

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

**CONCENTRAÇÕES BIOGÊNICAS EM SISTEMAS FLUVIAIS,
FÁCIES DE PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO: "SÍTIO LINHA
VÁRZEA", UM ESTUDO DE CASO PARA O TRIÁSSICO SUL-
BRASILEIRO.**

GREICE MARTINELLI

Orientador: Prof. Dr. César Leandro Schultz

Co-orientador: Prof. Dr. Átila Augusto Stock da Rosa

Porto Alegre, 2007

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

**CONCENTRAÇÕES BIOGÊNICAS EM SISTEMAS FLUVIAIS,
FÁCIES DE PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO: "SÍTIO LINHA
VÁRZEA", UM ESTUDO DE CASO PARA O TRIÁSSICO SUL-
BRASILEIRO.**

GREICE MARTINELLI

Orientador: Prof. Dr. César Leandro Schultz

Co-orientador: Prof. Dr. Átila Augusto Stock da Rosa

Banca Examinadora: Dra. Cibele Schwanke (UERJ)

Dra. Cristina Vega-Dias (UFPR)

Dr. Michael Holz (UFRGS)

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

Porto Alegre, 2007

Martinelli, Greice

Concentrações biogênicas em sistemas fluviais, fácies de planície de inundação: "Sítio Linha Várzea", um estudo de caso para o triássico sul-brasileiro / Greice Martinelli. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2007.

[98 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2007.

1. Paleontologia. 2. Tafonomia. 3. Triássico. 4. Formação Santa Maria. 5. Concentração Biogênica. 6. Terápsidas. I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

Agradecimentos

Muitas coisas aconteceram ao longo destes dois anos de mestrado e nem sempre a execução desta dissertação foi uma tarefa fácil, por isso agradeço a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho. Algumas destas pessoas merecem um agradecimento especial, por tudo que representaram ao longo dessa jornada:

Meus orientadores César Leandro Schultz e Átila Augusto Stock da Rosa por terem acreditado no meu potencial, possibilitando a realização deste trabalho, pelo auxílio e compreensão;

O professor Pedro Roehle Reginato da Universidade de Caxias do Sul, por ter me aberto as portas para o mundo da paleontologia, por todas as palavras de apoio e confiança, e auxílio prestado;

A equipe do LEP/UFSM, Fabiano Feltrin (Galgo) e João Batista pela amizade, pelo auxílio na preparação de material e pelo apoio de sempre;

João e a Eliane por terem me acolhido nas passagens por Santa Maria.

Meus colegas de mestrado, Gabrielli Gadens, Daniel Fortie e Carolina Zabini, que sempre estiveram ao meu lado e se tornaram grandes amigos;

Márcia Raquel Pegoraro de Macedo pela contribuição bibliográfica e principalmente, pelo ombro amigo de sempre;

Cristina Machado pela ajuda bibliográfica e também pelas dicas tafonômicas;

Meu amigo Rafael Casati pelo auxílio nas traduções.

Matheus Sartori pela edição de imagem do UFSM 11316 e Sandro “Zambi” pela ilustração do mesmo e por ter me ensinado a trabalhar com o Photoshop. Isso fez muita diferença;

Wagner pelos retoques na ilustração do UFSM 11316;

Meus tios Marvan e Márcio por terem cedido um “cantinho” em sua casa e um lugar em suas vidas durante minha permanência em Porto Alegre;

Minha querida avó por todo apoio e incentivo emocional e financeiro;

Minhas irmãs, e principalmente meus pais, por serem o meu alicerce e meu exemplo de vida. Obrigada por terem acreditado em meu sonho e batalhado junto para que ele se tornasse possível. Amo vocês!

“Desconfie do destino e acredite em você.
Gaste mais horas realizando que sonhando...
Fazendo que planejando...
Vivendo que esperando...
Porque, embora quem quase morre esteja vivo,
quem quase vive já morreu.”

Luís Fernando Veríssimo

Resumo

O Sítio Linha Várzea, localizado a cerca de 4 km a nordeste da cidade de Paraíso do Sul – RS é composto por três afloramentos principais, situados às margens de três açudes artificiais de captação de água, o LV1/Base, o LV1/Topo, ambos subdivididos em Margem Leste e Oeste, e o LV2. Estes afloramentos são formados por siltitos avermelhados, característicos do Membro Alemoa da Formação Santa Maria. O conteúdo fossilífero desse conjunto de afloramentos é constituído por dicinodontes e cinodontes de tamanhos distintos, arcossauros e material icnológico representado por coprólitos atribuídos a formas herbívoras e carnívoras, constituindo-se assim, de uma assembléia fossilífera típica da Cenozona de Therapsida. O material referente aos Synapsidas é mais representativo e estágios ontogenéticos distintos podem ser evidenciados nos dicinodontes. Os espécimes apresentam variados graus de desarticulação e seguem duas formas preferenciais de preservação: bem preservados e mal preservados (“inchados”). Fósseis desarticulados são predominantes nos três afloramentos, mas estes apresentam diferenças nos aspectos de preservação. O LV1/Base possui fósseis preferencialmente “inchados” na Margem E e bem preservados na Margem W, no LV1/Topo são encontrados fósseis geralmente em bom estado de preservação, e no LV2 destaca-se a presença de um *Dinodontosaurus* semi-articulado, relativamente completo e “inchado”, possivelmente alvo necrofagia. A tafocenose, é interpretada como autóctone, e a análise sedimentológica e de paleoalterações indica uma variação na relação tempo de exposição/taxa de deposição para cada afloramento, com um distanciamento relativo do canal principal, num ambiente de planície de inundação.

Palavras-chave: tafonomia, Triássico, Formação Santa Maria, concentração biogênica, terapsidas.

Abstract

The Linha Várzea fossiliferous site is composed of three main outcrops, at the margins of artificial lacustrine environments, located 4 km northeast of the town of Paraíso do Sul – RS. The outcrops are named LV1/Base, LV1/Top (both subdivided into Eastern and Western margins) and LV2. The outcrops are composed by reddish siltstones, characteristic of the Alemoa Member, Santa Maria Formation. The fossiliferous content is constituted by dicynodonts and cynodonts of different sizes, archosaurs and ichnologic material (coprolites), attributed to herbivores and carnivores. These fossils constitute the typical fossiliferous assemblage of the Therapsida Cenozoone. Synapsids are far the most represented, with distinct ontogenetic stages recorded on dicynodonts. The specimens show all degrees of disarticulation, but main forms of preservation: well and badly preserved (“inflated”). Disarticulated fossils are the most common in all three outcrops, with slight differences on preservational processes. LV1/Base records prefferentially “inflated” fossils at the Eastern Margin, and well preserved at the Western Margin. Fossils at the LV1/Top are generally well preserved. At LV2, a semi-articulated, almost complete and “inflated” *Dinodontosaurus* is studied in detail, suggesting the record of necrophagy. The taphocenosis is interpreted to be autochthonous. The sedimentological and paleoalteration analysis indicate a shift on the relation exposure time/sedimentation rate for each outcrop, with a relative facies change outwards the main fluvial channel, in a floodplain environment.

Key Words: taphonomy, Triassic, Santa Maria Formation, biogenic concentration, therapsids.

Lista de Ilustrações

Página

Capítulo 1

Figura 1.1	Localização dos afloramentos dos Sítios LV1 e LV2 (modificado de Da-Rosa <i>et al.</i> , 2005)	3
Figura 1.2	Imagem de satélite da região de Paraíso do Sul indicando no quadro em vermelho a localização do Sítio Linha Várzea e suas subdivisões (LV1b = Linha Várzea I base; LV1t = Linha Várzea I topo; LV2 = Linha Várzea II) (modificado de http://maps.google.com)	4

Capítulo 2

Quadro 2.1.1	Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Base E	5
Quadro 2.1.2	Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Base W	6
Quadro 2.1.3	Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Base Taipa	6
Quadro 2.1.4	Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Topo E	7
Quadro 2.1.5	Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Topo W	9
Quadro 2.1.6	Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Topo Taipa	9
Quadro 2.1.7	Descrição e classificação dos espécimes do LV2	10
Tabela 2.2.1	Ficha técnica de descrição de peças fósseis do Sítio Linha Várzea .	14
Figura 2.2.1	Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (modificado de Holz & Souto-Ribeiro, 2000)	15
Figura 2.3.1	Arcabouço estratigráfico da região central do RS (modificado de Faccini, 2000)	20
Figura 2.3.2	Quadro de correlação bio-crono-litoestratigráfica para o Mesotriássico sul-americano, baseado nas faunas continentais, com a inclusão do novo nível estratigráfico, a Cenozona de Mammaliamorpha (modificado de Rubert & Schultz, 2004)	31
Quadro 2.3.1	Estágios de alteração óssea, conforme categorização de Behrensmeyer (1978)	33
Figura 2.3.3	Ordem de desarticulação esquelética de <i>Damaliscus korrigum</i> (retirado de Hill, 1979)	34

Capítulo 3

Figura 3.1	Perfil estratigráfico conjugado dos afloramentos (LV1 e LV2) – (retirado de Da Rosa <i>et al.</i> , 2005)	37
Figura 3.1.1	Linha Várzea 1/ Base em vista geral; A – Margem E; B – Margem W	38
Figura 3.1.2	LV1 Topo/Margem Leste. A - Vista geral; B – Ravinas com presença de nódulos carbonáticos	40
Figura 3.1.3	LV1 Topo/ Margem Oeste – Vista geral	40
Figura 3.2.1	Vista geral do LV2	41
Figura 3.2.2	Fendas de dissecação, preenchidas por carbonato de cálcio (modificado de Da-Rosa <i>et al.</i> , 2005)	41

Capítulo 4

Figura 4.1.1	Corte de costela de dicinodonte (UFSM 11316) com estrutura interna não preservada e substituição do carbonato de cálcio de baixa cristalinidade por óxido de manganês (modificado de Da-	
--------------	--	--

	Rosa, 2005)	43
Tabela 4.1.1	Grupos sistemáticos encontrados em cada afloramento do LV1/Base	44
Tabela 4.1.2	Estágios Ontogenéticos distribuídos por afloramento do LV1/Base	45
Tabela 4.1.3	Tabela apresentando os estágios ontogenéticos para cada grupo sistemático	46
Tabela 4.1.4	Tabela de Posições Tafonômicas e Classes de Holz & Barberena (1994) para cada afloramento do LV1/Base	46
Tabela 4.1.5	Tabela de Preservação Tafonômica por afloramento do LV1/Base ..	48
Tabela 4.1.6	Grupos sistemáticos encontrados em cada margem do LV1/Topo ..	49
Tabela 4.1.7	Tabela de Estágios Ontogenéticos distribuídos por afloramento do LV1/Topo	50
Tabela 4.1.8	Tabela de Estágios Ontogenéticos distribuídos por Grupo Sistemático	50
Tabela 4.1.9	Tabela de Posições Tafonômicas e Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994)	51
Tabela 4.1.10	Tabela de Preservação Tafonômica para cada afloramento do LV1/Topo	52
Tabela 4.1.11	Tabela de Grupos Sistemáticos do LV2	53
Tabela 4.1.12	Estágios Ontogenéticos encontrados no LV2	54
Tabela 4.1.13	Tabela de Posição Tafonômica e Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994)	54
Tabela 4.1.14	Tabela de Preservação Tafonômica	55
Tabela 4.1.15	Distribuição dos coprólitos conforme tipo (isolados/massa fecal), tipo de dieta animal e presença/ausência de gretas por afloramento	56
Figura 4.1.2	Coprólitos. (A) Massa fecal composta por 8 pelotas fecais de animais herbívoros (UFSM 11245). Escala de 1cm; (B) Coprólitos isolados de animais carnívoros. Escala de 50mm	57
Figura 4.2.1	Presença de Óxido de Ferro. (A) Crânio de cinodonte (UFSM 11244), em vista dorsal, com pigmentação de Óxido de Ferro sobre Incrustação carbonática. Escala de 1cm; (B) Osteodermas de arcossauro (UFSM11379) com ornamentações na forma de sub-quadrados ornamentados, recobertos por película de hematita. Escala de 50mm	59
Figura 4.2.2	LV1 Topo/Margem Leste. (A) UFSM 11248 - Costela de dicinodonte, em vista lateral, com rosetas de calcita fibrosa sobre película de hematita, ambos os processos sugeridos por Da-Rosa (2005); (B) UFSM 11232 - Fragmento de mandíbula de cinodonte, em vista labial apresentando grande quantidade de Óxido de Ferro e pouca incrustação carbonática sobre a película de hematita; (C) UFSM 11299 - Fragmento de mandíbula de cinodonte, em vista labial, com cristais de calcita sobre película de hematita. Escala 5cm	60
Figura 4.2.3	LV1 Topo/Margem Oeste - Crânio de cinodonte (UFSM 11231), em vista dorso-lateral, recoberto por película de hematita sob moderada incrustação carbonática. Escala 5cm	60
Figura 4.2.4	Variação na quantidade de Óxido de Ferro nos espécimes do LV2. (A) UFSM 11316 (membro anterior direito retorcido), na forma de pigmentos; (B) UFSM 11395 - Película de hematita recobrimdo vértebra e centros vertebrais de cinodonte	61

Figura 4.3.1	Desenho esquemático de <i>Dinodontosaurus</i> , representando em verde os ossos que compõem o espécime UFSM 11316, em vista lateral direita (A); em vista lateral esquerda (B)	64
Figura 4.3.2	Etapas da reconstrução do UFSM 11316. (A) Vista geral de ossos isolados e/ou fragmentados; (B) crânio; (C) parte da cintura pélvica; (D) cintura pélvica completa; (E) membro anterior esquerdo; crânio e membro anterior direito. Escala na figura 4.3.2.A	65
Figura 4.3.3	Reconstrução do UFSM 11316 com base em anotações de campo; (A) fotografia; (B) desenho esquemático. AC, acetábulo; CA, cauda; CR, crânio; FE, fêmur; FI, fíbula; FO, pé; HU, humero; IL ílio; MA, mão; MD, mandíbula; PC, pré-coracóide; RA, rádio; RI, costela; SC, escápula; TI, tíbia; UL, ulna; VR, vértebra. Escala 50cm	66
Figura 4.4.1	Diagrama esquemático mostrando as relações entre as pedofácies, progressivamente mais distantes dos canais principais em direção à planície de inundação (modificado de Kraus, 1999)	75
Figura 4.4.2	Esquema diagramático de relação dos processos de preservação de vertebrados com o tempo de exposição e a taxa de deposição em planície de inundação, progressivamente mais distantes dos canais principais (retirado de Da-Rosa, 2005)	76
Quadro 4.4.1	Classes Tafonômicas de planície de inundação propostas com base na associação de caracteres bioestratinômicos e fossildiagnéticos das tafocenoses do Sítio Linha Várzea	78

“CONCENTRAÇÕES BIOGÊNICAS EM SISTEMAS FLUVIAIS, FÁCIES DE PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO: "SÍTIO LINHA VÁRZEA", UM ESTUDO DE CASO PARA O TRIÁSSICO SUL-BRASILEIRO.”

Greice Martinelli

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
SUMÁRIO	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. Objetivos Específicos	1
1.2. Justificativa	2
1.3. Localização da área de estudos	2
2. MATERIAIS E MÉTODOS	5
2.1. Vertebrados fósseis analisados neste trabalho	5
2.1.1. Linha Várzea I – LV1	5
2.1.1.a. Afloramento Base	5
2.1.1.b. Afloramento Topo	6
2.1.2. Linha Várzea II – LV2	10
2.2. Metodologia e técnicas de trabalho	11
2.2.1. Coleta de dados em campo	12
2.2.2. Coleta de dados em laboratório	12
2.2.2.a. Preparação e descrição do material	12
2.2.2.b. Modo de descrição taxonômica e tafonômica	13
2.2.2.c. Análise Quantitativa e Qualitativa	15
2.2.2.d. Análise Tafonômica	16
2.3. Referencial teórico	18
2.3.1. Geologia do Triássico sul-brasileiro	18
2.3.2. Vertebrados fósseis do Triássico sul-brasileiro	20
2.3.2.a. Procolofonóides	20
2.3.2.b. Dicinodontes	21
2.3.2.c. Cinodontes	22
2.3.2.d. Rincossauros	25
2.3.2.e. Arcossauros	26
2.3.2.f. Dinossauros	28
2.3.3. Bioestratigrafia do Triássico sul-brasileiro	29
2.3.4. Tafonomia de Vertebrados	31
3. GEOLOGIA DO SÍTIO LINHA VÁRZEA	37
3.1. Sítio Linha Várzea I	37
3.2. Sítio Linha Várzea II	41

4. ESTUDO QUANTITATIVO E QUALITATIVO DA ASSEMBLÉIA FOSSILÍFERA	43
4.1. Quantificação das peças fósseis	43
4.1.1. Restos Esqueletais	43
4.1.1.a Linha Várzea I – Base	44
4.1.1.b Linha Várzea I – Topo	49
4.1.1.c Linha Várzea II	53
4.1.2. Icnofósseis	56
4.1.2.a Coprólitos	56
4.2. Estados de preservação das peças fósseis	57
4.3. Reconstrução pós-morte/pré-soterramento de um dicinodonte do Sítio Linha Várzea 2	63
4.4. Estudo qualitativo das formas de preservação	68
4.4.1. Avaliação dos estágios iniciais pós-morte	69
4.4.2. Avaliação dos estágios de exposição prolongada (pré-soterramento) ..	72
4.4.3. Reconhecimento de tempo de exposição vs. taxa de soterramento	73
5. CONCLUSÕES	79
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICE A – FOTOMONTAGENS DOS AFLORAMENTOS	85

1. Introdução

A região central do Rio Grande do Sul é conhecida mundialmente pelo seu abundante conteúdo fossilífero de idade mesotriássica, sendo a paleofauna composta por quatro grandes grupos de animais quadrúpedes (Holz, 1998), que se distribuem em três associações fossilíferas da Formação Santa Maria e Caturrita. Estas se sucedem ao longo do tempo e são, da base para o topo, Cenozona de Therapsida (Schultz *et al.*, 1994), Cenozona de Rhynchosauria (Schultz *et al.*, 1994), Biozona de Traversodontídeos (Abdala *et al.*, 2001) e Cenozona de Mammaliamorpha (Schultz & Soares, 2006). Estas biozonas, por sua vez, estão inseridas nos pacotes sedimentares correspondentes às Formações Santa Maria (Triássico Médio-Superior) e Caturrita (Triássico Superior). A Formação Santa Maria, que inclui as três primeiras biozonas supracitadas, é dividida em dois Membros: Passo das Tropas, constituído de arenitos finos a conglomeráticos, de coloração cinza-esbranquiçada, com estratificações cruzadas, e Alemoa, caracterizado pela presença de pelitos avermelhados, maciços a laminados e pela intercalação de lâminas areníticas de baixa granulometria, sendo composto por abundante conteúdo fossilífero (Andreis *et al.*, 1980).

O Sítio Linha Várzea constitui-se de um conjunto de afloramentos recentemente descobertos na cidade de Paraíso do Sul, RS, pertencentes ao Membro Alemoa da Formação Santa Maria (Da-Rosa *et al.*, 2005). Seu conteúdo fossilífero, atribuído à Cenozona de Therapsida, inclui dicinodontes, cinodontes e arcossauros, além de material icnológico representado por coprólitos, tanto de animais herbívoros quanto carnívoros. Estudos tafonômicos preliminares foram realizados no local, pela autora em 2004 e por Da-Rosa *et al.* (2005).

No presente trabalho, é apresentada uma análise mais refinada dos processos de preservação das formas aí encontradas e sua relação com os processos sedimentares e/ou paleoalterações.

1.1. Objetivos

Este trabalho teve como objetivo principal promover a compreensão dos processos de fossilização do Sítio Linha Várzea, visando o aprofundamento dos estudos taxonômicos e tafonômicos de tetrápodes Triássicos do Rio Grande do Sul.

1.1.1. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, procurou-se realizar:

- Ampliação dos estudos tafonômicos, enfatizando os processos de fossilização da região e de correlação bioestratigráfica da Bacia do Paraná;
- Análise quantitativa e qualitativa do material já coletado no Sítio Linha Várzea em diferentes períodos;
- Análise dos tipos preferenciais de fossilização, buscando associação com as fácies sedimentares e/ou níveis de paleoalterações;
- Reconstrução paleoambiental e inferências paleoclimáticas.

Adicionalmente, foi efetuada uma tentativa de reconstituição de um exemplar de *Dinodontosaurus*, no intuito de exemplificar, através do mesmo, os processos tafonômicos e diagenéticos que atuaram na área de estudo e que geraram o padrão de fossilização ali encontrado.

1.2. Justificativa

O Sítio Linha Várzea possui uma importante assembléia fossilífera recentemente descoberta, atribuída à Cenozona de Therapsida, de idade Mesotriássica (Da-Rosa *et al.*, 2005).

Neste local, foram encontrados fósseis de dicinodontes, cinodontes e arcossauros, além de coprólitos, tanto de animais herbívoros quanto carnívoros. Estes fósseis são muito comuns na região central do Rio Grande do Sul, identificados principalmente nas regiões de Candelária e São Pedro do Sul. O sítio Linha Várzea representa a segunda ocorrência dessa associação fossilífera na faixa de afloramentos triássicos entre Candelária e Santa Maria (Da-Rosa *et al.*, 2005), tornando este sítio um local de extrema importância para estudos de correlação bioestratigráfica, no âmbito do pacote meso-neotriássico do RS, bem como para embasar estudos geológicos mais detalhados para o entendimento das modificações paleoclimáticas ocorridas no mesmo período. Além disso, o Sítio Linha Várzea se consitui num ótimo estudo de caso envolvendo tafonomia e bioestratigrafia, pois apresenta diferentes níveis fossilíferos, com boa continuidade lateral e abundância de fósseis.

