Harvard University Press, 222p.

SHIPMAN, P. 1975. Implications of drought for vertebrate fossil assemblages. *Nature*, 257(23):667-668.

SILL, W. D. 1995. Un nuevo Proterochampsidae de la Formación Ischigualasto, Triassico Superior, San Juan. *In* : Anonomastos, 11, Jornadas Argentinas de Paleontologia de Vertebrados, Tucumán, p.3.

SIMÕES, M. G. & HOLZ, M., 2000. Tafonomia - ambientes e processos de fossilização. *In*: Carvalho, I. S. (ed.) *Paleontologia*. Rio de Janeiro, p. 19-41.

SMITH, R. M. H. The litology, sedimentology and taphonomy of floodplain deposits of the Lower Beaufort (Adelaide Subgroup) strata near Beaufort west. *Trans. Geol. Soc. S. Afr*, 83(1980), 399-413.

TUCKER, M. E. & BENTON, M. J., 1982. Triassic environments, climates and reptile evolution. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 40:361-379.

VAN VALKENBURGH, B. 1995. Tracking ecology over geological time: evolution within guilds of vertebrates. *TREE*, (10):71-75. Elsevier Science.

VAN VALKENBURGH, B. & MOLNAR, R. E. 2002. Dinosaurian and mammalian predator compared. *Paleobiology* 28(4):527-543.

VOORHIES, M. R. 1985. A Miocene Herd Buried in volcanic ash. *National Geographic Society Reports*, 19:671-688

WALKER, A. C. 1988. Functional anatomy and taphonomy. *In*: Behrensmeyer, A. K. & Hill, A. P. *Vertebrate taphonomy and paleoecology*. The University of Chicago Press, p. 182-196.

ZÁLAN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; MARQUES, A. ; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T. & ZANOTTO, O. A. 1991. Bacia do Paraná. *In*: Raja Gabaglia, G. P. & Milnai, E. J. (eds.). *Origem e evolução de Bacias Sedimentares*. PETROBRÁS. Rio de Janeiro (RJ).p.135-168.

ZERFASS, H., LAVINA, E. L., SCHULTZ, C. L., GARCIA, A. J. V., FACCINI, U. F., CHEMALE JR., F., 2003. Sequence-stratigraphy of continental strata of Southernmost Brazil: a contribution to Southwestern Gondwana paleogeography and paleoclimate. *Sedimentary Geology* 161, 85-105.

ZERFASS, H., 2003. *História tectônica e sedimentar do Triássico da Bacia do Paraná (Rio Grande do Sul, Brasil) e comparação geológica com as bacias de Ischigualasto e de Cuyo (Argentina)*. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

ZERFASS, H., CHEMALE JR., F., SCHULTZ, C.L., LAVINA, E. 2004. Tectonics and sedimentation in Southern South America during Triassic. *Sedimentary Geology*, 166:265-292.

ZAWISKIE, J. M. 1986. Terrestrial vertebrate faunal sucession during the Triassic. *In*: Padian, K. *The beginning of the age of the dinossaur*s. Cambridge University Press, p. 353-369.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)