1.3. Localização da área de estudos

O "Sítio Linha Várzea" é composto por dois afloramentos principais, escavados durante a construção de pequenas barragens para captação de água (açudes) para irrigação, no interior do município de Paraíso do Sul – RS (cerca de 4 km a nordeste da cidade), na localidade de Linha Várzea. Os afloramentos localizam-se às margens direita (Sítio Linha Várzea I – LV1) e esquerda (Sítio Linha Várzea II – LV2) da estrada vicinal que liga a

rodovia RST – 287 (Rodovia Santa Maria – Porto Alegre) à Vila Paraíso do Sul. Suas coordenadas geográficas são S 29°43'00,3" e W 53°03'45" para o LV1 e S 29°43'03,29" e W 53°09'05,69" para o LV2, conforme mostrado na figura 1.1. O acesso é feito por rodovia asfaltada, a partir de Santa Maria ou Porto Alegre, até o km 188 da rodovia RST – 287, seguindo 3,2 km para norte em estrada não pavimentada. (Da-Rosa *et al.*, 2005).

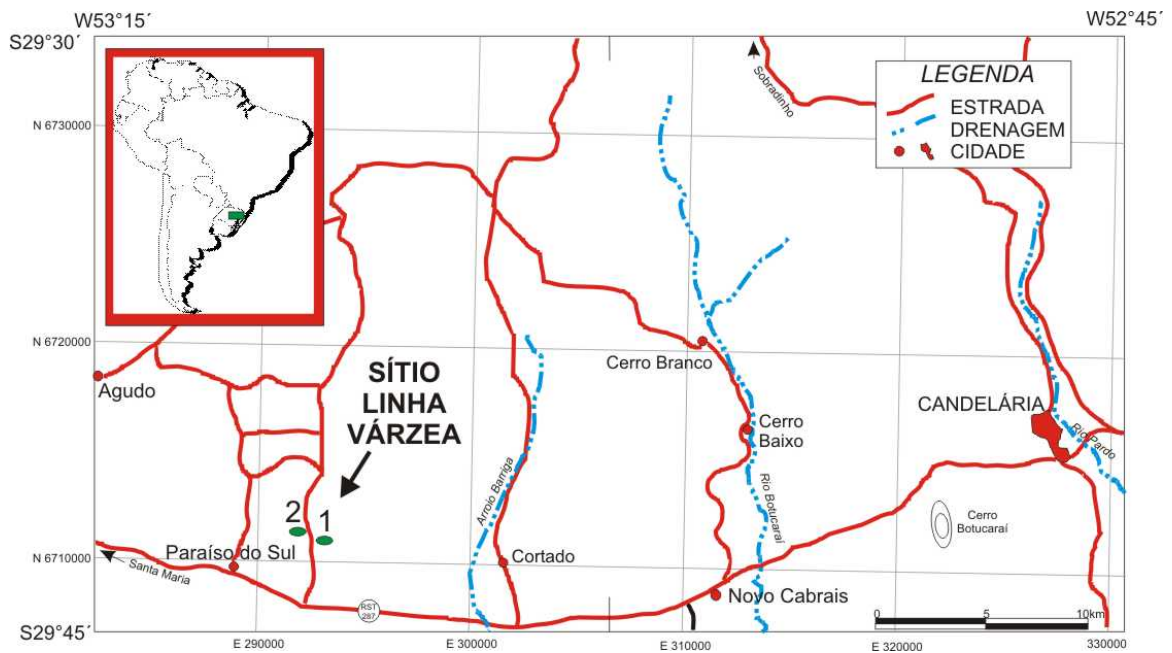


Figura 1.1 – Localização dos afloramentos dos Sítios LV1 e LV2 (modificado de Da-Rosa *et al.*, 2005).

Por constituir as margens de dois açudes construídos em diferentes níveis de um mesmo declive, o Sítio Linha Várzea I pode ser subdividido em Base (açude inferior) e Topo (açude superior) e ainda em Margem Leste e Margem Oeste (Fig. 1.2). Já o Sítio Linha Várzea II não apresenta subdivisões (Fig. 1.2).



Figura 1.2 – Imagem de satélite da região de Paraíso do Sul indicando no quadro em vermelho a localização do Sítio Linha Várzea e suas subdivisões (LV1b = Linha Várzea I base; LV1t = Linha Várzea I topo; LV2 = Linha Várzea II) (modificado de <http://maps.google.com>).

2. Materiais e Métodos

Neste capítulo serão apresentados os exemplares fósseis utilizados neste estudo, bem como a metodologia para a análise taxonômica e tafonômica.

Os materiais analisados neste trabalho são resultantes de escavações e coletas de campo realizadas no período compreendido entre dezembro de 2003 e junho de 2006 e encontram-se tombados na coleção paleontológica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

2.1. Vertebrados fósseis analisados neste trabalho

O Sítio Linha Várzea apresenta uma assembléia fossilífera composta por esqueletos de distintos grupos taxonômicos, os quais apresentam diversos estados de preservação e articulação, além de material icnológico representado por coprólitos. Segue abaixo uma listagem dos fósseis utilizados neste trabalho, separados pelos afloramentos correspondentes. Cada quadro contém a classificação sistemática dos espécimes, acompanhada de uma breve descrição.

2.1.1. Linha Várzea I – LV1

O Linha Várzea I (LV1) compreende dois afloramentos principais, aqui denominados Base e Topo, que podem, ainda, ser subdivididos em Margens Leste e Oeste, além da taipa.

2.1.1.a Afloramento Base

O afloramento base compreende um pacote sedimentar composto por dois afloramentos, localizados nas margens leste e oeste de um açude de captação de água, que recebem as denominações correspondentes e mais uma taipa construída durante a escavação do mesmo. O conteúdo fossilífero coletado para afloramento base, está listado e brevemente descrito nos quadros a seguir (Quadros 2.1.1, 2.1.2 e 2.1.3), conforme os locais de coleta.

Quadro 2.1.1 – Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Base E

Margem Leste (E)		
Espécime	Classificação Sistemática	Descrição Geral
UFSM 11244	Synapsida, Cynodontia, Cynodontidae indet	Crânio com mandíbula; presença de dentes, lateral esquerda fraturada; 16 cm comp. x 9 cm larg. x 7,5 cm. alt.
UFSM 11280	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae,	Crânio sem mandíbula; região rostral preservada com as duas presas; ausência de região temporal

	<i>Dinodontosaurus</i>	esquerda; 43 cm comp. x 18 cm larg. x 28 cm. alt.
UFSM 11308	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Fragmento de ossos de crânio + fragmento de ossos de membros
UFSM 11379	Diapsida, Archosauria	Osteodermas inteiros e fragmentados, na forma de sub-quadrados, apresentando ornamentação (rugosa) e sobrepostos, talvez imbricados
UFSM 11396	Synapsida, Cynodontia	Ramo mandibular

Quadro 2.1.2 – Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Base W

Margem Oeste (W)		
Espécime	Classificação Sistemática	Descrição Geral
UFSM 11235 a	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Placa occipital direita; 4,5 cm com. x 6,5 cm larg. x 5 cm alt.
UFSM 11235 b	Synapsida	Fragmento de ílio? 8 cm com. x 2 cm larg. x 5 cm larg.
UFSM 11258	Synapsida, Cynodontia	Aglomerado composto de vértebra (com arco neural preservado) + ossos de membros (rádio + ulna)
UFSM 11292	Synapsida <i>indet</i>	Aglomerado composto por escápula e fragmentos de ulna? + UFSM 1302 13,5 cm com. x 11 cm larg. x 6,5 cm alt.
UFSM 11302	Synapsida <i>indet</i>	Fragmento de crânio + UFSM 1292 10,5 cm comp.
UFSM 11349	Archosauria?	Dente com serrilha na porção anterior projetando-se até a porção medianda; comprimido lateralmente; excelente estado de preservação, mantendo a coloração natural.
UFSM 11355	Synapsida, Dicynodontia	Presas inchadas + 3 coprólitos com gretas de contração

Quadro 2.1.3 – Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Base Taipa

Taipa		
Espécime	Classificação Sistemática	Descrição Geral
UFSM 11239 a	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Ílio inchado 7,5 cm com. x 5 cm larg. x 3,5 cm espes.
UFSM 11329 b	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Ílio com bom estado de preservação 7 cm comp. x 4,5 cm larg. x 2 cm espes.
UFSM 11255	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Centro vertebral (anficélico); seção triangular rômica; 8,5 cm comp. maior x 4,5 cm prof.

2.1.1.b Afloramento Topo

Assim como o afloramento base, o Linha Várzea I/Topo também pode ser dividido conforme as duas margens de um açude de captação d'água, sendo que a Margem Leste está a 86m de altitude e a Margem Oeste a 87m. Os quadros a seguir (Quadros 2.1.4, 2.1.5 e 2.1.6), apresentam a lista de fósseis coletados em cada afloramento, acompanhada de uma breve descrição.

Quadro 2.1.4 – Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Topo E

Margem Leste (E)		
Espécime	Classificação Sistemática	Descrição Geral
UFSM 11232	Synapsida, Cynodontia	Fragmento de ossos + mandíbula com incisivos, 1 canino e 20 pós-caninos preservados
UFSM 11233	Archosauria	Escápula direita; ausência de processo acrômio da porção distal da epífise; 42 cm comp. x 20 cm larg. porção proximal x 8,5 cm larg. na diáfise x 17 cm larg. porção distal x 2 cm espes. Porção proximal x 3 cm espes. Diáfise x 1-5 cm espes. porção distal;
UFSM 11234	Synapsida, Dicyodontia, Dicyodontidae indet	Úmero esquerdo; 5 cm comp. x 3 cm larg.
UFSM 11242	Synapsida, Cynodontia	Úmero esquerdo; 6,5 cm comp.
UFSM 11243	Synapsida, Cynodontia, Cynodontidae indet	Fragmento de ramo mandibular esquerdo, com um dente preservado.
UFSM 11245	Synapsida <i>indet</i>	Coprólito (massa fecal composta por pelo menos 8 unidades medindo em média 5 cm e aproximadamente 9 cm no total)
UFSM 11248	Indefinido	Fragmento de costela com fraturas transversais; 18 cm comp. x 3 cm larg. x 2 cm espes.
UFSM 11250	Synapsida, Cynodontia, Cynodontidae	Fêmur; 4,6 cm comp.
UFSM 11251	Synapsida, Cynodontia, Cynodontidae	Canino isolado; 1, 6 cm comp.
UFSM 11252	Synapsida <i>indet</i>	3 vértebras; 2,5 cm comp. maior x 3 cm e 4, 5 cm
UFSM 11253 a	Synapsida <i>indet</i>	2 coprólitos alongados e cilíndricos, característicos de animais carnívoros; 5 cm comp.
UFSM 11253 b	Synapsida, Cynodontia, Cynodontidae	Fêmur
UFSM 11260	Synapsida, Cynodontia, Cynodontidae <i>indet</i>	Fragmento de mandíbula (região de proximal de ramo mandibular esquerdo); 14,5 cm comp. x 8 cm alt. x 0,8-8 cm larg.
UFSM 11264	Synapsida <i>indet</i>	Fragmento de rádio?
UFSM 11265	Synapsida, Cynodontia	Fragmento de ramo mandibular direito; 2,5 cm com. x 1,4 cm larg.
UFSM 11266	Synapsida <i>indet</i>	Fragmento de costela; 3,3 cm com.
UFSM 11267	Synapsida, Cynodontia	Fragmento distal de ulna; 2 cm comp. x 1,5 cm larg. epífise x 0,8 cm larg. diáfise
UFSM 11268	Synapsida, Cynodontia	Fragmento de rádio; 2,5 cm comp.
UFSM 11269	Synapsida <i>indet</i>	Fragmento de ulna; 1,7 cm comp. x 0,9 cm larg. epífise x 0,5 cm larg. diáfise
UFSM 11270	Synapsida <i>indet</i>	Fragmento de fíbula; 1,9 cm comp. x 0,9 cm larg. epífise x 0,5 cm larg. diáfise.
UFSM 11271	Synapsida <i>indet</i>	Fragmento de escápula; 1,9 cm comp. x 1,6 cm. larg. máxima
UFSM 11272	Synapsida <i>indet</i>	Fragmento de ílio; 2,3 cm com.
UFSM 11273	Synapsida <i>indet</i>	3 coprólitos; um isolado de 4,5 cm comp. e dois unidos, com aproximadamente 2,5 cm cada; formato ovóide, característico de animais

		herbívoros.
UFSM 11276	Synapsida <i>indet</i>	Corpo vertebral (anficélico); seção circular; 1,6 cm diâmetro x 0,8 cm largura.
UFSM 11277	Synapsida <i>indet</i>	2 coprólitos de formato ovóide e provavelmente de animais herbívoros; um medindo 4,5 cm de comp. e com gretas de contração e o outro medindo 4,2 cm e sem gretas de contração.
UFSM 11278	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Presas isolada (canino superior) – porção apical; 7 cm com. x 3,5 cm diâmetro
UFSM 11281 a	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Crânio sem mandíbula; região rostral preservada, com as duas presas e ausência de região temporal esquerda; 44 cm comp. x 40 cm alt.
UFSM 11281 b	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	19 fragmentos de costelas, com fraturas + interclavícula.
UFSM 11293	Synapsida, Cynodontia	Ramo mandibular esquerdo, com 1 canino e 4 pós-caninos (traversodontes) preservados
UFSM 11294	Synapsida?	Aglomerado de vértebras + ossos de crânio; 9 cm comp. maior
UFSM 11296	Synapsida <i>indet</i>	Costela fragmentada e com deslocamento acentuado de fraturas transversais
UFSM 11297	Synapsida <i>indet</i>	2 coprólitos de animais carnívoros
UFSM 11298	Synapsida <i>indet</i>	Coprólitos
UFSM 11299 + UFSM 11307	Synapsida, Cynodontia, Cynodontidae	Fragmento de mandíbula com 4 dentes 4,2 cm comp. x 2 cm alt. x 1 cm. epes.
UFSM 11300	Synapsida, Cynodontia	Crânio bastante incrustado; 3,5 cm comp. x 1,5 cm. larg.
UFSM 11301	Synapsida?	2 coprólitos ovalados; um medindo 3 cm comp. e o outro 2,5 cm. comp.
UFSM 11303	Synapsida, Cynodontia?	Aglomerado indefinido + parte distal de rádio (5,5 cm comp. x 3 cm larg. epífise x 2 cm larg. diáfise
UFSM 11306	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae <i>indet</i>	Fragmento de cintura; 14 cm comp.
UFSM 11314	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae <i>indet</i>	Fragmento de mandíbula – parte articular; 16 cm comp.
UFSM 11315	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i> ?	Mandíbula com região articular esquerda ausente; 33,5 cm. comp.
UFSM 11310	Synapsida, Cynodontia	Falange ungueal; 0,8 cm comp.
UFSM 11311	Synapsida, Cynodontia	Centro vertebral (região caudal); 0,6 cm larg.
UFSM 11312	Synapsida, Cynodontia	Fragmento de tíbia direita
UFSM 11350	Archosauria?	Fragmento de dente sob concreção
UFSM 11354	Synapsida <i>indet</i>	Fragmento de costelas
UFSM 11370	Synapsida, Cynodontia	Fragmentos de ossos – espinho neural, disco vertebral e falange ungueal
UFSM 11397	Synapsida, Cynodontia	Crânio sem mandíbula e com deformação oblíqua.
UFSM 11398	Synapsida, Cynodontia, Chiniquodontidae ?	Fragmento de maxila com 1 canino e 2 pós-caninos preservados + canino isolado

Quadro 2.1.5 – Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Topo W

Margem Oeste (W)		
Espécime	Classificação Sistemática	Descrição Geral
UFSM 11230	Synapsida, Cynodontia	Fragmento de região rostral de crânio, com caninos, incisivos e 8 pós-caninos preservados; 10,5 cm comp. x 7 cm larg.
UFSM 11231	Synapsida, Cynodontia, Cynodontidae indet	Crânio achatado dorso-ventralmente; região rostral com incisivos, caninos e 12 pós-caninos preservados, órbita direita preservada e esquerda fraturada; nasal fraturado; parte posterior direita semi-completa e esquerda ausente; 10,5 cm comp. x 6 cm larg.
UFSM 11249	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Corpo vertebral (anficélico); seção rômica (tipo "coração" ou "turmalina"); 5,2 cm alt. x 5,8 cm larg. x 4,5 cm prof.
UFSM 11256	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae	Placa ilíaca esquerda; 23 cm comp. x 19 cm larg. x 2-8 cm espes.
UFSM 11309	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Aglomerado de ossos – costela + pélvis + úmero + ossos membros

Quadro 2.1.6 – Descrição e classificação dos espécimes do LV1/Topo Taipa

Taipa		
Espécime	Classificação Sistemática	Descrição Geral
UFSM 11227 a	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Centro vertebral; seção elipsóide; 7 cm alt. x 6 cm prof. x 10 cm larg.
UFSM 11227 b	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Centro vertebral (anficélico); seção elipsóide; 7 cm alt. x 7 cm prof. x 10 cm larg.
UFSM 11227 c	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Centro vertebral (anficélico); seção subcircular; 7 cm alt. x 6 cm prof. x 8 cm larg.
UFSM 11227 d	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Centro vertebral (anficélico); seção triangular rômica (formato "coração" ou de "turmalina"); 8 cm alt. x 6,5 cm prof. x 8,5 cm larg.
UFSM 11227 e	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Centro vertebral (anficélico); seção elipsóide; 7,5 cm alt. x 5 cm prof. x 9 cm larg.
UFSM 11228	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Úmero direito; 33 cm comp. x 26 cm larg.
UFSM 11229	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Crânio c/ parte da mandíbula preservada? Arcos bem desenvolvidos e parietais alongados antero-posteriormente; regiões frontal e parietal bem preservadas; sem ossos da região orbital direita; parte basal dos esquamais quebrada; fenestra supra temporal esquerda bem preservada; 17 cm comp. x 10 cm larg. x 8 cm alt.
UFSM 11241	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Teto craniano; parietal frontal e base-occipital preservados; 27 cm comp. x 21 cm larg.
UFSM 11247	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae indet	Centro vertebral (anficélico); seção elipsóide; 8 cm comp. x 7 cm larg. 3 cm prof.
UFSM 11259	Synapsida <i>indet</i>	Úmero esquerdo
UFSM 11289	Synapsida <i>indet</i>	Fragmento de escápula com coracóide; 6 cm comp. x 2,5 cm larg. x 0,5 cm espes. porção proximal x 1,5 espes. porção distal
UFSM 11307	Synapsida <i>indet</i>	Fragmentos de tíbia + ossos de pós crânio?

2.1.2. Linha Várzea II – LV2

O Linha Várzea II é composto por um único afloramento localizado a 79m de altitude. A concentração fossilífera desse afloramento é representada apenas por sinápsidas, sendo que tanto cinodontes quanto dicinodontes estão presentes e não há o registro de coprólitos. Fragmentos de crânio e pós-crânio de um cinodonte foram encontrados associados ao espécime UFSM 11316, um dicinodonte semi-articulado. A descrição dos exemplares, segue abaixo (Quadro 2.1.7):

Quadro 2.1.7 – Descrição e classificação dos espécimes do LV2

Espécime	Classificação Sistemática	Descrição Geral
UFSM 11316 a	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Crânio colapsado, com região rostral, presa esquerda e região occipital preservadas; 44 cm comp. x 18 cm larg. x 24 cm alt. + 2 vértebras (com espinho neural achatado dorso-ventralmente e centro vertebral anficélico) fusionadas a região posterior do crânio.
UFSM 11316 b	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Costelas – 6 inteiras + 60 fragmentos de porções terminais, proximais e distais
UFSM 11316 c	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Pata direita com 4 dígitos preservados + pata esquerda com os 5 dígitos preservados
UFSM 11316 d	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Fragmento distal de rádio ou ulna (não pertence ao mesmo espécime)
UFSM 11316 e	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Fêmur esquerdo; 37 cm comp.; 8,5 cm de distância entre os côndilos + fragmento de costela; 25 cm comp.
UFSM 11316 f	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Ísqüio? 34 cm comp. x 22 cm larg. (não pertence ao mesmo espécime)
UFSM 11316 g	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Úmero com coracóide; 43 cm comp. x 21 cm larg.
UFSM 11316 h	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Rádio com fraturas; 18 cm comp.
UFSM 11316 i	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Rádio; 20,5 cm comp.
UFSM 11316 j	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Tíbia direita; 22 cm comp.
UFSM 11316 k	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Fíbula; 21 cm comp. + fragmento de costela; 19,5 cm comp.
UFSM 11316 l	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Coracóide + pré-coracóide + costela (23 cm comp.) + centro vertebral

UFSM 11316 m	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Fragmento de escápula + costela; 22 cm larg.
UFSM 11316 n	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Vértebras: 1 centro vertebral fragmentado, 2 centros vertebrais inteiros, 2 centros vertebrais com espinho e processos neurais preservados, 1 arco neural com espinho neural incompleto e 6 espinhos neurais de tamanhos, espessuras e comprimento variados.
UFSM 11316 o	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Cintura pélvica completa (2 ílios, 2 ísquios, púbis e cauda com vértebras sacrais fusionadas)
UFSM 11316 p	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Mão esquerda com 5 dígitos (articulada a rádio e ulna)
UFSM 11316 q	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Úmero (articulado com escápula + vértebra com costela) + costela cervical + duas costelas (fusionadas)
UFSM 11316 r	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Aglomerado: pata com 3 dígitos preservados + vértebra anficélica (centro vertebral achatado crânio-caudalmente, com processo apenas 1 dos processos transversos preservados e espinho neural de 11 cm) + 2 costelas
UFSM 11316 s	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Espinho neural (7,5 cm comp.) + costela
UFSM 11316 t	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Aglomerado com arco neural
UFSM 11316 u	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Fragmento de costela
UFSM 11316 v	Synapsida, Cynodontia	Canino + fragmento de pós-crânio
UFSM 11345	Synapsida, Cynodontia	Fragmentos de crânio + pós- crânio
UFSM 11351 a	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae, <i>Dinodontosaurus</i>	Fragmento de mandíbula + costelas de cinodonte
UFSM 11351 b	Synapsida, Cynodontia	Ossos de membros
UFSM 11352	Synapsida, Dicynodontia, Dicynodontidae	Crânio
UFSM 11357	Synapsida, Cynodontia?	Fragmento de costela
UFSM 11395	Synapsida, Cynodontia	1 vértebra + 2 centros vertebrais (cauda)

2.2. Metodologia e técnicas de trabalho

Os procedimentos utilizados para estudo do material basearam-se na análise quantitativa, qualitativa e tafonômica da assembléia fossilífera encontrada, a fim de determinar os hábitos de vida e interações entre animais coletados (Paleoecologia), das formas de preservação pré e pós-soterramento (Tafonomia) e do reconhecimento do significado bioestratigráfico existente nas concentrações fossilíferas analisadas (Martinelli, 2004).

2.2.1. Coleta de dados em campo

A coleta de dados em campo consistiu num conjunto de procedimentos básicos, como a descrição geológica do local, obtenção de coordenadas geográficas através da utilização de GPS, fotografia panorâmica dos afloramentos, limpeza e delimitação dos fósseis (com a utilização de pincel, martelo e talhadeiras), fotografia do material *in situ*, anotações relativas à posição e preservação tafonômica, recobrimento dos espécimes com gesso (quando necessário), acondicionamento e transporte do material coletado (Martinelli, 2004).

2.2.2. Coleta de dados em laboratório

2.2.2.a Preparação e descrição do material

As peças coletadas passaram, inicialmente, por um processo de lavagem para retirada de sedimento excessivo e melhor visualização das características anatômicas e após foram tombadas na coleção paleontológica do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria. A numeração das peças foi feita sequencialmente (UFSM 11XXX, onde 11 = coleção de paleovertebrados e XXX = número do espécime), com o intuito de preservar o conjunto tafonômico.

Sempre que possível, os elementos mais completos e de possível identificação taxonômica foram preparados mecanicamente, através da utilização de brocas elétricas, agulhas histológicas e ferramentas odontológicas, e em alguns casos quimicamente, sendo utilizado ácido clorídrico (HCl diluído a 10%) saturado em fosfato de cálcio em pó (CaPO_4) sobre o material (Da-Rosa *et al.*, 2005).

Os materiais fragmentados e de possível montagem foram colados e reconstituídos. Os menores foram colados com cola adesiva instantânea tipo "Super Bonder" e os de maior porte com cola tipo "Araldite", reconstruindo assim, partes ou conjuntos de ossos.

Todo o material tombado foi descrito e classificado conforme ficha técnica (Tab. 2.2.1) e depois disso, fotografado.

As medidas dos espécimes foram obtidas através da utilização de régua milimetrada e paquímetro analógico, sendo os ângulos medidos com transferidor.

A Tabela 2.2.1 apresenta as seguintes feições, detalhadas durante o trabalho de levantamento dos dados tafonômicos:

1. PEÇA Nº: neste item, foi registrado o número tombo de cada peça e relacionado a sua prévia figuração em Da-Rosa *et al.* (2005). Todas as peças foram fotografadas e inseridas logo após os dados iniciais;
2. AFLORAMENTO: as peças foram classificadas conforme afloramento de coleta, sendo estes LV1/Base, LV1/Topo e LV2, e os dois primeiros ainda foram divididos em Margem Leste (E) e Margem Oeste (W);
3. NÍVEL OU LOCALIZAÇÃO: sempre que possível o nível em que cada peça foi coletada no respectivo afloramento foi registrado;
4. DESCRIÇÃO: cada peça foi brevemente descrita, quanto às características taxonômicas principais;
5. SISTEMÁTICA: as peças foram classificadas sistematicamente com a ajuda de bibliografia e também pela comparação dos espécimes, e sempre que possível foram atribuídas aos estágios ontogenéticos correspondentes;
6. POSIÇÃO TAFONÔMICA: neste item as peças foram identificadas conforme suas características bioestratinômicas, incluindo o grau de desarticulação dos esqueletos, atitude no afloramento e sua classificação nas Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994);
7. PRESERVAÇÃO TAFONÔMICA: aqui foram descritos os modos de preservação tafonômica (fossildiagênese), quanto à preservação de estrutura externa (bom ou "inchado"), quanto à deformação (deformado ou não deformado), quanto à presença ou ausência de película de Óxido de Ferro e de incrustação carbonática, além da presença de fraturas (incluindo deslocamento e preenchimento) e microfraturas.

2.2.2.b Modo de descrição taxonômica e tafonômica

A descrição taxonômica foi realizada com base nas características principais de cada espécime e sua atribuição quanto aos táxons conhecidos para o Mesotriássico, com base em bibliografia especializada e comparação com material previamente classificado (Martinelli, 2004).

Os espécimes foram classificados ainda tafonomicamente, segundo as Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994), conforme a figura 2.2.1, sendo que crânios sem mandíbula foram atribuídos à Classe II, pois representam exemplares cuja desarticulação pode ser atribuída a fatores biogênicos como *trampling* e necrofagia.

Tabela 2.2.1 – Ficha técnica de descrição de peças fósseis do Sítio Linha Várzea.

1. PEÇA Nº: FIGURADO EM DA ROSA <i>et al.</i> (2005) () NÃO FIGURADO ()			
<div style="border: 1px solid black; width: 300px; height: 100px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p>Fotografia</p> </div>			
2. AFLORAMENTO:	LV1 ()	base ()	margem E ()
		topo ()	margem W ()
			taipa ()
	LV2 ()		
3. NÍVEL OU LOCALIZAÇÃO:			
4. DESCRIÇÃO:			
5. SISTEMÁTICA:		5.1. ESTÁGIO ONTOGENÉTICO:	
6. POSIÇÃO TAFONÔMICA:			
	rolada ()	desarticulada ()	articulada ()
			aglomerado ()
ATITUDE:	deitada ()	em pé ()	oblíqua ()
CLASSE DE HOLZ E BARBERENA (1994):		classe I ()	classe III ()
		classe II ()	classe IV ()
7. PRESERVAÇÃO TAFONÔMICA:			
	BOM ()	"INCHADO" ()	
	NÃO DEFORMADO ()	DEFORMADO ()	
CAMADA DE Ox Fe:		ausente ()	presente ()
INCRUSTAÇÃO CARBONÁTICA:		ausente ()	presente ()
FRATURAS:	ausente ()		
	presente ()	s/ deslocamento ()	c/ deslocamento ()
		s/ preenchimento ()	c/ preenchimento ()
MICROFRATURAS:	ausente ()	presente ()	





Classes tafonômicas	Esquema de desarticulação	Significado <i>P = tempo entre morte e enterramento final</i> <i>T = processo tafonômico</i>
Classe 1 (Esqueletos articulados e bastante completos)		<i>P = muito curto, da ordem de dias</i> <i>T = carcaça em deriva, rapidamente soterradas</i>
Classe 2 (Segmentos esqueléticos articulados e crânios sem mandíbulas)		<i>P = dezenas de semanas</i> <i>T = carcaças expostas a desarticulação inicial por intemperismo e ação biótica</i>
Classe 3 (Elementos pós-craniais isolados)		<i>P = dezenas de semanas e alguns anos</i> <i>T = ação prolongada dos fatores intempéricos e bióticos (incluindo trampling e necrofagia)</i>
Classe 4 (Elementos esqueléticos fragmentados)		<i>P = muitos longo, perto do limite de resistência dos ossos ao intemperismo (15 a 20 anos)</i> <i>T = ação prolongada e extrema de intemperismo e fatores bióticos</i>

Figura 2.2.1 – Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (modificado de Holz & Souto-Ribeiro, 2000).

Os coprólitos foram enquadrados numa classificação à parte, quanto ao tipo de animal (herbívoros ou carnívoros) e quanto à presença ou ausência de gretas de contração, pois estes parâmetros refletem de forma diferente as variações ambientais e deposicionais.

2.2.2.c Análise Quantitativa e Qualitativa

A análise qualitativa consistiu na classificação taxonômica e conseqüente descrição das feições tafonômicas e morfofuncionais (Holz & Simões, 2002). A análise quantitativa foi realizada por análises estatísticas, principalmente no tocante aos taxa encontrados e os tipos tafonômicos principais.

2.2.2.d Análise Tafonômica

Segundo Holz & Soares (1995), os métodos básicos de análise tafonômica consistem nos seguintes itens:

A. Reconstituição do tipo de morte

Basicamente, podem ser distinguidos dois tipos de morte – a seletiva e a não seletiva (Holz, 1998, Holz & Simões, 2002). A morte natural ou seletiva é aquela que afeta uma população de modo natural, ao longo do ciclo de vida de uma geração, e está relacionada a curva de sobrevivência das diferentes espécies. De modo geral, a morte natural atinge os indivíduos juvenis ou senis de uma população, por serem estes mais suscetíveis.

A morte catastrófica ou não-seletiva implica em um resultado diferente. Este tipo de morte é causado por algum evento de grande magnitude, uma catástrofe em escala regional, como uma grande enchente ou estiagem severa e muito prolongada. Eventos deste tipo vitimam praticamente todos os indivíduos de uma população, e uma análise mais detalhada dos estágios ontogenéticos encontrados na tafocenose revelará a presença de todas as classes de idades, em proporções que se assemelham àquelas a apresentada pela biocenose correspondente.

B. Estudo da desarticulação esquelética

Segundo Holz (1998), o grau de desarticulação pode ser entendido pela intensidade de desestruturação da estrutura anatômica original, após a decomposição ou necrólise dos tecidos moles (músculos, ligamentos, pele, cartilagens, etc).

Este é um fator importante na análise tafonômica, pois fornece importantes pistas sobre dois aspectos fundamentais: o tempo decorrido entre morte e soterramento e o grau de transporte sofrido pelo resto orgânico em análise.

Um baixo grau de desarticulação, correspondendo aos restos esqueléticos ainda inteiros e articulados, indica que muito pouco tempo decorreu entre a morte e o soterramento, enquanto que um alto grau de desarticulação implica em um longo tempo entre a morte e o soterramento.

C. Determinação da intensidade do transporte sofrido

Um fóssil pode ser considerado *alóctone* quando os restos orgânicos são encontrados fora do local de moradia. Esta informação é de fundamental importância, pois todas as interpretações sobre o ambiente representado pelos restos orgânicos (paleoecologia) valem

para o local onde o organismo vivia e não para onde foi soterrado (Holz, 1998). Por sua vez, o fóssil *autóctone* é todo o resto orgânico encontrado *in situ*, ou seja, no local onde vivia.

Esta análise pode ser feita pelo grau de desarticulação dos restos fósseis e por algumas outras características, como posição espacial dos restos orgânicos e a presença de icnofósseis. No entanto, nem sempre um baixo grau de desarticulação indica ausência de transporte. Outros fatores devem ser levados em conta, como a ação de bactérias aeróbias e a flutuação das carcaças (Holz, 1998).

D. Investigação da influência diagenética

Um resto orgânico, para ser preservado, deve ser soterrado pelo sedimento, antes de sua desintegração completa. Nos ambientes terrestres, os eventos de soterramento, são geralmente são grandes enchentes, que levam lama e areia para áreas antes expostas. Para que ocorra o processo diagenético é necessário que ocorra na área de sedimentação, um movimento de afundamento da parte da crosta continental, a subsidência. Esse movimento faz com que as camadas atinjam gradativamente níveis mais profundos, ficando assim sujeitas às temperaturas e aos fluidos termais que percolam nessas profundidades, além da sobrecarga devido ao sucessivo empilhamento das camadas. Nestes níveis podem ocorrer diversos fenômenos geológicos que fazem parte da fossilização e que serão responsáveis pela transformação dos sedimentos em rochas sedimentares e das estruturas rígidas orgânicas em fósseis.

É evidente que as transformações no material sedimentar envolvendo precipitação de minerais, pressão e temperatura, afetam também os restos orgânicos nele contidos. Isso leva a à deformação e alteração no tamanho e forma dos fósseis, que podem conduzir a erros de identificação e taxonomia.

Paralelamente à diagênese, ocorrem processos físico-químicos, relacionados à fossilização (conjunto de processos que transformam o resto orgânico efetivamente em fóssil). Esses processos podem envolver o preenchimento de poros e estruturas internas dos elementos esqueléticos, a formação de moldes ou a substituição da matéria orgânica por minerais (Holz, 1998).

Os principais processos fossilização diagenéticos de ocorrência para vertebrados do triássico sul-brasileiro são, respectivamente: permineralização, substituição, incrustação, recristalização e dissolução.

A permineralização ocorre pelo preenchimento de poros e cavidades existentes no organismo por carbonato de cálcio, mantendo a estrutura externa do osso inalterada. As substâncias minerais, como o carbonato de cálcio e a sílica, são facilmente carregadas pela água e penetram nas cavidades lentamente, permitindo muitas vezes que a estrutura original seja preservada (Cassab, 2004). A substituição consiste numa alteração química ocasionada pela dissolução e remoção do material mineralizado através das águas intersticiais, com deposição simultânea ou posterior de outros minerais, como a sílica, a pirita, a limonita e até mesmo o carbonato de cálcio (Mendes, 1988; Cassab, 1994).

A recristalização ocorre quando há modificação na estrutura cristalina do mineral original. No entanto, a composição química permanece a mesma. Na incrustação, as substâncias transportadas pela água (geralmente carbonato de cálcio, seguido por sílica, pirita e limonita) cristalizam-se na superfície do osso ou estrutura, revestindo-a por completo e preservando assim, a parte dura (Cassab, 1994).

Na análise tafonômica deste trabalho, foram considerados em BOM estado, os espécimes com irregularidades e feições anatômicas originais reconhecíveis, e "INCHADOS" quando suas irregularidades e feições anatômicas originais não puderam ser reconhecidas, mas cujos limites externos foram preservados.

E. Interpretação dos Dados

A integração dos dados qualitativos e quantitativos identificados mediante o estudo da assembléia fossilífera do Sítio Linha Várzea possibilitou a determinação dos padrões de preservação aí ocorrentes, bem como dos processos sedimentares, além de inferências relacionadas ao paleoambiente.

2.3. Referencial Teórico

2.3.1. Geologia do Triássico Sul-brasileiro

O território sul-rio-grandense, em tempos remotos, fazia parte da Bacia do Paraná (Schultz, 1995), uma entidade intraplataformal implantada sobre crosta continental gerada ou rejuvenescida durante o Proterozóico Superior Eopaleozóico, em resposta aos episódios tecnomagmáticos produzidos pelo desenvolvimento do ciclo orogênico Brasileiro-Pan-Africano (Faccini *et al.*, 1995).

O Grupo Rosário do Sul (*sensu* Andreis *et al.*, 1980) materializa o registro Triássico do Rio Grande do Sul, de idades entre o Scitiano e o Rético e compreende, da base para o topo, as Formações Sanga do Cabral, Santa Maria (composta pelos Membros Passo das Tropas e Alemoa), e Caturrita, com base principalmente na razão arenito/pelito e em seu conteúdo fossilífero (Abdala *et al.*, 2001; Barberena *et al.*, 2002; Da-Rosa *et al.*, 2003c; Rubert & Schultz, 2004) e seus contatos, tanto na base, com o Grupo Passa dois, quanto no topo, com o Grupo São Bento são discordantes (Andreis *et al.*, 1980).

O Membro Alemoa da Formação Santa Maria, ao qual pertencem os afloramentos do Sítio Linha Várzea, é representado por lamitos vermelhos maciços ou laminados, característicos das fácies de planície de inundação (Barberena *et al.*, 2002; Da-Rosa *et al.*, 2003a).

Uma concepção estratigráfica mais moderna divide o pacote sedimentar triássico em seqüências deposicionais (Fig. 2.3.1). Assim, são reconhecidas na região as seqüências I, II, III e IV (Faccini, 1989; 2000), seqüências Scitiana, Carniana e Noriana (Scherer *et al.*, 2000) e superseqüências Sanga do Cabral e Santa Maria (Zerfass *et al.*, 2003).

A idade dos depósitos rio-grandenses da Bacia do Paraná é baseada na correlação do conteúdo fossilífero aí presente com o encontrado nos depósitos triássicos da Argentina. A presença da flora de *Dicroidium* na base da Formação Santa Maria (Membro Passo das Tropas) é considerada Chañarenses Inferior (Andreis *et al.*, 1980), seguida pelos tetrápodes de idades Chañarenses, Ischigualastenses e Coloradenses, que aparecem escassamente separadas entre si dentro da reduzida espessura do Membro Alemoa (Formação Santa Maria) e da Formação Caturrita (Bossi & Bonaparte, 1980 apud Andreis *et al.*, 1980; Scherer *et al.*, 1995; Schultz *et al.*, 2000).

Um detalhamento das diferentes concepções bioestratigráficas será apresentado adiante (ver item 2.3.3, pág. 29).

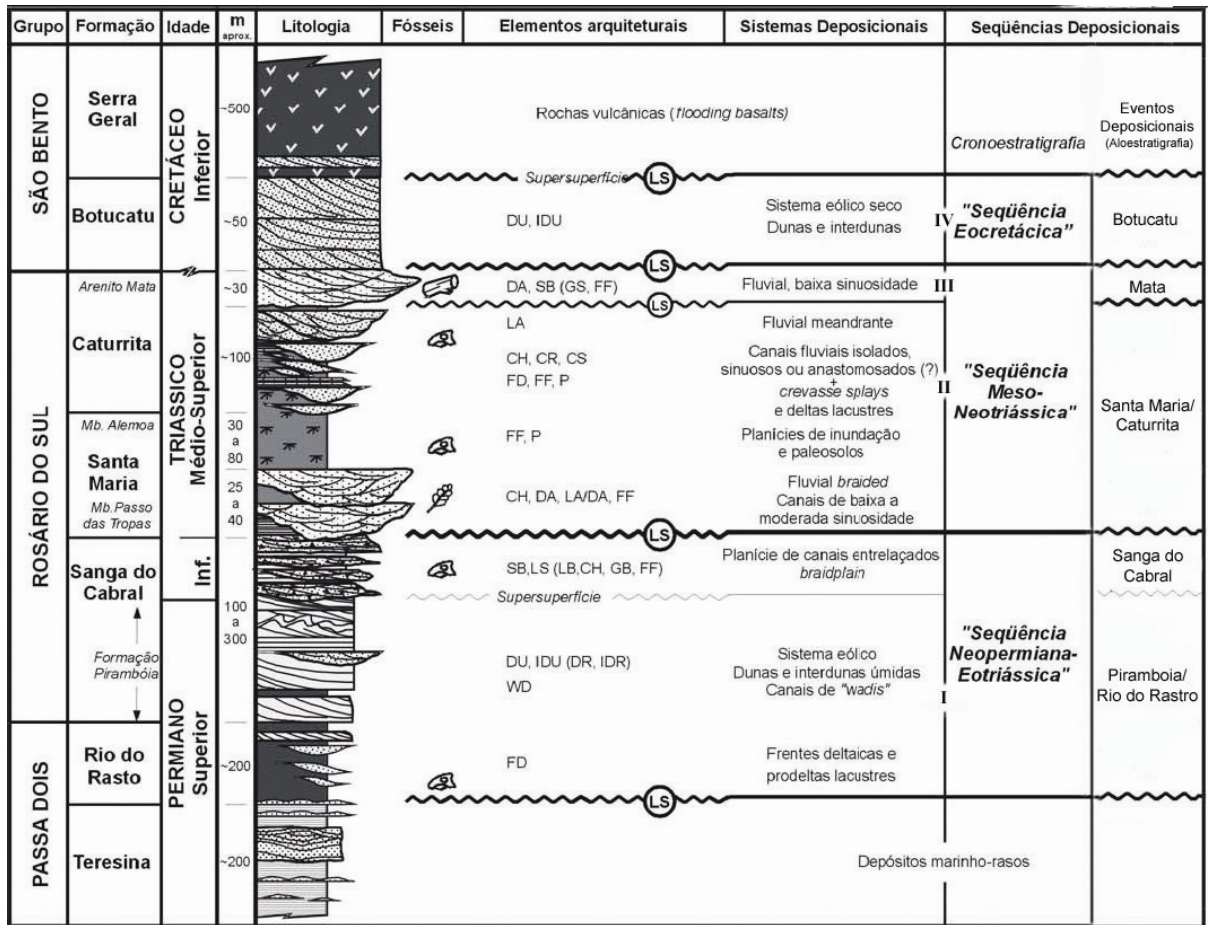


Figura 2.3.1 – Arcabouço estratigráfico da região central do RS (modificado de Faccini, 2000).

2. 3. 2. Vertebrados Fósseis do Triássico sul-brasileiro

O estado do Rio Grande do Sul, na região sul do Brasil, é a única região do país onde tetrápodes triássicos têm sido encontrados. A grande maioria dessa paleofauna é composta por sinápsidos (cinodontes e dicinodontes), diápsidos (principalmente rincossauros e arcossauros) e anápsidos ou para-répteis (pareiassauros e procolofonóides) (Barberena *et al.*, 2002; Langer & Lavina, 2002), encontrados principalmente nas Formações Santa Maria e Caturrita (Barberena *et al.*, 2002).

2.3.2.a Procolofonóides

Os procolofonóides têm seu surgimento no Permiano Inferior e foram os únicos cotilossauros (Ordem que inclui tanto procolofonóides quanto pareiassauros) a sobreviver após o Permiano Superior. Cosmopolitas, tiveram sua diversificação até o final do Triássico. Possuíam uma dentição não especializada, mas indicativa de dieta herbívora para as formas triássicas, registradas nos sedimentos da Formação Santa Maria, pelos gêneros *Candelaria* e *Procolophon* (Bertini, 2004).

Os primeiros registros deste grupo para o Triássico brasileiro são encontrados nos conglomerados da Formação Sanga do Cabral e estão representados por Procolophonidae indeterminados, *Procolophon sp.*, *Procolophon pricei* (Langer & Lavina, 2002) e *Procolophon brasiliensis* (Cisneros & Schultz, 2002). Para o Triássico Médio, temos *Candelária barbouri* como um importante representante. Encontrado na Formação Santa Maria, este foi o primeiro registro da família Owenettidae fora da África e de Madagascar, e também representa o owenetídeo mais jovem geologicamente, uma vez que todos os outros representantes da família ocorrem em camadas permianas. Além disso, esse novo espécime possui fenestra temporal claramente visível, fazendo deste o primeiro para-réptil owenetídeo conhecido a exibir essa importante característica morfológica. (Cisneros *et al.*, 2004). Recentemente, Cisneros (no prelo) agrupou *P. pricei* e *P. brasiliensis* numa única espécie, *Procolophon trigoniceps*, considerando que estes representavam apenas estágios ontogenéticos distintos de uma mesma espécie, assim como as demais espécies do Gondwana.

2.3.2.b Dicinodontes

Os dicinodontes constituíram o mais abundante grupo de animais herbívoros entre o final do Permiano e o final do Triássico Médio, refletindo, por sua ampla distribuição geográfica e pouca variação morfológica, a situação de uniformidade climática e continuidade territorial que se instalou no planeta a partir da formação do Pangea (Schultz, 1998).

O nome dicinodonte reflete o estágio final de uma tendência evolutiva apresentada pelos componentes do grupo no sentido de uma progressiva redução dentária, culminando com o desaparecimento de todos os dentes, exceto os dois caninos superiores (*di* = dois + *cin* = cão + *odontos* = dentes) ou mesmo destes, em algumas formas mais avançadas (Schultz, 1998). Estes caninos, quando presentes, não tinham função mastigatória, servindo mais provavelmente como ornamentação e intimidação dos indivíduos da mesma espécie (Schultz, 1998; Schultz *et al.*, 2004). Os ossos no lugar onde deveriam estar os dentes – maxilas, pré-maxilas e dentário – apresentam-se intensamente vascularizados, tal como se observa em tartarugas e aves, sugerindo que, também nos dicinodontes, uma cobertura córnea estivesse presente, a qual serviria para cortar as folhas que serviam de alimento (Schultz, 1995a, 1998).

Os primeiros dicinodontes, no final do Permiano, eram formas pequenas. Possuíam corpo e patas curtos e fortes, cuja morfologia sugere hábitos escavadores, como o das atuais toupeiras (Schultz, 1998; Schultz *et al.*, 2004). Já as formas do Triássico Médio podiam atingir até três metros de comprimento por 1,80 de metros de altura e pesar cerca de uma

tonelada (Schultz, 1995a; Schultz *et al.*, 2004), apresentando uma postura esquelética curiosa, na qual os membros posteriores posicionavam-se erguidos e praticamente paralelos ao plano de simetria do corpo, enquanto os anteriores, ao contrário, ficavam bem abertos em relação ao volumoso tronco, com o úmero – curto e mais alargado – posicionado praticamente na horizontal (postura *sprawling*). As unhas das patas, grandes e achatadas, indicam que estes animais mantiveram a aptidão, presente em seus ancestrais permianos, para escavar o solo, agora não mais para viver sob a terra, mas ainda para procurar ali o seu alimento (Schultz, 1998; Schwanke & Araújo-Barberena, 2002).

Apresentavam a estrutura craniana reforçada e fenestras avantajadas, o que sugere a presença de uma grande massa muscular e de uma mastigação possante. Além disso, a mecânica de movimentação antero-posterior da mandíbula, denominada propalinia, destinava-se a promover o corte de caules e folhas de vegetais que lhes serviam de alimento, auxiliado pelo contato entre as bordas afiadas das coberturas córneas que existiam nas porções anteriores do crânio e mandíbula (Schultz, 1998).

Acredita-se que esses animais possuíam hábitos gregários, formando manadas, tal como os herbívoros atuais; os filhotes deveriam andar juntos e próximos da mãe até atingir determinado tamanho, para ter alguma proteção contra os predadores, comportamento muito comum entre mamíferos (Schultz 1995a, 1998). Sanghamitra & Chinsamy (2003) sugerem que esse hábito já ocorria nos dicinodontes permianos, como o *Diictodon*.

Segundo Schwanke & Araújo-Barberena (2002), são reconhecidos cinco gêneros de dicinodontes para o triássico do Rio Grande do Sul, atribuídos à Superfamília Pristerodontoidea, Família Dicyodontidae e Subfamília Kannemeyeriinae, provenientes de rochas sedimentares a partir do Ladiniano: *Stahleckeria* Huene, 1935, *Dinodontosaurus* Romer, 1943, *Ischigualastia* Cox, 1962 e *Chanaria* Cox, 1968 da Formação Santa Maria, e *Jachalera* Bonaparte, 1970 da Formação Caturrita. *Stahleckeria* é considerado uma das maiores formas registradas de dicinodontes e *Dinodontosaurus* é gênero mais comumente registrado para a Formação Santa Maria.

2.3.2.c Cinodontes

Este foi o grupo de amniotas que viria a dar origem os mamíferos. Para muitos pesquisadores, eles já seriam inclusive endotérmicos e teriam até mesmo o corpo recoberto por pêlos ao invés das tradicionais escamas dos répteis. As semelhanças entre cinodontes e mamíferos, não está apenas relacionada a forma geral, mas principalmente pelo formato dos

dentes, que lembram muito os de um cão, vindo daí a derivação do nome do grupo (*cinno* = cão + *odontos* = dente) (Schultz, 1995a; Schultz *et al.*, 2004).

Seu tamanho médio era pequeno (equivalente a um cão) e algumas formas maiores podiam chegar a 2m de comprimento (Schultz, 1995a; Schultz *et al.*, 2004). Nas rochas do Neotriássico do Rio Grande do Sul estão registrados os cinodontes atualmente considerados como sendo os ancestrais mais próximos dos mamíferos. São formas pequenas e delicadas, do tamanho de camundongos atuais e, tal como estes, deveriam apresentar hábitos noturnos (Schultz *et al.*, 2004).

Estes terápsidos viveram do Permiano Superior ao Jurássico Médio, sendo encontrados em formações geológicas de várias áreas do globo, principalmente no Hemisfério Sul. Na América do Sul, ocorrem no Triássico do Brasil e da Argentina. As formas brasileiras têm sido coletadas nos sedimentos das Formações Santa Maria e Caturrita, no Rio Grande do Sul, nos mesmos níveis de dicinodontes, rincossauros, tecodontes, dinossauros primitivos e procolofonídeos (Barberena & Dornelles, 2002).

Os cinodontes foram se diversificando progressivamente ao longo do Triássico, especialmente em função desta complexificação das funções dos dentes, que propiciou a exploração de uma ampla variedade de hábitos alimentares. Nos cinodontes, pela primeira vez na história dos vertebrados, passou a existir uma clara diferenciação de forma e função entre os dentes incisivos (Schultz, 1995a; Schultz, 1998; Schultz *et al.*, 2004). Essa diferenciação dentária abriu a possibilidade de algumas espécies de cinodontes utilizarem uma variada gama de alimentos para sua subsistência, ou seja, surgiram os primeiros vertebrados omnívoros da história. Além das formas omnívoras, existiram também formas carnívoras e herbívoras, todas muito semelhantes entre si no aspecto externo, diferenciando-se, basicamente, na forma dos dentes, adaptados aos respectivos tipos de dieta (Schultz *et al.*, 2004). Os cinognatídeos, probainognatídeos, chiniquodontídeos e ictidossauros eram carnívoros, enquanto que os gonfodontes e os tritilodontes compunham o segundo grupo (Barberena & Dornelles, 2002).

As similaridades entre cinodontes e mamíferos não se restringem apenas às características osteológicas e são ainda mais significativas e evidentes quando, através da análise óssea, são inferidos aspectos metabólicos, corroborando assim a ancestralidade e proximidade dos primeiros em relação aos segundos. A alta taxa metabólica dos mamíferos, que teve início com os cinodontes permianos, faz com que estes necessitem de até dez vezes mais comida e oxigênio do que répteis atuais do mesmo tamanho. O alto custo energético é compensado pela possibilidade de manter uma temperatura interna alta e constante, independente das oscilações do meio.

Em relação ao pós-crânio, a troca da ondulação lateral da coluna durante a marcha, típica de répteis, pela flexão no plano vertical, característica de mamíferos, foi outra mudança morfológica iniciada com os cinodontes. Esta transformação está intimamente relacionada com a modificação da postura dos membros e implica numa total reformulação das áreas de encaixe entre as vértebras ao longo da coluna. Com as mudanças estruturais, a cauda perde importância como fator de equilíbrio e torna-se mais curta e mais fina. Este também, é o primeiro grupo de sinápsidos a apresentar clara diferenciação entre as regiões torácica e lombar do tronco, mudança diretamente relacionada ao incremento da atividade respiratória decorrente das altas taxas metabólicas.

Dentre as várias famílias de cinodontes, Trithelodontidae ou Ictidosauria é a que apresenta a morfologia geral mais parecida com os mamíferos. Nesta, encontra-se claramente delineada a característica osteológica mais distintiva entre mamíferos e os outros amniotas: a presença de três ossículos no ouvido médio, o martelo (*malleus*), a bigorna (*incus*) e o estribo (*stapes*). No entanto, o *stapes* servia mais como um ponto de reforço da estrutura, ao invés de ficar livre para transmitir as vibrações sonoras ao tímpano como os demais amniotas. Deste modo, os mais antigos ancestrais dos mamíferos não possuíam tímpano, e provavelmente só eram capazes de ouvir sons de baixa frequência, transmitidos preferencialmente através do solo (Schultz, 1998).

No Brasil, os cinodontes são registrados apenas no Rio Grande do Sul, na Cenozona de Therapsida, na Biozona de Traversodontidae, e nas Cenozonas de Rhynchosauria e Mammaliamorpha, estando as três primeiras inseridas na Formação Santa Maria e a última na Formação Caturrita (intervalo Meso-Anisiano a Eo-Noriano).

Para a Cenozona de Therapsida, temos a ocorrência de *Massetognathus ochagaviae* Barberena, 1981; *Traversodon stahleckeri* Huene, 1936; *Exaeretodon major* (Huene, 1936), nov. comb.; *Chiniquodon kitchingi* (Teixeira, 1982); *Belesodon magnificus* Huene, 1936, *Protheriodon studianti*, considerado um membro primitivo de Brasilodontidae (Bonaparte *et al.*, 2006); e *Luangwa sudamericana* Abdala & Sá-Teixeira, 2004. *Chiniquodon* ocorre também nas Formações Chañares e Ischigualasto da Argentina e o gênero *Massetognathus* também é registrado na Formação Chañares.

A Biozona de Traversodontidae é representada por *Santacruzodon hopsoni* (Abdala & Ribeiro, 2003), ?*Massetognathus* sp. (Schultz & Langer, no prelo), além de outros três morfótipos atribuídos a traversodontídeos (Abdala & Ribeiro, 2001).

Já a Cenozona de Rhynchosauria apresenta, até o momento, registro de *Gomphodontosuchus brasiliensis* Huene, 1928; *Therioherpeton cagnini* Bonaparte &

Barberena, 1975 e *Exaeretodon* sp., que também é encontrado na Formação Ischigualasto, Argentina (Barberena & Dornelles, 2002); *Charruodon tetracuspидatus* Abdala & Ribeiro, 2000; e *Prozostrodon brasiliensis* Bonaparte & Barberena, 2001, uma redefinição de *Thrinaxodon brasiliensis* Barberena, Bonaparte & Teixeira, 1987.

Finalmente, para a Cenozona de Mammaliamorpha, são conhecidos *Riograndia guaibensis* e *Irajatherium hernandezii*, ambos da família Tritheledontidae e os Brasilodontídeos *Brasilodon quadrangularis* e *Brasilitherium riograndensis*, que demonstram a inesperada variedade e distribuição dos pequenos insetívoros probainognatídeos, dos quais, eventualmente, diferenciaram-se os mamíferos morganucodontídeos (Bonaparte *et al.*, 2003). Análises filogenéticas realizadas recentemente por Bonaparte *et al.* (2005) apontam os brasilodontídeos como o grupo-irmão de Mammalia.

2.3.2.d Rincossauros

Os rincossauros eram arcossaumorfos basais herbívoros, que colonizaram a maioria das áreas secas do Pangea Triássico (Langer & Schultz, 2000) e seus registros têm sido encontrados nas camadas sedimentares desse período em quase todo o planeta (América do Sul, África, Índia, Europa e América do Norte) (Langer & Schultz, 2002), principalmente nos sedimentos correspondentes ao Triássico Superior (Langer & Schultz, 2000).

Eram animais de porte médio, quadrúpedes e baixos, que podiam atingir cerca de 2,5m de comprimento. A principal característica deste grupo de arcossaumorfos reside no bico em forma de focinho, que lembra muito o bico de uma ave e, é daí que vem a derivação de seu nome (*rhynchos* = bico + *sauros* = lagarto). O crânio robusto, com formato triangular, ostentando grandes aberturas laterais e dorsais (onde se alojava uma musculatura poderosa) e a mandíbula alta e forte indicam uma grande força de mordida. Além disso, o arranjo de sua dentição (Schultz, 1995a; 2004), formando cristas e sulcos longitudinais que se encaixam de maneira precisa quando a boca se fecha (Schultz, 2004), sugere que os rincossauros possuíam um aparelho mastigatório adaptado para cortar um tipo de alimento que deveria ser bastante resistente (Schultz, 1995a; 2004).

No Brasil os rincossauros são encontrados somente nas camadas vermelhas síltico-argilosas da Formação Santa Maria, Bacia do Paraná, no Rio Grande do Sul (Langer & Schultz, 2002). Embora tenham surgido e se extinguido no Triássico, neste “curto” intervalo de tempo, tiveram uma trajetória muito marcante, chegando a constituir, no início do Neotriássico, o grupo mais abundante do planeta, ocorrendo em quase todos os cantos da Pangea (Schultz, 1998, 2004). Nas camadas superiores do Triássico Médio do Rio Grande do

Sul, especialmente naquelas que ocorrem em Santa Maria e arredores, os rincossauros chegam a constituir mais de 90% dos fósseis aí registrados (Langer & Schultz, 2002; Schultz, 1998, 2004).

Nas formas mesotriássicas brasileiras, os pré-maxilares são bastante verticalizados e sem dentes, tendo o formato de um bico, que na oclusão, se encaixava entre as duas projeções ântero-dorsais dos dentários. Para alguns autores, essa estrutura possuiria um recobrimento córneo, entretanto, não existem evidências conclusivas à respeito. Os maxilares são bastante robustos, tendo sua face ventral convexa e portando baterias de dentes divididos longitudinalmente por um ou dois sulcos. As mandíbulas se tornam mais curtas e altas nas formas neotriássicas (Langer & Schultz, 2002).

A dentição é anquilotecodonte, ou seja, os dentes são implantados em alvéolos profundos e fixados a estes por ossos de ligamento (Benton, 1984). A substituição dentária é ausente, havendo somente o acréscimo de novos dentes nas porções posteriores do maxilar e dentário. O posicionamento dos dentes no maxilar e dentário varia muito entre os rincossauros e por isso é uma das ferramentas utilizadas na taxonomia do grupo (Langer & Schultz, 2002).

Este grupo de arcossaumorfos pode ser dividido em duas famílias: Rhynchosauridae e Hyperodapedontidae, além de outros táxons que não são incluídos em nenhuma dessas famílias (Langer & Schultz, 2002).

A Família Rhynchosauridae é um grupo parafilético representado pela subfamília Stenaulorhynchinae e pelo gênero *Rhyncosaurus* (*Rhyncosaurus articeps* Owen, 1842 e *Rhyncosaurus broadiei* Benton, 1990) (Langer & Schultz, 2002).

O “Rincossauro de Mariante” (Subfamília Stenaulorhynchinae) descrito por Schultz & Azevedo (1990) é o único rincossauro conhecido para a Cenozona de Therapsida, sendo a única forma brasileira encontrada juntamente com dicinodontes (Langer & Schultz, 2002).

A Família Hyperodapedontidae é composta por “*Rhynchosaurus*” *spenceri* Benton, 1990, “*Scaphonyx*” *sulcognathus* Azevedo & Schultz, 1987 (Carniano, Cenozona de Rhynchosauria, Formação Santa Maria; Rio Grande do Sul, Brasil) e o gênero *Hyperodapedon* Huxley, 1859, sendo que os dois primeiros gêneros compõem o grupo dos “hiperodapedontídeos não-*Hyperodapedon*” (Langer & Schultz, 2002).

2.3.2.e Arcossauros

Paralelamente ao declínio dos terápsidos e a ascensão dos rincossauros, os diápsidos passam a ocupar, progressivamente, maior espaço no cenário Triássico do Pangea, por meio dos arcossauros (Schultz, 1998). Archosauria inclui crocodilos e aves viventes, bem como

fósseis de dinossauros, pterossauros, e “tecodontes” basais (Benton & Clark, 1988). Os arcossauros do Triássico podem ser todos incluídos numa única ordem, chamada Thecodontia, sendo o nome derivado do fato destes animais possuírem todos os dentes dentro de alvéolos (teca). Apesar desta característica dar nome ao grupo, ela não é exclusiva desses animais, uma vez que está presente em alguns outros grupos como lepidossauiromorfos e também entre alguns répteis mamaliformes e mamíferos. O que realmente distingue os arcossauros e seus descendentes (dinossauros e aves) dos demais arcossauiromorfos é a presença das fenestras anteorbitais (par de aberturas localizadas entre a órbita e a narina), que serviam para alojar uma glândula, provavelmente associada ao olfato (Schultz, 1998).

Existiam, entre eles, algumas formas herbívoras, mas as mais espetaculares, sem dúvida, foram as formas aquáticas, semelhantes a crocodilos, como *Barberenachampsia* e os grandes carnívoros terrestres, como *Karamuru* (Schultz *et al.*, 2004), um tecodonte quadrúpede que atingia mais de 6 metros de comprimento do focinho à ponta da cauda (Schultz, 1998, 1996; Schultz *et al.*, 2004).

Os tecodontes são primitivamente quadrúpedes e alguns clados evoluíram para a postura bípede, liberando os membros escapulares para outras atividades, como o vôo (Kischlat, 2002). As principais feições morfológicas que caracterizam os arcossauros e que são utilizadas inclusive na classificação interna do grupo, estão relacionadas ao aparelho locomotor. Dentre os representantes do grupo, encontramos pelo menos quatro maneiras diferentes e independentes de modificações, que afetaram a orientação de todas as articulações destes animais, desde os tornozelos, passando pelos joelhos e chegando as cinturas (Schultz, 1998).

Os arcossauros irradiaram extensivamente no Triássico, e várias linhagens distintas surgiram. O grupo coronal de arcossauros teria surgido à partir de “Techodontia”, um grupo parafilético, que exclui quatro clados descendentes: crocodilos, pterossauros, dinossauros e aves. Nenhuma das formas mais primitivas (Proterosuchidae, Erythrosuchidae, Proterochampsidae e Euparkeriidae) parece ter dado origem as linhagens mais avançadas. Todas as formas restantes caem dentro de um simples grupo monofilético, o Archosauria, que se divide em duas linhagens até o final do Eo-triássico, uma que originaria os crocodilianos e outra os dinossauros. A linhagem crocodiliana inclui fitossauros, aetossauros, raiusuquídeos e poposaurídeos e recebe o nome de Crocodylotarsi, enquanto que a linhagem dos dinossauros inclui ornitossuquídeos, dinossauros, aves e pterossauros provavelmente, denominados coletivamente de Ornithosuchia (Benton & Clark, 1988).

Nas camadas triássicas do Rio Grande do Sul são registrados os seguintes táxons: Protorosauria ou Prolacetiformes, representado por formas carnívoras e ágeis, que podiam assumir postura bípede; Proterochampsia, representado por *Cerritosaurus*, *Proterochampsia*, *Chanaresuchus* e *Rhadinosuchus*, que apresentavam possíveis adaptações para o meio aquático (Kischlat, 2002); Aetosauria, representado por formas encouraçadas de dieta herbívora (Benton & Clark, 1988; Kischlat, 2002), como *Aetosauroides* (Da-Rosa & Leal, 2002); e Rausuchia, representado por formas carnívoras, quadrúpedes de grande porte, possivelmente bípedes ocasionais, representadas por *Prestosuchus* e *Karamuru*.

2.3.2.f Dinossauros

A diferenciação entre alguns tecodontes e os dinossauros é tão sutil quanto a que existe entre cinodontes e mamíferos (ou ainda entre dinossauros e aves), uma vez que estamos tratando de táxons muito próximos e intimamente relacionados. Se é certo que todos os dinossauros compartilhavam várias características avançadas que não estão presentes nos demais arcossauros, também é verdade que quase todas elas (ao menos as mais importantes) estão relacionadas à postura e locomoção. Assim sendo, pode-se pensar que os dinossauros (e suas adaptações) como sendo o estágio evolutivo de um processo que iniciou (dentro dos arcossauromorfos) com animais quadrúpedes e rastejantes e foi mudando progressivamente até chegar a animais bípedes e eretos (Schultz, 1998; Schultz *et al.*, 2004).

Os mais antigos registros de dinossauros, em todo o mundo, encontram-se no Rio Grande do Sul e na Argentina. Na passagem do Mesotriássico para o Neotriássico, há cerca de 225 milhões de anos, mudanças climáticas teriam ocasionado alterações na flora e estas, por sua vez, levaram a mudança na fauna. Os sinápsidos dicinodontes deram lugar aos diápsidos rincossauros como os principais herbívoros, e entre os carnívoros, os grandes diápsidos arcossauros (tecodontes) foram substituídos por outras formas de arcossauros menores, porém muito mais ágeis e rápidos, os primeiros dinossauros (Schultz *et al.*, 2004).

Os dinossauros podem ser subdivididos em duas Ordens, a Saurischia e a Ornithischia (Kischlat, 2002; Bertini, 2004) e suas diferenças podem ser atribuídas principalmente ao posicionamento dos ossos da cintura pélvica. Os saurísquios podem ser divididos ainda em duas sub-ordens, Theropoda (carnívoros bípedes) e Sauropodomorpha (herbívoros quadrúpedes ou bípedes) (Bertini, 2004).

Os dinossauros constituem um raro elemento faunístico na biota terrestre do Meso ao Neotriássico sul-brasileiro, que era dominada por sinápsidas (dicinodontes e cinodontes) e répteis primitivos (Leal *et al.*, 2004), como rincossauros e arcossauros.

Staurikosaurus pricei Colbert, 1970, um pequeno terópode, foi o primeiro dinossauro descoberto nos sedimentos triássicos do Rio Grande do Sul. É representado por apenas um exemplar proveniente do Cerro da Alemoa, Cenozona de Rhynchosauria. *Saturnalia tupiniquim* Langer, Abdala, Richeter & Benton, 1999 também proveniente da Cenozona de Rhynchosauria (Kischlat, 2002), é considerado o dinossauro herbívoro mais antigo do mundo (Schultz *et al.*, 2004) e apresenta morfologia característica dos dinossauros sauropodomorfos (Kischlat, 2002).

O registro de dinossauros da Formação Caturrita está representado por *Guaibasaurus candeleriensis* Bonaparte, Ferigolo & Ribeiro, 1999, que é considerado um saurísquio basal próximo da origem de Sauropodomorpha (Bonaparte *et al.* 2006); *Unaysaurus tolentinoi* Leal *et al.*, 2004, o primeiro dinossauro prosaurópodo do Brasil (Leal *et al.*, 2004) e *Sacisaurus agudoensis* Ferigolo & Langer, 2006, que é um dos mais antigos ornitísquios conhecidos (Ferigolo, 2006; Ferigolo & Langer, 2006).

2.3.3. Bioestratigrafia do Triássico sul-brasileiro

A primeira proposta de um zoneamento bioestratigráfico para o Triássico do RS foi elaborada por Barberena (1977), na qual ele subdividiu a Formação Santa Maria em duas unidades: a Zona-Assembléia de Therapsida (=Zona-de-Associação de *Dinodontosaurus*) e a Zona Assembléia de Rhynchocephalia (=Zona-de-Associação de *Scaphonyx*) (Abdala *et al.*, 2001). Posteriormente, Barberena *et al.* (1985, 1991) refinaram o estudo ainda mais, buscando uma maior resolução geocronológica, e assim, subdividiram o pacote Permo-Triássico sul-brasileiro, a partir dos sedimentitos ocorrentes nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul em sete Faunas Locais (Barberena *et al.*, 1985; Scherer *et al.*, 1995; Schultz *et al.*, 2000).

Schultz (1995b) também faz uma tentativa de solucionar o problema de zoneamento bioestratigráfico, propondo oito Zonas de Associação, baseadas nos caracteres morfológicos e taxonômicos, sendo seis associações de tetrápodes e duas de plantas fósseis. No entanto, a pouca representatividade das amostras de algumas das associações fossilíferas, associada à ausência de informações de sub-superfície, torna impossível uma proposição de uma divisão bioestratigráfica formal, nesse nível de detalhe.

Tendo em vista a dificuldade na identificação de horizontes correlacionáveis para a Formação Santa Maria e as novas evidências estratigráficas disponíveis, alguns autores resgatam a perspectiva de uma bioestratigrafia formal, baseada nos moldes de Barberena

(1977), através da individualização de Cenozonas dos pacotes sedimentares do Mesoneotriássico sul-brasileiro (Scherer *et al.*, 1995; Schultz *et al.*, 2000).

Segundo o modelo bioestratigráfico mais recente, as Formações Santa Maria (Membro Alemoa) e Caturrita, que apresentam as três maiores e claramente distintas assembléias fósseis encontradas ao longo do tempo (Schultz *et al.*, 2000), passam a ser divididas em três associações fossilíferas que se sucedem ao longo do tempo (Scherer *et al.*, 1995; Schultz *et al.*, 2000): Cenozona de Therapsida, composta principalmente por dicinodontes, cinodontes e tecodontes; Cenozona de Rhynchosauria, composta por rincossauros, cinodontes, tecodontes e dinossauros; e intervalo informal de *Jachaleria*, representado pelo dicinodonte *Jachaleria candelariensis*, dentes de arcoossauro, *Guaibasaurus candelariensis* e fragmentos de fitossauro.

Baseado na cronocorrelação com as paleofaunas argentinas, pode ser atribuída uma idade Eo-Mesochañarensense para a Cenozona de Therapsida e uma idade Neochañarensense-Ischigualastense é admitida para a Cenozona de Rhynchosauria (Scherer *et al.*, 1995; Schultz *et al.*, 2000). O intervalo de *Jachaleria*, por sua vez, quando comparado às faunas argentinas, apresenta uma idade Eocoloradense, atribuída a presença do dicinodonte Kannemeierídeo *Jachaleria*, que ocorre nos níveis de transição entre a formação Ischigualasto e Los Colorados, da Argentina (Scherer *et al.*, 1995).

Abdala *et al.* (2001) propõem uma nova carta estratigráfica, com um novo horizonte de correlação para o Ladiniano Superior, a Biozona de Traversodontidae, entre as Biozonas de *Dinodontosaurus* e Rhynchosauria, com base na descoberta de uma nova fauna de vertebrados na localidade de Santa Cruz do Sul, representada por cinodontes traversodontídeos.

Rubert & Schultz (2004) propõem uma nova biozona para a Formação Caturrita (Triássico Superior) do Brasil, a Cenozona de Ictidosauria, baseado na descoberta de uma distinta associação de tetrápodes, caracterizada pela presença de pequenos e avançados cinodontes não-mamalianos, incluindo *Riograndia guaibensis*, *Irajatherium hernandezii*, *Brasilodon quadrangularis* e *Brasilitherium riograndensis*. Também são encontrados nessa associação, o procolofonídeo avançado *Soturnia caliodon*, o dinossauro *Guaibasaurus candelariensis*, o dicinodonte *Jachaleria candelariensis*, fitossauros e esfenodontídeos (*Clevosaurus brasiliensis* Bonaparte & Sues, 2006). O novo horizonte se sobrepõe à Zona-de-Associação de Rhynchosauria e inclui, além de ampliar, o "Nível de *Jachaleria*", definido anteriormente para o mesmo horizonte estratigráfico. Posteriormente, Schultz & Soares

(2006) propuseram a substituição do nome da Cenozona de Ictidosauria por Cenozona de Mammaliamorpha, terminologia que reflete mais corretamente os táxons que a identificam.

A figura 2.3.2 apresenta o quadro de correlação bio-crono-litoestratigráfica proposto para o Mesotriássico sul-americano.

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		
				CENOZONA DE Mammaliamorpha		CATURRITA	
CARNIANO	ISCHIGUALASTENSE	ISCHIGUALASTO	BOTUCARAÍ	RHYNCHOSAURIA	ISCHIGUALASTO		II
			ALEMOA			SANTA MARIA	
LADINIANO				Biozona de Traversodontidae	LOS RASTROS		
	CHAÑARENSE		CHINQUA		LOS CHAÑARES		
		LOS CHAÑARES	PINHEIROS	THERAPSIDA			

Figura 2.3.2 - Quadro de correlação bio-crono-litoestratigráfica para o Mesotriássico sul-americano, baseado nas faunas continentais, com a inclusão do novo nível estratigráfico, a Cenozona de Mammaliamorpha (modificado de Rubert & Schultz, 2004).

2.3.4. Tafonomia de Vertebrados

A tafonomia vem crescendo significativamente no cenário mundial durante as últimas décadas, embora o enfoque tafonômico seja um tanto recente em trabalhos brasileiros. No Rio Grande do Sul, somente na década de noventa, essa linha de pesquisa teve início, centrada em trabalhos com a paleoherpetofauna triássica e incluindo a permiana posteriormente (Holz & Soares, 1995).

O termo *tafonomia* foi utilizado pela primeira vez por Efremov (1940) para designar o estudo das “leis” que governam a transição dos restos orgânicos para a litosfera, ciência que segundo Holz & Simões (2002) já era praticada há quarenta anos pelos paleontólogos alemães. Atualmente, a tafonomia (*taphos* = sepultamento + *nomos* = leis) pode ser definida como o ramo da paleontologia que estuda a história de preservação de um organismo desde o momento de sua morte até seu soterramento final, incluindo os processos diagenéticos (Holz *et al.*, 2002).

Voorhies (1969) estudou a ação do transporte hidráulico sobre carcaças de mamíferos, determinando três classes de seleção hidráulica. No Grupo I encontram-se elementos ósseos removidos quase que imediatamente da carcaça por uma corrente aquosa, como falanges, carpais, tarsais e ossos porosos como o esterno e as vértebras sacrais, formando um acúmulo altamente selecionado. O Grupo II é representado por ossos removido num processo semelhante a saltação, como fêmures, úmeros, tíbias, fibulas e costelas. Por fim, o Grupo III é formado pelos “depósitos residuais”, compostos pelos elementos mais pesados do esqueleto e pouco transportáveis como crânios e mandíbulas. Sendo assim, o Grupo I engloba elementos muito transportados e muitas vezes alóctones; o Grupo II é constituído por elementos esqueléticos com algum grau de aloctonia, enquanto que o Grupo III representa, muito provavelmente, depósitos autóctones.

Behrensmeyer (1978) apresenta um estudo tafonômico e ecológico sobre alterações em ossos, baseado na observação das características pós-morte apresentadas por mamíferos recentes na Bacia de Amboseli, Quênia e das condições locais de temperatura, umidade e química do solo. Neste trabalho, ela divide as características de alterações ósseas em seis categorias, conforme mostrado no quadro 2.3.1.

A autora também observou que os danos físicos nos ossos eram causados por mastigação carnívora, pisoteio (“*trampling*”) e transporte fluvial, enquanto que os químicos podiam ocorrer tanto na superfície do solo, operando no osso *in situ*, quanto no seu interior, sendo que os ossos mais alterados ocorriam na zona imediatamente acima do solo.

Hill (1979) realiza um estudo sobre desarticulação e dispersão em esqueletos de mamíferos, onde ele apresenta uma técnica estatística para determinar a seqüência de desarticulação em esqueletos de vertebrados baseado no número relativo de diferentes conjuntos na assembléia de ossos. Neste trabalho, o autor utiliza os restos de *Damaliscus korrigum*, um bovino atual de médio porte, das margens do Lago Turkana, norte do Quênia para ilustrar suas idéias, pois nele encontra um padrão de desarticulação bastante consistente (Figura 2.3.3).

Quadro 2.3.1 – Estágios de alteração óssea, conforme categorização de Behrensmeier (1978).

Estágio	Caracterização	Tempo de exposição subaérea
Estágio 0	A superfície dos ossos não apresenta sinais de fratura ou descamamento devido ao intemperismo. Geralmente, os ossos ainda estão gordurosos, a cavidade medular contém tecidos e parte ou toda superfície do osso pode estar recoberta por pele e músculos/ligamentos.	Menos de 1 ano
Estágio 1	Os ossos apresentam fraturamento, geralmente paralelo às fibras, sendo longitudinal em ossos longos. As superfícies articulares podem apresentar um mosaico fraturado revestido de tecidos, bem como no próprio osso.	Menos de 3 anos
Estágio 2	Camadas externas dos ossos finas e descascando, usualmente associado a fraturas, em que as bordas do osso ao longo das delas tende a se separar e descascar primeiro. As fraturas nas bordas são, geralmente, angulares em seção transversal. Restos de ligamentos, cartilagem e pele podem estar presentes.	Entre 2 e 6 anos
Estágio 3	A superfície do osso é caracterizada por irregularidades ásperas, ossos compactos homogeneamente alterados, resultando numa textura fibrosa. Nessas irregularidades, toda a camada externa do osso foi removida. Gradualmente, as irregularidades se estendem recobrimdo inteiramente a superfície do osso. As alterações não são mais profundas do que 1-1,5mm nesse estágio e as fibras ainda estão firmemente presas umas as outras. Tecidos raramente estão presentes nesse estágio.	Entre 4 e 9 anos
Estágio 4	A superfície do osso é fibrosa e de textura áspera; ocorrem fragmentos pequenos e grandes, que podem ser perdidos quando o osso é movido. As alterações penetram no interior das cavidades. As fraturas são abertas e apresentam estilhaços ou bordas arredondadas.	Entre 6 e 9 anos
Estágio 5	Os ossos se despedaçam <i>in situ</i> , com grandes fragmentos depositados em volta, restantes do todo, que são frágeis e quebram facilmente quando movidos. Pode ser difícil determinar a forma original do osso.	Entre 6 e 15 anos

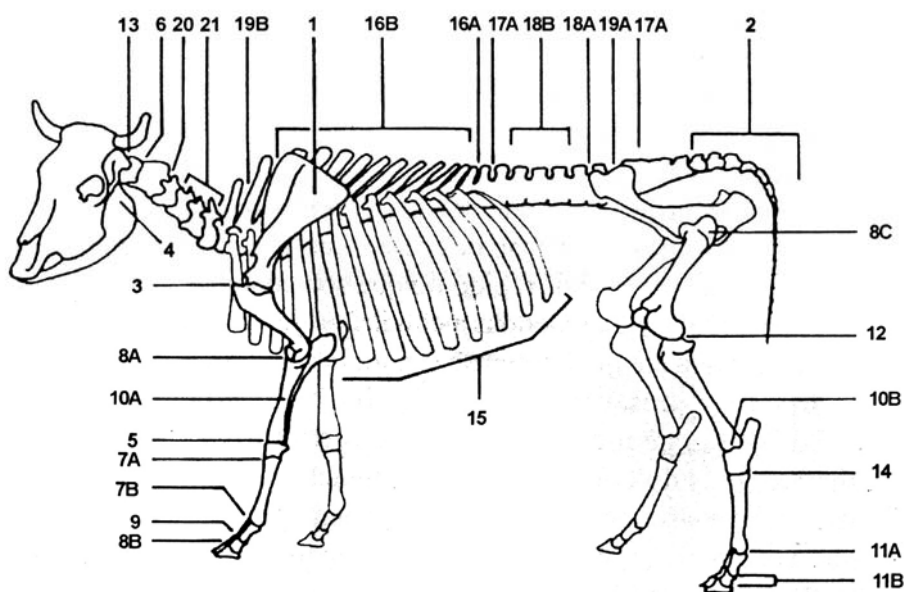


Figura 2.3.3 - Ordem de desarticulação esquelética de *Damaliscus korrigum* (retirado de Hill, 1979).

No Rio Grande do Sul, a pesquisa tafonômica é relativamente recente, sendo os trabalhos de Holz (1991), Holz & Schultz (1993) e Holz & Barberena (1994) os pioneiros nessa linha de pesquisa, centrando-se na fauna triássica (Holz & Soares, 1995).

Em Holz & Barberena (1994), os aspectos tafonômicos da paleofaunas das Formações Santa Maria e Caturrita são tratados especificamente pela primeira vez. Os autores observaram que os quatro principais grupos da paleofauna triássica (cinodontes, dicinodontes, tecodontes e rincossauros) estavam presentes, distribuídos em três faunas locais distintas. Através da análise da preservação dos ossos e da sua distribuição espacial, pode-se estabelecer quatro classes tafonômicas: I – Esqueletos relativamente articulados ou segmentos articulados importantes; II – segmentos esqueléticos articulados; III – ossos isolados e bem preservados; IV – ossos isolados e fragmentados, sendo que a Classe I é composta por carcaças transportadas e rapidamente soterradas, sob a influência de eventos catatróficos; a Classe II representa um grupo de restos mobilizados, com um rápido soterramento; a Classe III é formada por elementos expostos prologadamente ao intemperismo e ação biogênica; e a Classe IV é representada por restos que sofreram um longo período de exposição pós-morte/pré-soterramento.

O estudo de transporte seletivo (Grupos de Voorhies) dos elementos ósseos de dicinodonte e rincossauros (os grupos mais representativos da paleofauna triássica) revelou que a seleção hidráulica não era um fator importante para a desarticulação e dispersão dos ossos, embora isso ocorresse em alguns sítios. E, a análise das classes de tamanho desses

mesmos dois grupos mostrou uma distribuição muito similar à apresentada pelas comunidades atuais, indicando que indivíduos jovens, adultos e senis foram soterrados juntos, em proporções aproximadas ao padrão de distribuição das comunidades viventes.

Holz & Soares (1995) relacionam os passos metodológicos básicos necessários para uma boa investigação tafonômica: reconstituição do tipo de morte (cumulativa ou catastrófica); estudo da desarticulação esquelética (grau de desarticulação, seqüência de desarticulação); determinação do tipo e intensidade do transporte sofrido (autoctonia vs. aloctonia); caracterização do evento de soterramento e a sua possível ligação com a biocenose; investigação da influência diagenética.

Os autores ainda apresentam um padrão tafonômico para seqüência Permo-Triássica, destacando a Formação Santa Maria como um sistema deposicional caracterizado por processos lacustrinos de sedimentação, no qual amplos e rasos corpos d'água recebiam sedimento fino durante enchentes, sem caracterização de um sistema fluvial. O estado de preservação dos tetrápodes permitiu uma divisão em quatro classes tafonômicas de preservação (cf. Holz & Barberena, 1994), abrangendo desde esqueletos inteiros e articulados, preservados após um período de flutuação, até restos desarticulados e fragmentados, de material longamente exposto nos períodos pós-enchentes, que seriam resultado de eventos catastróficos na região.

Estudos posteriores, realizados por Holz (1998), através de uma análise tafonômica bem detalhada, apontam a existência de um padrão deposicional bem definido para as camadas Mesotriássicas, no que diz respeito à idade dos animais preservados. Neste, foi constatado que não existe um predomínio de classes de idade, onde a proporção de indivíduos juvenis, adultos e senis é similar àquela esperada para uma população de animais vivos. Essas concentrações foram atribuídas, portanto, a uma morte natural, provavelmente ocasionada por um evento catastrófico, como uma grande enchente. Além disso, o autor interpreta as rochas vermelhas do Triássico, como um sistema flúvio-lacustre, numa paisagem que era dominada por amplas planícies, entrecortada por rios e córregos, que desembocavam em lagos rasos e muito extensos.

Holz & Schultz (1998) analisam através de evidências macroscópicas e microscópicas (lâminas petrográficas), as variações volumétricas apresentadas por crânios e ossos de membros dos tetrápodes mesotriássicos. A precipitação da calcita (95%), seguida pela hematita (5%), é apontada como o principal agente da fossilização, iniciando o processo de permineralização pela parte esponjosa (interna) do osso e se estendendo gradualmente até a parte compacta (externa). A destruição da estrutura óssea e consequente variação volumétrica

("inchamento"), com fraturamento da superfície externa do osso são causadas pela ação deslocante da cristalização da calcita, que ocorre, geralmente, em soterramentos superficiais, durante a Eo-diagênese, diferente dos materiais melhor preservados, que apresentam modificações apenas na zona interna do osso.

Holz & Souto-Ribeiro (2000) apresentam uma nova abordagem na tafonomia da paleofauna triássica, integrando o modelo de Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994) ao sistema deposicional proposto para o Ladiniano-Carniano do Triássico sul-brasileiro, constatando que os vertebrados fósseis são preservados em fácies de sistemas fluviais muito diferentes (entrelaçado no Scitiano e anastomosado no Ladiniano/Carniano) causando um impacto direto no modo de preservação. As alterações pronunciadas entre estações secas e úmidas no Scitiano originaram um registro fóssil fragmentário, enquanto que as condições mais úmidas do Triássico Médio levaram a fósseis melhor preservados, incluindo esqueletos articulados.

3. Geologia do Sítio Linha Várzea

Os afloramentos são formados por pelitos maciços avermelhados, intercalados por concreções carbonáticas e por raras e delgadas lentes de arenito fino estratificado, num total de 30 metros de espessura aflorante (Da-Rosa *et al.*, 2005). As litologias representam depósitos aluviais finos, com cimentação carbonática, típicos de planície de inundação (Da Rosa *et al.*, 2003a, 2005), característicos do Membro Alemoa da Formação Santa Maria – Grupo Rosário do Sul da Bacia do Paraná. O Membro Alemoa da Formação Santa Maria representa uma deposição aluvial, de fácies de planície de inundação, preenchimento de meandros abandonados, e *crevasse splays*, em ambiente fluvial de moderada sinuosidade (Faccini, 2000). A figura 3.1 representa um perfil estratigráfico conjugado e simplificado para o LV1/Base (Sítio Linha Várzea I, Base), LV1/Topo (Sítio Linha Várzea I, Topo) e LV2 (Sítio Linha Várzea II).

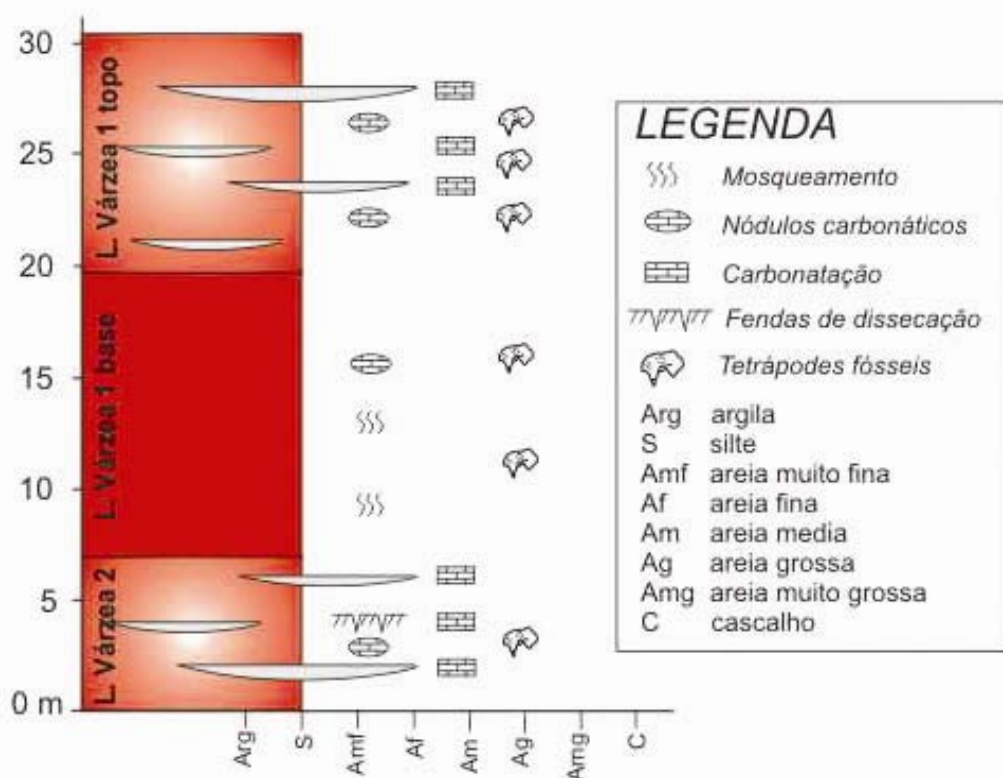


Figura 3.1 – Perfil estratigráfico conjugado dos afloramentos (LV1 e LV2) – (retirado de Da Rosa *et al.*, 2005).

3.1. Sítio Linha Várzea I

O LV1/Base (Fig. 3.1.1) é formado por siltitos maciços avermelhados, intercalados por lentes delgadas de arenito fino em toda sua extensão e pela presença de nódulos

carbonáticos e carbonatação, encontrados desde a base até o topo do afloramento em ambas as Margens (Leste e Oeste), compreendendo aproximadamente 14 metros de espessura aflorante.



Figura 3.1.1 – Linha Várzea 1/ Base em vista geral; A – Margem E; B – Margem W.

A coloração avermelhada dos siltitos pode ser atribuída a um período de oxidação superficial (Da-Rosa, 2005). Estes são fruto de deposição terrígena, em planície de inundação, sofrendo exposição sub-aérea e conseqüente oxidação das argilas (Da-Rosa *et al.*, 2003b; Da-Rosa *et al.*, 2004). As lentes areníticas podem ser interpretadas como depósitos intercanais, num sistema fluvial anastomosado, característico do Membro Alemoa da Formação Santa Maria. (Fonseca 1999 apud Bertoni-Machado & Holz, 2006).

Condições de nível freático próximo da superfície e oscilações mais ou menos rápidas ou pronunciadas são favoráveis e potencializadoras da carbonatação, além de outras paleoalterações (Da-Rosa *et al.*, 2004a).

A carbonatação de arenitos e pelitos forma nódulos, lentes e crostas carbonáticas, através da pedogênese, oscilação do nível freático ou mesmo da eodiagênese (Da-Rosa, 2005). Siltitos e arenitos carbonatados apresentam-se esbranquiçados a cinzentos e endurecidos, destacando-se dos pelitos encaixantes (Da-Rosa *et al.*, 2004a).

Os nódulos carbonáticos são pequenas acumulações de calcita microcristalina, resultantes da infiltração de soluções carbonatadas no solo e precipitação em torno de grãos alterados, raízes e poros. Formam-se preferencialmente nos pelitos, embora ocorram raramente em arenitos. É comum observar níveis de nódulos, bem como a coalescência entre eles, e a conseqüente formação de lentes e crostas (Da-Rosa, 2005).

No LV1/Topo (Fig. 3.1.2 e 3.1.3) tem-se a ocorrência de siltitos maciços avermelhados com presença de nódulos carbonáticos no topo da área exposta e mosqueamento na base e parte intermediária, compreendendo aproximadamente 12 metros de espessura aflorante. Na margem oeste há também a ocorrência de relicárias.

Segundo Da-Rosa *et al.* (2004a), o mosqueamento é ocasionado por uma diminuição do conteúdo argiloso, provavelmente por iluviação, que leva à modificação da cor nesta fácies para tons mais claros, apesar da maior oxidação apresentada. Os pelitos mosqueados são depositados da mesma forma que os avermelhados, no entanto, sofrem a ação do hidromorfismo *pseudo-gley* (redução localizada, num solo antes aerado e oxidado), como resultado de uma rápida oscilação do nível freático. Como conseqüência, apresentam-se oxidados, com fendas e *peds* em posições de nível freático baixo e reduzidos (claros) em posição de nível freático alto (Da-Rosa *et al.*, 2003b; Da-Rosa *et al.*, 2004a).

As relicárias são geradas pela dissolução recente de arenitos e pelitos carbonatados (nódulos, lentes e crostas carbonáticas), por ação de infiltração meteórica de águas levemente ácidas, e podem estar isoladas ou dispostas em níveis de relativa continuidade lateral (Da-Rosa, 2005).



Figura 3.1.2 – LV1 Topo/Margem Leste. A - Vista geral; B – Ravinas com presença de nódulos carbonáticos.



Figura 3.1.3 – LV1 Topo/ Margem Oeste – Vista geral

3.2. Sítio Linha Várzea II

O LV2 (Fig. 3.2.1) apresenta aproximadamente 7 metros de estrutura aflorante onde são reconhecidos siltitos maciços avermelhados, intercalados por lentes de argilitos e arenitos finos, carbonatação em toda sua extensão, nódulos carbonáticos em grande quantidade na base até a parte mediana e fendas de dissecação em direção ao topo.



Figura 3.2.1 – Vista geral do LV2.

As fendas de dissecação (Fig. 3.2.2) estão associadas a períodos de exposição variável, logo após a deposição ou muito depois, sendo a espessura alcançada ligeiramente proporcional ao tempo e intensidade de exposição. Fendas verticais, formadas pela exposição continuada e ressecamento dos depósitos, ou mesmo pela ação de raízes, são preenchidas por carbonato espático ou de maior cristalinidade. Por outro lado, em fendas verticais não cimentadas, a descoloração é o aspecto mais evidente, formando um entrelaçamento de traços em planta, ou traços verticais em perfil (Da-Rosa *et al.*, 2004a).



Figura 3.2.2 – Fendas de dissecação, preenchidas por carbonato de cálcio (modificado de Da-Rosa *et al.*, 2005).

No LV2, algumas fendas verticais, especialmente àquelas situadas abaixo de lentículas carbonáticas fossilíferas apresentam preenchimento por óxido de manganês, que assumem um formato dendrítico característico (Da-Rosa, 2005).

Conforme estudos realizados por Da-Rosa *et al.* (2004a), uma tendência de subida do nível freático poderá ficar registrada como uma sucessão de feições observadas: Pelito Vermelho → Pelito Mosqueado → formação de Vênulas Carbonáticas → Carbonatação freática (lateralmente extensa) ou vadosa (localizada) → geração de Lentes carbonáticas. Essa sucessão indica, respectivamente, posições do nível freático: profundo e rapidamente exposto, vadoso oscilante, vadoso, freático e palustre.

Ainda segundo os autores supracitados, as fácies mais próximas dos canais apresentam menores períodos de exposição e variações mais bruscas do nível freático, conseqüentemente levando a fósseis mais bem preservados, como os encontrados no LV1/Topo. Por outro lado, as fácies mais afastadas do canal registram períodos mais prolongados de exposição sub-aérea e de variações mais significativas do nível freático, levando a processos mais avançados de paleoalterações e carbonatações, e com isso a um mal estado de preservação dos fósseis.

4. Estudo Quantitativo e Qualitativo da Assembléia Fossilífera

Neste capítulo serão apresentadas as análises quantitativa, baseada na geração de tabelas, e qualitativa, consistindo na classificação taxonômica e conseqüente descrição das feições tafonômicas e morfofuncionais dos vertebrados fósseis do Sítio Linha Várzea.

4.1. Quantificação das peças fósseis

O conteúdo fossilífero de estudo neste trabalho foi quantificado em duas categorias distintas: a) restos esqueléticos, incluindo espécimes atribuídos a cinodontes, dicinodontes, arcossauros e sinápsidas indeterminados; b) icnofósseis representados por coprólitos.

4.1.1. Restos Esqueléticos

No total, oitenta e seis espécimes foram descritos, sendo que destes, quinze foram coletados no LV1/Base, sessenta e um no LV1/Topo e dez no LV2.

Nos espécimes do LV a permineralização ocorre inicialmente por carbonato de cálcio de baixa cristalinidade (Da-Rosa, 2005), que assume uma coloração escura, devido à uma possível substituição por Óxidos de Ferro e Manganês (Fig. 4.1.1), seguida pela Incrustação Carbonática, a qual pode ou não apresentar película de Óxido de Ferro, de cor arroxeada (hematita) sob ou sobre essa crosta carbonática, que varia em espessura.

A manutenção destas condições por maior tempo implica no hipercrecimento cristalino e conseqüente deformação dos ossos ("inchamento"). Dessa forma, fósseis bem preservados, mas deformados indicam uma história de soterramento normal ou rápido, enquanto que os fósseis íntegros, mas "inchados" resultam de um soterramento mais lento, indicando uma taxa de sedimentação menor. A presença dos dois tipos de preservação no Sítio Linha Várzea indica uma variabilidade da taxa de sedimentação nos depósitos de planície de inundação aqui analisados, como será discutido mais adiante (item 4.4.3).



Figura 4.1.1 – Corte de costela de dicinodonte (UFSM 11316) com estrutura interna não preservada e substituição do carbonato de cálcio de baixa cristalinidade por óxido de manganês (modificado de Da-Rosa, 2005).

4.1.1.a Linha Várzea I – Base

O LV1/Base caracteriza-se pela presença de espécimes de cinodontes, dicinodontes, arcossauros e sinápsidas indeterminados. Algumas das peças não puderam ser identificadas devido ao estado de preservação e/ou fragmentação, ou ainda pela ausência de características anatômicas de relevância sistemática.

A. Grupos Sistemáticos

Dos quinze espécimes coletados neste afloramento, cinco foram encontrados na Margem Leste, sete na Margem Oeste. Os três espécimes restantes foram coletados na Taipa, um aterro formado durante a escavação do açude Base e por isso não serão analisados quantitativamente.

Na análise das peças fósseis foi possível identificar a presença de indivíduos de diferentes grupos sistemáticos (Tab. 4.1.1). Destes 46,7% são atribuídos a dicinodontes, 20% a cinodontes, 13,3% a arcossauros, sendo que a diferença é sutil em números de indivíduo por afloramento. Entre os dicinodontes, dois espécimes podem ser atribuídos ao gênero *Dinodontosaurus*, cada um proveniente de uma das margens.

Os dicinodontes ocorrem nos três afloramentos, enquanto que cinodontes e arcossauros estão presentes apenas nas Margens Leste e Oeste. Na Margem Oeste, ocorrem também Synapsida *indet*, bem como um espécime de grupo sistemático incerto. Estes apresentam má preservação (inchamento, incrustação carbonática, fragmentação) e assim, dificultam uma identificação mais eficiente, bem como sua atribuição a algum táxon.

Tabela 4.1.1 – Grupos sistemáticos encontrados em cada afloramento do LV1/Base.

Afloramentos				
Grupo Sistemático	Margem Leste	Margem Oeste	Taipa	Total Espécimes
Synapsida <i>indet</i>	-	2	-	2
Cynodontia	2	1	-	3
Dicynodontidae	2	2	3	7
Archosauria	1	1	-	2
Indeterminado	-	1	-	1
Total p/ afloramento	5	7	3	15

Na Margem Leste há o predomínio de material craniano e mandibular, além da presença de um conjunto de osteodermas articulados, mas fora de posição. Na Margem Oeste predominam fragmentos de ossos cranianos (como na Margem Leste) e de membros. O material da Taipa é pouco representativo (apenas dois ílios de tamanhos e preservação variados e um centro vertebral).

B. Estágios Ontogenéticos

Através da análise de tamanhos, puderam ser identificados dois estágios ontogenéticos distintos (Tab. 4.1.2), adulto e juvenil. Apesar da presença de ossos de tamanhos diferenciados, estes não puderam ser enquadrados em outras classes de idade, pela ausência de parâmetros necessários para uma classificação adequada e foram classificados como indeterminados. Também não foi possível diferenciar os indivíduos adultos em “jóvens” e “senis” devido à grande quantidade de Incrustação Carbonática presente na maioria dos espécimes, principalmente nos dicinodontes e pela ausência de parâmetros de comparação de tamanhos.

Os fósseis de indivíduos adultos predominam na Margem Leste e na Taipa, correspondendo a 66,6% do total do LV1, enquanto que na Margem Oeste tem-se a ocorrência de um indivíduo juvenil, dois adultos e quatro espécimes de estágio ontogenético indeterminado, indicando que todas as classes de idade estavam presentes na localidade, embora distribuídas diferentemente em cada margem.

Tabela 4.1.2 – Estágios Ontogenéticos distribuídos por afloramento do LV1/Base.

Afloramentos				
Estágio Ontogenético	Margem Leste	Margem Oeste	Taipa	Total Espécimes
Juvenil	-	1	-	1
Adulto	5	2	3	10
Indeterminado	-	4	-	4
Total p/ afloramento	5	7	3	15

Os três espécimes de cinodontes pertencem a indivíduos adultos, enquanto que dos cinco dicinodontes, dois são juvenis e três adultos. Entre os arcossauros um é adulto e o outro

indeterminado e nos Synapsida *indet* os dois espécimes apresentam idade indeterminada, consequentemente (Tab. 4.1.3).

Tabela 4.1.3 – Tabela apresentando os estágios ontogenéticos para cada grupo sistemático

Estágio Ontogenético				
Grupo Sistemático	Juvenil	Adulto	Indeterminado	Total
Synapsida <i>indet</i>	-	-	2	2
Cynodontia	-	3	-	3
Dicynodontidae	2	5	-	7
Archosauria	-	1	1	2
Indeterminado	-	-	1	1

C. Posição e Classes Tafonômicas

Grande parte das peças foi encontrada rolada no afloramento e uma parcela das mesmas desarticuladas (40%). Dentre as que estavam *in situ*, apenas o espécime UFSM 11244 estava articulado (crânio com mandíbula) e uma minoria foi encontrada na forma de aglomerado (20%) (Tab. 4.1.4).

Tabela 4.1.4 – Tabela de Posições Tafonômicas e Classes de Holz & Barberena (1994) para cada afloramento do LV1/Base.

Afloramentos				
Posição Tafonômica	Margem Leste	Margem Oeste	Taipa	Total Espécimes
Rolada	4	7	3	14
Desarticulada	3	5	3	11
Articulada	1	-	-	1
Aglomerado	1	2	-	3
Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994)				
I	1	-	-	1
II	1	-	-	1
III	-	3	3	6
IV	3	4	-	7
Total p/ afloramento	5	7	3	15

Os espécimes foram agrupados segundo as quatro Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994), conforme o grau de desarticulação. Foram atribuídos à Classe I os espécimes articulados, à Classe II os semi-articulados e os crânios sem mandíbula, à Classe III os desarticulados e à Classe IV os desarticulados e fragmentados.

Conforme mostrado na tabela 4.1.4, 13,3% dos espécimes correspondem as Classes I e II, enquanto que a Classe III é representada por 40% do material e a Classe IV por 46,66%.

Na Margem Leste e Oeste predominam espécimes da Classe IV, sendo que na segunda, o número de espécimes atribuídos a Classe III é semelhante a IV. Isso indica que os ossos ficaram expostos, em ambos os afloramentos, por um longo período antes do soterramento final, suficiente para promover a desarticulação e/ou fragmentação das carcaças.

D. Preservação Tafonômica

Através da análise macroscópica é possível reconhecer duas formas preferenciais de preservação para este pacote: fósseis bem preservados, com a identificação das paredes externas e estruturas ósseas internas e fósseis mal preservados, geralmente "inchados" pela precipitação da calcita no interior da estrutura (Holz & Schultz, 1998), mantendo o limite externo, mas não permitindo o reconhecimento de suas irregularidades e feições anatômicas.

O afloramento Base como um todo apresenta um número semelhante de espécimes em bom estado de preservação e "inchados". No entanto, fica evidente que na Margem Leste o número de elementos em bom estado é bem menos representativo em relação aos "inchados", enquanto na Margem Oeste ocorre o inverso, com um número considerável de espécimes em bom estado em relação aos "inchados" (Tab. 4.1.5). Essa diferença de estados de preservação indica que os afloramentos correspondem a diferentes distâncias do canal principal na planície de inundação e que as tafocenoses passaram por processos fossildiagnéticos diferenciados, como será discutido mais adiante (item 4.4.3).

O número de espécimes Não deformados é maior do que os Deformados nos dois afloramentos, correspondendo a 60% e 40% dos espécimes, respectivamente. As deformações aqui consideradas são resultantes de uma grande pressão exercida sobre os fósseis pós-soterramento, diferente do "inchamento" que é ocasionado pela ação deslocante da calcita no interior dos ossos.

A maioria dos espécimes do LV1 apresenta uma camada de Óxido de Ferro (OxFe) recobrendo a superfície externa dos ossos, correspondendo a 66,6% do total. No entanto, a presença de OxFe varia entre os afloramentos. Na Margem Leste predominam peças sem OxFe (60%), enquanto que na Margem Oeste predominam as peças com OxFe (71,4%).

Então pode-se dizer que na Margem Leste predominam espécimes “inchados” e sem OxFe, enquanto que na Margem Oeste predominam espécimes bem preservados (bom estado) e com Ox Fe.

Tabela 4.1.5 – Tabela de Preservação Tafonômica por afloramento do LV1/Base.

Preservação Tafonômica	Afloramentos			Total Espécimes
	Margem Leste	Margem Oeste	Taipa	
Bom	1	6	1	8
Inchado	4	1	2	7
Não Deformado	3	4	2	9
Deformado	2	3	1	6
S/OxFe	3	2	-	5
C/OxFe	2	5	3	10
S/Incrustação Carbonática	-	1	-	1
C/Incrustação Carbonática	5	6	3	14
S/Fratura	3	-	-	3
C/Fratura	2	7	3	12
S/Microfratura	4	7	-	11
C/Microfratura	1	-	3	4

A presença de incrustação carbonática ocorre em 93,33% dos espécimes, sendo que apenas na Margem Oeste, aparece um espécime na qual ela não está presente.

A maior parte do material apresenta fraturas (80%), enquanto que as microfraturas estão presentes em menor quantidade (26,66%).

As diferenças encontradas entre os dois afloramentos, principalmente no tocante ao estado de preservação preferencial (bom ou “inchado”), refletem a ocorrência de diferentes processos pós-deposicionais para cada margem do LV1/Base, como será discutido no item 4.4.3.

4.1.1.b Linha Várzea I – Topo

O LV1/Topo caracteriza-se pela presença de uma grande quantidade de espécimes, atribuídos principalmente a cinodontes e dicinodontes, com arcossauros e sinápsidas indeterminados em menor número. Algumas das peças não puderam ser identificadas devido ao estado de preservação e/ou fragmentação, ou ainda pela ausência de características anatômicas de relevância sistemática, como ocorre no LV1/Base.

A. Grupos Sistemáticos

Dos cinquenta e quatro espécimes coletados neste afloramento, quarenta e dois foram encontrados na Margem Leste, cinco na Margem Oeste e oito na Taipa formada durante a escavação do açude Topo (Tab. 4.1.6). Como no LV1/Base, o material da Taipa correspondente ao afloramento Topo, também não será incluído na análise qualitativa.

Tabela 4.1.6 – Grupos sistemáticos encontrados em cada margem do LV1/Topo.

Afloramentos				
Grupo Sistemático	Margem Leste	Margem Oeste	Taipa	Total Espécimes
Synapsida indet	3	-	3	6
Cynodontia	27	2	-	29
Dicynodontidae	8	3	5	16
Archosauria	2	-	-	2
Indeterminado	1	-	-	1
Total p/ afloramento	41	5	8	54

No geral, ocorre a predominância de cinodontes (53,7%), seguido por dicinodontes (29,62%), Synápsidas *indet* (11,11%), táxon indeterminado (1,85%) e arcossauros (3,70%).

Na Margem Leste encontram-se 93,10% dos cinodontídeos de todo o LV1/Topo, com pouca ocorrência na Margem Oeste e nenhuma na Taipa.

Dos dois afloramentos, o mais rico e diversificado é a Margem Leste (75,92% dos espécimes), que apresenta todos os grupos citados e é o único dos afloramentos onde ocorre a presença de arcossauros (dente e escápula), além de coprólitos não quantificados conjuntamente com o restante do material. Os dicinodontes estão aqui representados em grande parte por material craniano e mandibular de indivíduos adultos.

B. Estágios Ontogenéticos

Dos cinquenta e quatro espécimes, apenas dois correspondem a indivíduos juvenis (3,70%), enquanto que vinte e sete são de indivíduos adultos (50%) e vinte e cinco de classe de idade indeterminada (46,29%), conforme mostrado na tabela 4.1.7.

Os estágios ontogenéticos indeterminados são atribuídos principalmente ao material de "Synapsidas *indet*" e a alguns espécimes de cinodontes.

Tabela 4.1.7 – Tabela de Estágios Ontogenéticos distribuídos por afloramento do LV1/Topo.

Afloramentos				
Estágio Ontogenético	Margem Leste	Margem Oeste	Taipa	Total Espécimes
Juvenil	1	-	1	2
Adulto	18	5	4	27
Indeterminado	22	-	3	25
Total p/ afloramento	41	5	8	54

Dos vinte e nove fósseis de cinodontes, dez pertencem a indivíduos adultos e dezenove não puderam ser determinados. Entre os dezesseis espécimes de dicinodontes, dois pertencem a indivíduos juvenis e quatorze adultos, enquanto que nos Synapsidas *indet*, um pode ser classificado como adulto e quatro não puderam ser identificados. Entre arcossauros tem-se um adulto e um indeterminado, assim como para os de grupo sistemático Indeterminado, conforme mostrado na tabela 4.1.8.

Tabela 4.1.8 – Tabela de Estágios Ontogenéticos distribuídos por Grupo Sistemático.

Estágio Ontogenético				
Grupo Sistemático	Juvenil	Adulto	Indeterminado	Total
Synapsida <i>indet</i>	-	1	4	5
Cynodontia	-	10	19	29
Dicynodontidae	2	14	-	16
Archosauria	-	1	1	2
Indeterminado	-	1	1	2

C. Posição e Classes Tafonômicas

A maioria do material foi encontrada rolada e desarticulada nos afloramentos. Dos cinquenta e quatro espécimes, quarenta e sete estavam rolados (87,03%), cinco desarticulados (92,59%), um articulado (1,85%) coletado na Margem Oeste e três na forma de aglomerado (5,55%). Apenas a título estatístico, os espécimes rolados e na rocha, bem como os articulados e desarticulados, foram computados conjuntamente.

Conforme mostra a tabela 4.1.9, 16,36% dos espécimes correspondem às Classes II, 21,81% à Classe III e a grande maioria à Classe IV, representando 60% do material, sendo que não há representantes da Classe I. A atribuição dos materiais das Classes III e IV pode ter sofrido tendenciamento, devido ao fato de 87,03% deste material ter sido encontrado rolado no afloramento e, portanto, sua dispersão não pode ser seguramente associada a processos pré-deposicionais. Processos, como a erosão, por exemplo, poderiam estar relacionados ao grau de desarticulação e dispersão dos espécimes, após a exposição no afloramento.

Tabela 4.1.9 – Tabela de Posições Tafonômicas e Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994).

Afloramentos				
Posição Tafonômica	Margem Leste	Margem Oeste	Taipa	Total Espécimes
Rolada	36	3	8	47
Desarticulada	38	4	8	50
Articulada	-	1	-	1
Aglomerado	2	1	-	3
Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994)				
I	-	-	-	-
II	5	2	1	9
III	7	2	4	12
IV	29	1	3	33
Total p/ afloramento	41	5	8	54

Na Margem Leste, predominam espécimes da Classe IV e na Margem Oeste a Classe II e III, indicando, a princípio, que o material correspondente ao primeiro afloramento esteve exposto na interface água/sedimento por um tempo relativamente mais elevado do que no segundo e/ou que a taxa de sedimentação foi maior na Margem Oeste.

D. Preservação Tafonômica

Dos cinquenta e quatro espécimes descritos no LV1/Topo, 81,48% foram encontrados em bom estado de preservação, enquanto que apenas 18,51% apresentam-se “inchados”, 75,92% não apresentam deformações e 24,07% apresentam deformações de tipos variados, como antero-posterior, dorso-ventral, colapsada (observada principalmente em crânios). Os espécimes com camada de óxido de ferro (OxFe) de coloração arroxeada são maioria (94,44%) e esta camada é encontrada, geralmente, na forma de película de hematita, podendo estar sob ou sobre a incrustação carbonática de pigmentação avermelhada, que está presente em 98,14% do material (Tab. 4.1.10). A quantidade de OxFe varia, podendo ocorrer desde pigmentos até recobrimento completo do osso. A predominância de espécimes com película de hematita indica oxidação elevada, em consequência de um longo período de exposição e variação do nível freático.

Tabela 4.1.10 – Tabela de Preservação Tafonômica para cada afloramento do LV1/Topo.

Preservação Tafonômica	Afloramentos			Total Espécimes
	Margem Leste	Margem Oeste	Taipa	
Bom	35	3	6	44
Inchado	6	2	2	10
Não Deformado	35	2	4	41
Deformado	6	3	4	13
S/OxFe	1	-	2	3
C/OxFe	40	5	6	51
S/Incrustação Carbonática	1	-	-	1
C/Incrustação Carbonática	40	5	8	53
S/Fratura	15	1	3	19
C/Fratura	26	4	5	35
S/Microfratura	36	4	6	46
C/Microfratura	5	1	2	8

As fraturas estão presentes em 54,81% do material, enquanto que as microfraturas são observadas apenas em 14,81% dos espécimes. As microfraturas quando presentes apresentam-

se no formato de septárias, sendo estas geralmente preenchidas por carbonato de cálcio e algumas vezes por óxido de manganês.

Observa-se que os estados de preservação tafonômica são bastante similares nos dois afloramentos, sendo assim infere-se a ocorrência de processos diagenéticos semelhantes entre as margens leste e oeste.

4.1.1.c Linha Várzea II

Este afloramento apresenta desde espécimes semi-articulados de dicinodontes a ossos isolados de cinodontes, com diferentes estados de preservação tafonômica.

A. Grupos Sistemáticos

No LV2 cinodontes e dicinodontes ocorrem na mesma proporção (Tab. 4.1.11), no entanto o segundo grupo é representado por um esqueleto quase completo de *Dinodontosaurus* adulto, além de material craniano e mandibular de outros espécimes, enquanto que os cinodontes estão representados por fragmentos de crânio, vértebras e ossos de membros.

Tabela 4.1.11 – Tabela de Grupos Sistemáticos do LV2.

Grupo Sistemático	Nº Espécimes
Synapsida indet	-
Cynodontidae	5
Dicynodontidae	5
Archosauria	-
Indeterminado	-
Coprólitos	-
Total p/ afloramento	10

B. Estágio Ontogenético

Ocorre o predomínio de espécimes atribuídos a indivíduos adultos, correspondendo aos espécimes de dicinodontes (Tab. 4.1.12). Dos dez espécimes, cinco correspondem a indivíduos adultos de dicinodontes, dois a indivíduos adultos de cinodontes e três a cinodontes de estágio ontogenético indeterminado.

Tabela 4.1.12 – Estágios Ontogenéticos encontrados no LV2.

Estágio Ontogenético	Nº Espécimes
Juvenil	-
Adulto	7
Indeterminado	3
Total p/ afloramento	10

C. Posição e Classes Tafonômicas

O espécime semi-articulado da tabela 4.1.13 corresponde ao UFSM 11316, que inicialmente foi analisado separadamente (ossos isolados) e só foi agrupado após trabalho de reconstrução feito em laboratório, através de croquis de campo. Trabalho semelhante não pode ser realizado com os demais espécimes do afloramento, devido ao considerável grau de desarticulação e dispersão na matriz sedimentar.

Tabela 4.1.13 – Tabela de Posição Tafonômica e Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994).

Posição Tafonômica	Nº Espécimes
Rolada	2
Desarticulada	7
Semi-articulada	1
Articulada	-
Aglomerado	-
Total	10
Classes Tafonômicas de Holz & Barberena (1994)	
I	-
II	2
III	8
IV	-
Total p/ afloramento	10

Apenas duas Classes Tafonômicas estão presentes (II e III), sendo que a Classe II está representada por dois espécimes de dicinodontes (UFSM 11316 – esqueleto parcialmente completo e articulado e UFSM 11352 – crânio sem mandíbula). A inexistência da Classe IV

pode ser atribuída a um soterramento rápido, embora a baixa taxa de deposição tenha permitido a desarticulação dos esqueletos.

D. Preservação Tafonômica

Os espécimes foram classificados quanto ao estado de preservação em bom e "inchados", presença ausência de: deformação, Óxido de Ferro, incrustação carbonática, fraturas e microfraturas (Tab. 4.1.14).

Tabela 4.1.14 – Tabela de Preservação Tafonômica.

Preservação Tafonômica	Nº Espécimes
Bom	6
Inchado	4
Não Deformado	3
Deformado	7
S/OxFe	-
C/OxFe	10
S/Incrustação Carbonática	-
C/Incrustação Carbonática	10
S/Fratura	3
C/Fratura	7
S/Microfratura	7
C/Microfratura	3

Dos 10 espécimes coletados no LV2, 60% encontram-se em bom estado (não inchados). No entanto, apenas 30% do material não apresenta deformações, as quais são causadas, geralmente, pela intensa pressão exercida pelas camadas durante a fase de soterramento e compactação.

Pigmentos de Óxido de Ferro e incrustação carbonática estão presentes em todos os espécimes. A maioria destes apresenta fraturas (70%), enquanto que apenas 30% possuem microfraturas, no formato de septárias.

4.1.2. Icnofósseis

Os icnofósseis do Sítio Linha Várzea correspondem a coprólitos de animais herbívoros e carnívoros, coletados nos LV1 Base e Topo.

4.1.2.a Coprólitos

O material icnológico está representado por dezesseis coprólitos coletados no LV1, sendo destes, três pertencentes ao afloramento Base/Margem Oeste e treze ao afloramento Topo/Margem Leste (Tab. 4.1.15). Estes apresentam tamanhos e formas variadas tais como pelotas, ovaladas, cilíndrica e massa fecal (conjunto de pelotas fecais unidas pela sua consistência pastosa pós-extrusão), podendo ainda apresentar gretas de contração, caracterizadas por fendas profundas, devido à exposição em superfície seca, sob condições de clima árido (Ribeiro *et al.*, 2003), conforme mostra figura 4.1.2.

Com base nas feições morfológicas foram reconhecidos dois grupos distintos. Coprólitos ovais e de possível consistência pastosa pós-extrusão foram atribuídos a animais herbívoros (dicinodontes e cinodontes gonfodontes), enquanto que as formas cilíndricas e de consistência plástica foram atribuídas a animais carnívoros (arcossauros e cinodontes carnívoros) (Souto, 2001; Ribeiro *et al.*, 2003; Da-Rosa *et al.*, 2004b).

Tabela 4.1.15 – Distribuição dos coprólitos conforme tipo (isolados/massa fecal), tipo de dieta animal e presença/ausência de gretas por afloramento.

	LV1/Base Margem Leste	LV1/Topo Margem Leste	Total Espécimes
Isolados	3	12	15
Massa Fecal	-	1	1
Animais herbívoros	3	8	11
Animais carnívoros	-	5	5
S/ gretas	-	5	2
C/ gretas	3	8	11

De acordo com Farlow (1987 apud Souto, 2001), o padrão digestivo de animais herbívoros de diferentes classes de tetrápodes é caracterizado por um trato grande e longo, que permite uma digestão lenta e maior fermentação. Isso indica que coprólitos de formas ovóides são provenientes de animais com dieta herbívora, como tem sido observado com

predominância de dicinodontes. Por outro lado, estudos comparativos realizados por Halfpenny & Biesiot (1986 apud Souto, 2001), associam os coprólitos de forma cilíndrica a animais de dieta carnívora ou omnívora, com base no comprimento, tamanho, ausência de fendas de contração na estrutura interna e uma forte cimentação por calcita.

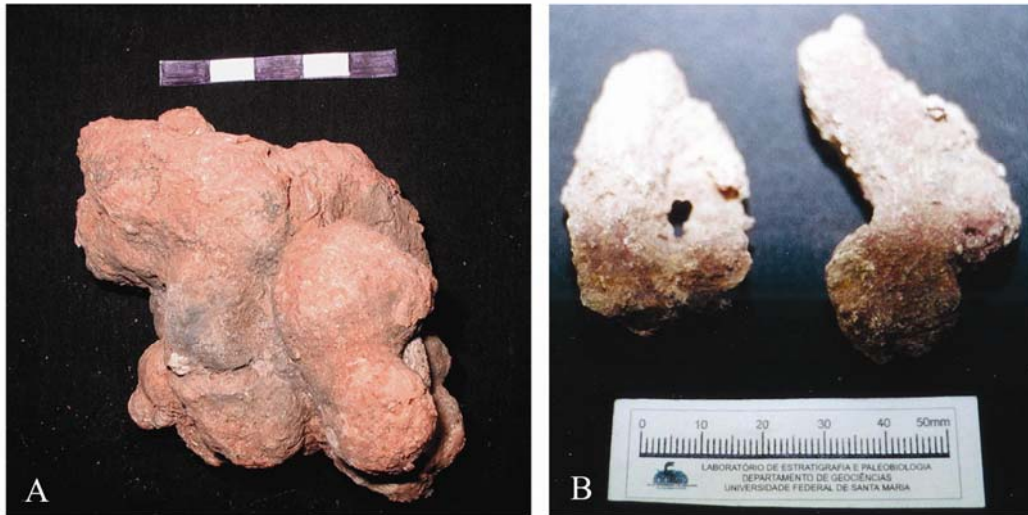


Figura 4.1.2 – Coprólitos. (A) Massa fecal composta por 8 pelotas fecais de animais herbívoros (UFSM 11245). Escala de 1cm; (B) Coprólitos isolados de animais carnívoros. Escala de 50mm.

Segundo Souto (2001), a presença de muitos coprólitos aglomerados e bem preservados indica ausência de remobilização e um aspecto populacional gregário desta biota.

Coprólitos e vertebrados representam diferentes períodos de exposição sub-aérea. Enquanto que vertebrados podem ficar até vários anos expostos, o material fecal resseca em pouco tempo (uma semana). Assim, a abundância relativa destes icnfósseis sugere duas situações: a presença constante de vertebrados na região, e uma taxa de sedimentação rápida o suficiente para levar ao soterramento de grande parte dos dejetos fecais.

4.2. Estados de preservação das peças fósseis

Segundo Da-Rosa (2005), nos depósitos triássicos ocorre uma relação direta entre a presença de paleoalterações e o modo de preservação dos vertebrados fósseis, bem como dos tipos de paleoalterações produzidas com o distanciamento dos canais em direção a planície de inundação. Os vertebrados fósseis apresentam, em seus extremos, boa ou má preservação, condição ocasionada, principalmente, por uma carbonatação progressiva. Estes processos de fossilização podem ser relacionados aos processos de paleoalterações dos vertebrados,

constituindo assim, uma ferramenta indireta para investigação da taxa de sedimentação e de sua variação no pacote sedimentar.

As paleoalterações correspondem a todas as modificações pós-deposicionais ocorridas nos depósitos sedimentares, incluindo a pedogênese, alterações por oscilação do nível freático e a diagênese precoce. Elas podem ser divididas ainda em *paleoalterações pedogênicas*, quando as alterações formadas na profundidade de formação do solo correspondem às porções mais superficiais dos depósitos sedimentares (poucos metros de profundidade), e *paleoalterações freáticas*, que são representadas pelos processos de hidromorfismo e carbonatação, gerados pela oscilação do nível freático.

O Sítio Linha Várzea é caracterizado por paleoalterações pedogênicas (carbonatação pedogênica generalizada), em um nível freático alto, conforme constatado por Da-Rosa (2005).

Observa-se que no LV1/Base ocorre praticamente o mesmo número de espécimes bem preservados em relação aos mal preservados, embora o número de fósseis "inchados" seja maior. Já no LV1/Topo, o predomínio é de espécimes bem preservados, perfazendo mais de 80% do material deste afloramento. No LV2 o número de espécimes bem preservados também é maior, mostrando um padrão de preservação diferente entre os afloramentos, sugerindo diferentes distâncias na planície de inundação (vide item 4.4.3).

O LV1 Base tem a Margem Leste composta por fósseis "inchados", podendo ou não estar deformados. Todos os espécimes apresentam incrustação carbonática, com camada de Óxido de Ferro sobre a mesma quando presente (Fig. 4.2.1). Na Margem Oeste são encontrados fósseis em bom estado, podendo ou não estar deformados. A maioria dos espécimes apresenta incrustação carbonática e película de Óxido de Ferro, que pode estar sob ou sobre incrustação.

A má preservação ("inchamento") de tetrápodes fósseis predomina em locais onde um nível freático progressivamente mais alto e rapidamente oscilante leva à carbonatação dos depósitos e conseqüentemente dos paleovertebrados aí registrados (Da-Rosa, 2005). Sendo assim, podemos reconhecer processos de carbonatação mais avançados na Margem Leste do LV1/Base (predomínio de fósseis "inchados") e menos acentuados na Margem Oeste, onde predominam fósseis bem preservados e recobertos por película de hematita. As duas margens fazem parte de um mesmo nível estratigráfico, porém com carbonatação variando conforme a distância do canal principal (vide item 4.4.3 e figura 4.4.2). Já no LV1/Topo os processos de carbonatação são bem desenvolvidos em ambas as margens, e no LV2 encontramos diferenças no grau de carbonatação.

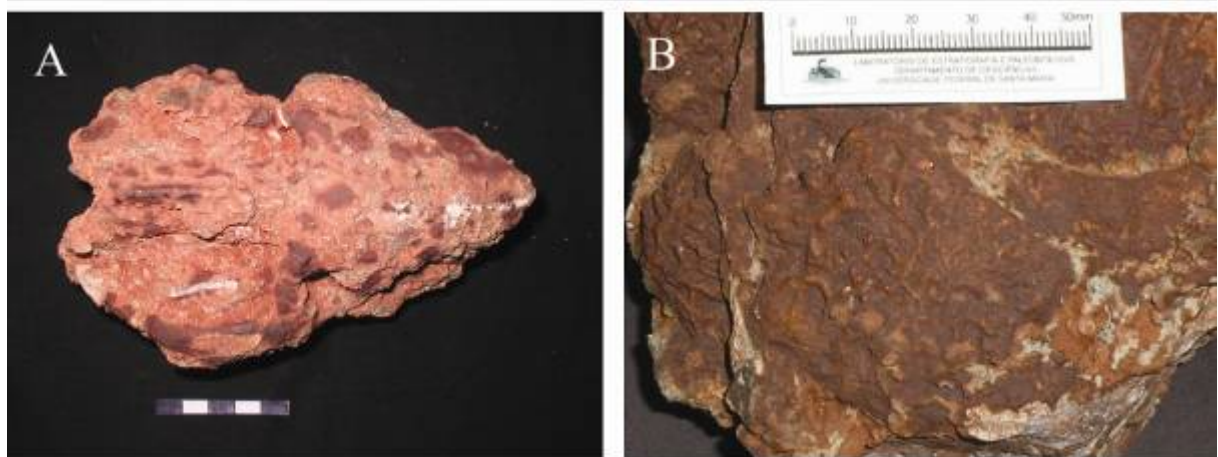


Figura 4.2.1 – Presença de Óxido de Ferro. (A) Crânio de cinodonte (UFSM 11244), em vista dorsal, com pigmentação de Óxido de Ferro sobre Incrustação carbonática. Escala de 1cm; (B) Osteodermas de arcossauro (UFSM11379) com ornamentações na forma de sub-quadrados ornamentados, recobertos por película de hematita. Escala de 50mm.

No LV1/Base - Margem Leste a tafocenose sofreu uma sedimentação lenta, permanecendo tempo suficiente na zona freática para que a calcita precipitasse no interior dos ossos e expandisse a sua superfície externa, conferindo o aspecto “inchado” aos mesmos. A formação da hematita ocorreu em solos mais maduros e por isso aparece sobre a camada de incrustação carbonática. Já na Margem Oeste a deposição sedimentar se deu mais rapidamente e assim os ossos permaneceram tempo insuficiente na zona freática para que a calcita displaciva fosse capaz de expandir a estrutura externa, mantendo assim, o contorno externo e as feições anatômicas inalteradas. A posição da pigmentação ou película de Óxido de Ferro, na forma de hematita em relação a incrustação carbonática varia, podendo estar sob ou sobre esta, o que indica sua formação em diferentes pontos dentro do perfil do solo e em diferentes maturidades.

O LV1 Topo tem a Margem Leste representada por fósseis bem preservados e não deformados em sua grande maioria. A presença de incrustação carbonática e película de Óxido de Ferro são predominantes, sendo a segunda presente, geralmente, em grande quantidade e sob incrustação, como mostra a figura 4.2.2. Na Margem Oeste ocorrem tanto fósseis “inchados” como em bom estado de preservação, bem como deformados e não deformados. A incrustação carbonática presente em todos os espécimes ocorre geralmente sobre o Óxido de Ferro presente na forma de pigmentos ou película de hematita (Fig. 4.2.3), que também está presente em todo o material.



Figura 4.2.2 – LV1 Topo/Margem Leste. (A) UFSM 11248 - Costela de dicinodonte, em vista lateral, com rosetas de calcita fibrosa sobre película de hematita, ambos os processos sugeridos por Da-Rosa (2005); (B) UFSM 11232 – Fragmento de mandíbula de cinodonte, em vista labial apresentando grande quantidade de Óxido de Ferro e pouca incrustação carbonática sobre a película de hematita; (C) UFSM 11299 – Fragmento de mandíbula de cinodonte, em vista labial, com cristais de calcita sobre película de hematita. Escala 5 cm.



Figura 4.2.3 – LV1 Topo/Margem Oeste – Crânio de cinodonte (UFSM 11231), em vista dorso-lateral, recoberto por película de hematita sob moderada incrustação carbonática. Escala 5 cm.

Na Margem Leste do LV1/Topo, os fósseis bem preservados indicam uma alta taxa de deposição e, conseqüentemente, uma breve passagem pela zona freática. A formação de

incrustação foi precoce em relação à formação do Óxido de Ferro e deve ter acontecido em níveis rasos do solo, durante uma fase úmida, seguida por um período árido, que permitiu a formação de grande quantidade de hematita sobre a crosta carbonática. Neste afloramento, temos o aparecimento, mesmo que pouco significativo, de fósseis com microfraturas no formato de septárias, presentes na forma de fendas radiais, que ocorrem mais comumente em nódulos carbonáticos (Da-Rosa, 2005), através de diversas fases de dissolução e reprecipitação de cimento silicoso, em associação com a alternância entre períodos úmidos e secos (Da Silva & Menegotto, 2002).

Na Margem Oeste do LV1/Topo, a deposição é moderada, permitindo a ocorrência tanto de fósseis bem preservados quanto "inchados". A formação da hematita anteriormente a incrustação carbonática indica que estes processos ocorreram em solos hidromórficos e de moderada maturidade (Da-Rosa, 2005), ou seja, numa porção intermediária da planície de inundação em relação ao canal principal, onde a deposição é menos intensa do que na região proximal.

O LV2 apresenta fósseis predominantemente em bom estado de preservação, porém com deformações. A incrustação carbonática e o óxido de ferro estão presentes em todos os espécimes. No espécime UFSM 11316 em particular, óxido de ferro está presente na forma de pigmentos (Fig.4.2.4.a) podendo variar em quantidade nos demais exemplares deste mesmo afloramento (Fig. 4.2.4).

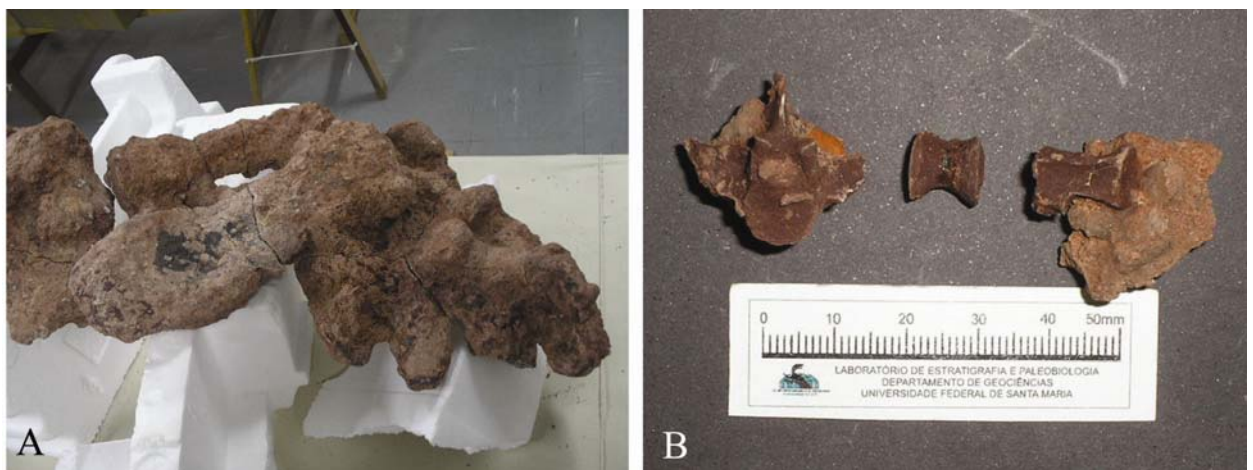


Figura 4.2.4 – Variação na quantidade de Óxido de Ferro nos espécimes do LV2. (A) UFSM 11316 (membro anterior direito retorcido), na forma de pigmentos; (B) UFSM 11395 - Película de hematita recobrendo vértebra e centros vertebrais de cinodonte.

Os fósseis aí encontrados apresentam diferentes períodos de exposição subaérea, além de diferenças nos processos pós-deposicionais, uma vez que as condições de preservação são bastante variáveis entre os espécimes. Os ossos “inchados” como no caso do UFSM 11316, embora tenham sido rapidamente soterrados, permaneceram um tempo relativamente curto na interfície água/sedimento, passando por uma sedimentação lenta, que resultou numa maior permanência na zona freática e conseqüentemente o seu “inchamento” e maior incrustação carbonática, enquanto que os bem preservados permaneceram menos tempo neste mesmo nível. A variação na intensidade dos processos de preservação pode ocorrer tanto lateralmente, com o distanciamento do canal, quanto verticalmente, pelas mudanças de fácies (migração ou avulsão). A variação lateral na quantidade de óxido de ferro pode ser atribuída ao posicionamento da tafocenose dentro do pacote sedimentar durante a estação árida e sua relativa exposição aos fatores oxidantes. Porções mais próximas ao canal, com maior taxa de sedimentação, terão um tempo menor de exposição e formação de óxido de ferro. Porções mais afastadas apresentam uma baixa taxa de sedimentação, com o nível freático alto ou oscilante, maior exposição e conseqüente formação de óxido de ferro e carbonatação.

Percebe-se que as formas de preservação do pacote sedimentar como um todo, não estão claramente relacionadas ao tipo de classe tafonômica correspondente, visto que alguns fósseis desarticulados e até mesmo fraturados possuem boa preservação, enquanto que fósseis atribuídos a classes tafonômicas de menor tempo de exposição (crânios e segmentos articulados) estão representados por espécimes com boa ou má preservação. A presença de uma película de Óxido de Ferro, de coloração arroxeada (hematita), normalmente, pode ser associada à pedogênese. Sendo assim, é visível que o modo de preservação está intimamente associado ao histórico pós-soterramento e pouco aos processos de desarticulação óssea e/ou concentração hidrodinâmica, como constatado anteriormente por Da-Rosa *et al.* (2005).

Observando as duas formas preferenciais de preservação dos vertebrados fósseis do Sítio Linha Várzea, percebe-se que há uma clara tendência de má preservação relacionada a processos de carbonatação mais intensos. Por outro lado, fósseis bem preservados estão relacionados a uma carbonatação incipiente, associada a um nível freático baixo ou a uma rápida oscilação do mesmo, sem tempo suficiente para maior carbonatação do conteúdo fossilífero, conforme apontado por Da-Rosa (2005) e, também, à presença de película de hematita.

Os dados tafonômicos analisados confirmam a hipótese sugerida por Da-Rosa *et al.* (2005), que relaciona a preservação dos vertebrados fósseis com a taxa de sedimentação na planície de inundação triássica, registrada no Sítio Linha Várzea.

4.3. Reconstrução pós-morte/pré-soterramento de um dicinodonte do Sítio Linha Várzea II

Um fóssil de dicinodonte parcialmente articulado, porém moderadamente carbonatado, chamou a atenção desde sua coleta, indicando a necessidade de estudos mais detalhados quanto a sua preservação pós-morte e pré-soterramento. Assim, foi realizada uma tentativa de reconstrução do esqueleto em laboratório.

O espécime UFSM 11316 é composto por: crânio colapsado, com região rostral e occipital preservadas, membros anteriores (escápula, rádio e ulna, patas com todos os cinco dígitos) articulados em posição sob o crânio, coracóide e pré-coracóide articulados, 7 vértebras completas ou parciais (+ 6 centros vertebrais e 7 espinhos neurais isolados), costelas (cervicais, torácicas e lombares), cintura pélvica e cauda completa e articulada, fêmur e tíbia isolados (Martinelli *et al.*, 2006). Um esquema representando os ossos que compõem o UFSM 11316 é apresentado nas figuras 4.3.1 A e B.

Disposição do Fóssil no Afloramento:

Um trabalho de reconstrução desse animal foi realizado no Laboratório de Estratigrafia e Paleobiologia da UFSM e teve como objetivos: determinar o grau de articulação do espécime, e inferir o tempo de exposição pré-soterramento. O espécime foi remontado na posição de preservação em campo, com base nas anotações feitas durante a coleta, conforme mostram as figuras 4.3.2 e 4.3.3.

- Crânio: apresenta-se colapsado, com mandíbula articulada e levemente fora de posição (desalinhada para a esquerda), região rostral e occipital preservadas; os esquamossais estão presentes, porém apresentam deformações.
- Cintura escapular direita: composta pela escápula, projetada anteroposteriormente e articulada ao que parece ser a interclavícula (fora de posição). O pré-coracóide foi encontrado no aglomerado que também contém um dos pés (vide fig. 4.3.3.).
- Membro anterior direito: a porção distal (rádio, ulna e mão) encontra-se invertida apresentando uma torção de 180° em relação à posição original. O úmero está justaposto à interclavícula na região proximal e ao rádio e a ulna (levemente torcida, com o olécrano projetado dorsalmente) na distal, os quais encontram-se articulados à mão que preserva os cinco dígitos.
- Membro anterior esquerdo: úmero projetado anteroposteriormente e articulado a rádio e ulna, ambos em posição e articulados à mão, com os cinco dígitos preservados.

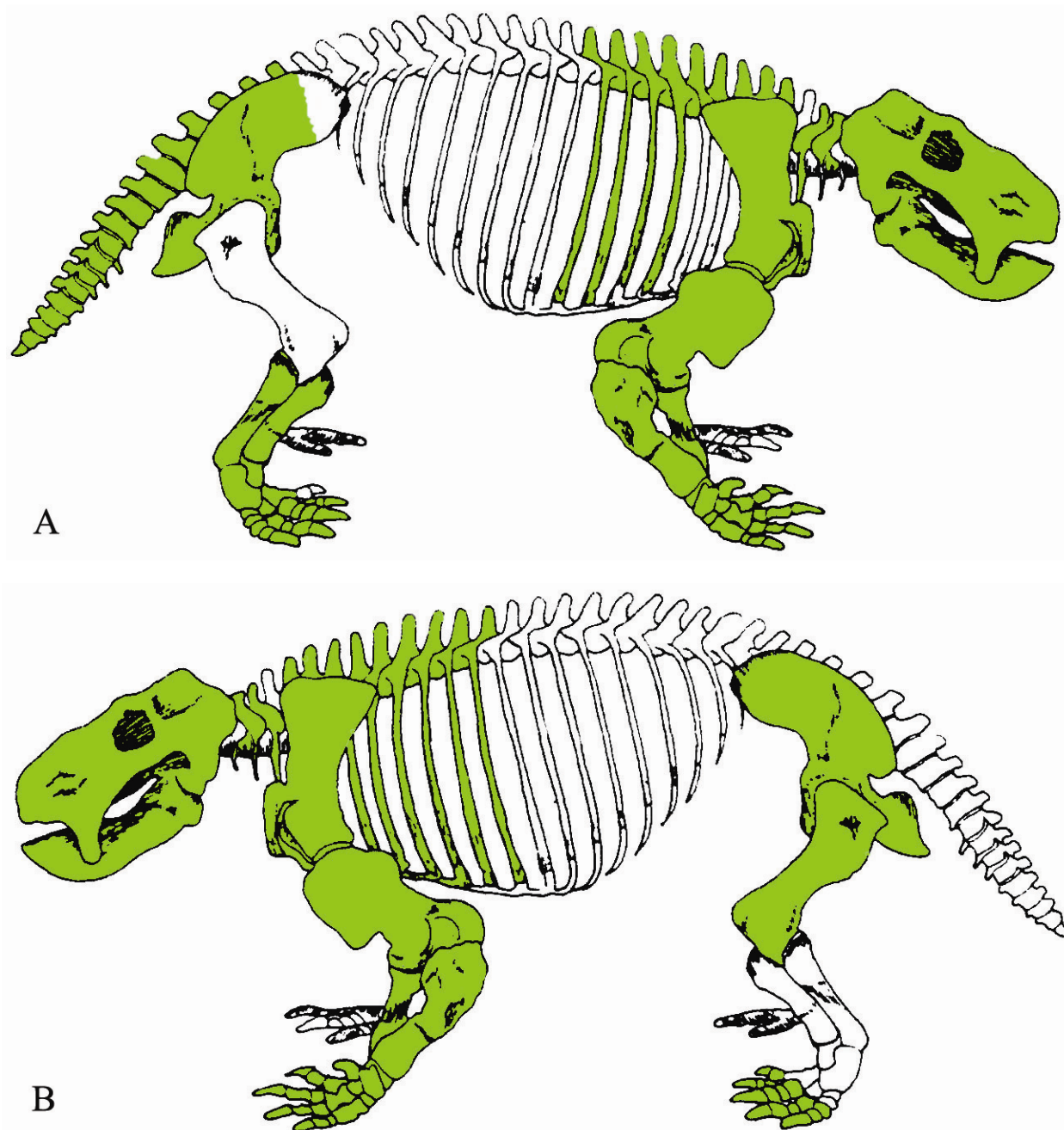


Figura 4.3.1 – Desenho esquemático de *Dinodontosaurus*, representando em verde os ossos que compõem o espécime UFSM 11316, em vista lateral direita (A); em vista lateral esquerda (B).



Figura 4.3.2 – Etapas da reconstrução do UFSM 11316. (A) Vista geral de ossos isolados e/ou fragmentados; (B) crânio; (C) parte da cintura pélvica; (D) cintura pélvica completa; (E) membro anterior esquerdo; crânio e membro anterior direito. Escala na figura 4.3.2.A.

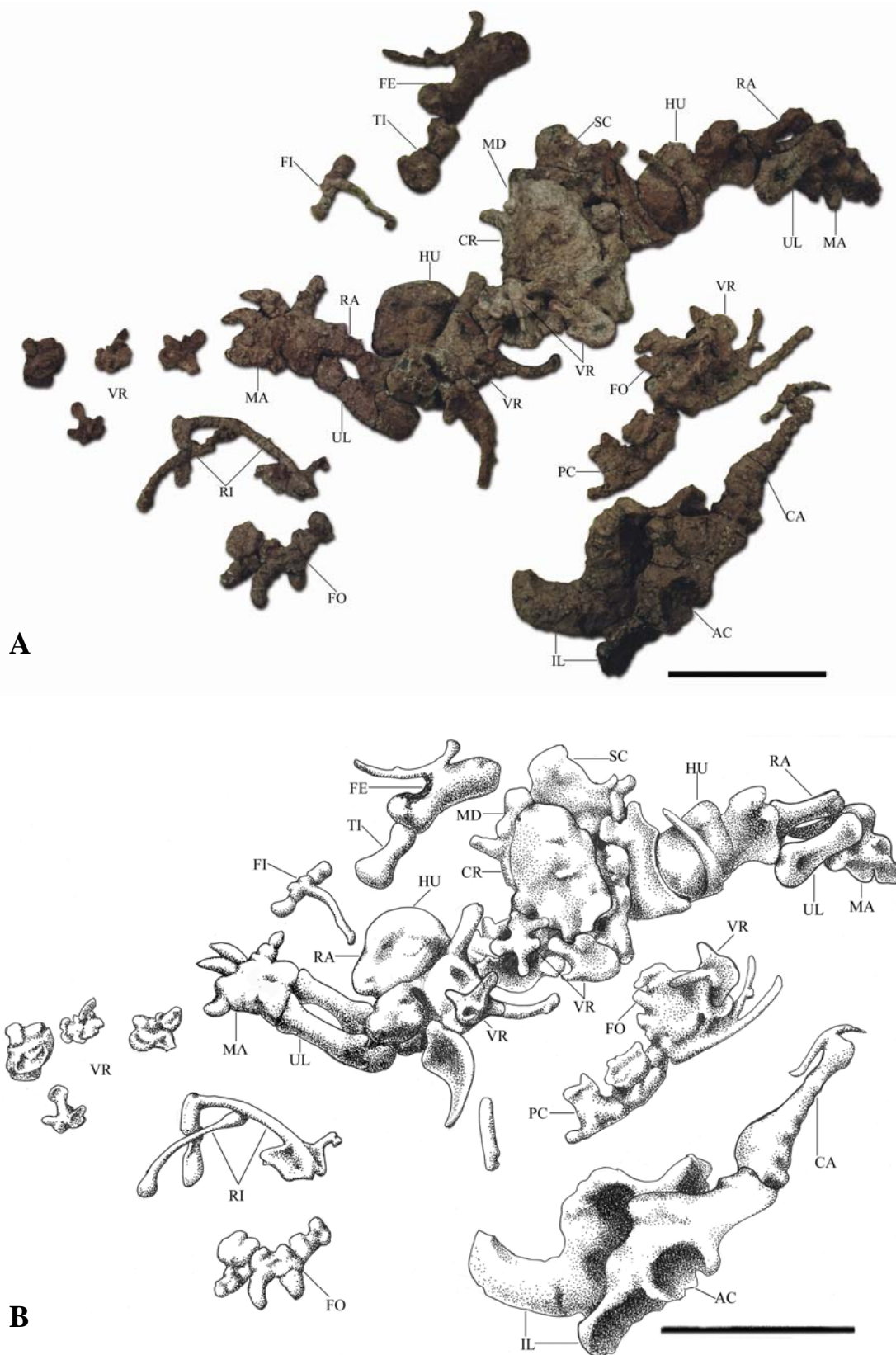


Figura 4.3.3 – Reconstrução do UFSM 11316 com base em anotações de campo; (A) fotografia; (B) desenho esquemático. AC, acetábulo; CA, cauda; CR, crânio; FE, fêmur; FI, fibula; FO, pé; HU, úmero; IL, ílio; MA, mão; MD, mandíbula; PC, pré-coracóide; RA, rádio; RI, costela; SC, escápula; TI, tibia; UL, ulna; VR, vértebra. Escala 50cm.

- Região torácica e abdominal: representada por vértebras (7 completas ou parcialmente completas, 6 centros vertebrais e 7 espinhos neurais) e costelas inteiras e fragmentadas (3 cervicais + antero-dorsais e postero dorsais).
- As costelas cervicais são bastante curtas e comprimidas antero-posteriormente. As costelas truncais anteriores apresentam uma incisão bem marcada entre o tubérculo e o capítulo, e a superfície articular do tubérculo é mais alargada. Em seção transversal, a porção anterior mediana tem forma oval e a costela torna-se mais grossa na extremidade distal. As costelas truncais posteriores por outro lado, apresentam uma cabeça simples e são comprimidas antero-posteriormente na região proximal, enquanto que na região mediada tornam-se mais arredondadas (Vega-Dias & Schultz, 2004).
- Cintura pélvica: completa (ílio, ísquio, púbis, vértebras sacrais) e articulada a cauda.
- Membros posteriores: representados por fêmur, tíbia e fíbula diretos isolados e fora de posição (distribuídos anteriormente ao crânio), além de um dos pés bastante deformado.

A disposição dos ossos na matriz sedimentar, juntamente com o elevado grau de articulação do esqueleto, principalmente da porção anterior (crânio e membros) e a ausência de curvatura cervical característica de carcaças que sofrem ressecamento por exposição aérea prolongada, leva a crer em um soterramento rápido. O animal permaneceu exposto por tempo reduzido, entre uma semana e um mês, apresentando parte dos tecidos e ligamentos preservados no momento do soterramento (Estágio 0 ou 1 de Behrensmeyer, 1978). Por outro lado, as diferenças no grau de articulação e posicionamento dos ossos (parte anterior articulada, e posterior desarticulada e fora de posição) indicam um processo de movimentação da carcaça pela possível ação de predadores e/ou necrófagos, os quais teriam destroçado a região visceral, bem como os membros posteriores, levando à perda do membro posterior esquerdo.

Haynes (1982) observou que carcaças predadas por lobos, quando levemente consumidas por eles, costumam apresentar a cabeça articulada ao pescoço, sem maiores danificações e apenas uma das pernas destacada do corpo, podendo ainda ser levada para fora do sítio de morte e, conseqüentemente, perdida. É bem possível que o espécime UFSM 11316 tenha sofrido um ataque de predadores, semelhante ao observado por Haynes em faunas atuais.

Nos ecossistemas modernos, a decomposição e a presença de aves carniceiras, bem como de alguns mamíferos, podem facilmente eliminar qualquer evidência de carnivoría em poucas horas, principalmente em locais de clima quente (Oliveira & Cavalcanti, 2002), sendo

esta observação, provavelmente, também aplicável ao Triássico. Para este cenário mesozóico, teríamos os arcossauros como os principais predadores, ficando no topo da cadeia alimentar, seguidos pelos cinodontes carnívoros, que poderiam atacar em bando, num comportamento semelhante ao dos lobos, podendo ainda atuar como agentes necrófagos.

Segundo Oliveira & Cavalcanti (2002), previamente à identificação do predador, faz-se necessária a verificação de evidências de um ataque. Portanto, é importante investigar se o animal foi de fato atacado por um predador ou se serviu simplesmente de alimento ao mesmo após sua morte, o que no caso de fósseis nem sempre é possível, devido à perda de informações. Animais que morrem por outras causas que não predação, normalmente caem de lado ou sobre o peito, com as patas geralmente dobradas sob eles, como parece ser o caso do dicinodonte estudado. Já animais que foram atacados por predadores, raramente são encontrados em uma posição "natural" como as citadas acima. Além disso, animais carniceiros podem remover e virar uma carcaça enquanto se alimentam, o que poderia explicar a disposição do UFSM 11316 e a ausência de um dos membros posteriores, que junto a região visceral, são considerados os principais locais do animal a serem consumidos. Predadores frequentemente se alimentam de carniça e podem "roubar" a presa de outros carnívoros. Sendo assim, várias espécies ou até mesmo vários indivíduos de uma mesma espécie podem se alimentar de uma única carcaça.

As evidências encontradas sugerem que este *Dinodontosaurus* sofreu um ataque em bando, atribuído a cinodontes carnívoros, provavelmente necrófagos, que num comportamento semelhante ao de lobos, poderiam puxar e destroçar os membros do animal. Isso justificaria a disposição dos membros anteriores (ossos deslocados e membro direito com rotação de 180°), embora a grossa camada de incrustação não permita averiguar marcas de dentes e/ou garras, evidências importantes na determinação de predação e/ou necrofagia.

Não há indícios de que a carcaça tenha sofrido transporte, uma vez que isso implicaria num aspecto caótico de fossilização, com membros retorcidos e entrelaçados, refletindo a posição de encalhe e o posterior rearranjo da carcaça por correntes de fundo (Carcaças d'água ou Carcaças flutuantes) (Holz & Simões, 2002) e a presença de deformações em grande parte do esqueleto pode ser atribuída ao peso e compactação das camadas.

4.4. Estudo qualitativo das formas de preservação

Todos os afloramentos aqui analisados apresentam uma concentração fossilífera claramente politípica, representada por fósseis de dicinodontes, cinodontes e arcossauros. Os espécimes não apresentam um padrão de distribuição por grupo taxonômico nos depósitos

maciços, embora, no LV1/Topo – Margem E, ocorra um agrupamento de material pós-craniano de cinodontes no nível basal. Com relação aos táxons encontrados, registra-se um marcado predomínio de sinápsidas, sobre tudo de dicinodontes para o LV1/Base e cinodontes para o LV1/Topo. No LV2 o número de espécimes atribuídos aos dois grupos é praticamente equivalente. O material disponível impossibilita, contudo, a diferenciação entre cinodontes herbívoros e carnívoros.

4.4.1. Avaliação dos estágios iniciais pós-morte

Analisando o conjunto de fósseis disponíveis para cada afloramento, percebe-se, no que diz respeito a classes de idade, um predomínio de indivíduos adultos para o LV1/Base e LV1/Topo, embora ocorram também indivíduos juvenis e, possivelmente, senis para os mesmos afloramentos. Devido à intensa incrustação carbonática apresentada pela maioria dos espécimes e o estado de preservação de alguns exemplares, a determinação de estágios ontogenéticos intermediários, bem como mais avançados, não foi possível. No LV2 ocorrem apenas indivíduos adultos.

A ocorrência simultânea de indivíduos jovens e adultos numa mesma tafocenose nos afloramentos LV1/Base e LV1/Topo, nos levaria a considerar, *a priori*, o registro de eventos de morte não-seletiva ou catastrófica nestes níveis. No entanto, os fósseis coletados nestes afloramentos apresentam-se distribuídos pelas quatro classes tafonômicas propostas por Holz & Barberena (1994), indicando que existiram diferentes períodos de exposição pré-soterramento entre eles, de onde se conclui que os animais morreram em tempos distintos entre si e apenas foram soterrados em um mesmo momento, configurando um padrão de morte *atricional*.

No LV2, o pequeno número de espécimes dificulta a determinação da *causa-mortis* desses indivíduos, mas a presença de um exemplar, cuja morte é atribuída, muito provavelmente, a predação/necrofagia, sugere uma possível morte seletiva também para os demais espécimes deste afloramento, já que não há maiores indícios de morte não-seletiva.

O percentual elevado de material desarticulado indica uma necrólise rápida dos tecidos ou uma exposição subaérea considerável. Se o soterramento da carcaça ocorrer antes da necrólise total dos tecidos, como no caso do UFSM 11316, o esqueleto será preservado praticamente inteiro e articulado, caso contrário, o organismo fica sujeito a processos bióticos e abióticos, que iniciam a desarticulação do esqueleto (Behrensmeyer, 1991; Holz & Simões, 2002), padrão encontrado no LV1, tanto na Base quanto no Topo.

A maioria do registro paleontológico do Triássico do Rio Grande do Sul apresenta algum tipo de modificação, seja ela bioestratinômica, incluindo a ação de predadores/necrófagos (Holz & Barberena, 1994; Holz & Souto-Ribeiro, 2000), ou diagenética, com o "inchamento" dos ossos (expansão óssea) e recimentação (Holz & Schultz, 1998).

Depois da morte, os esqueletos de vertebrados tendem a interagir com os processos físicos químicos e biológicos que ocorrem nas proximidades da superfície do solo. O transporte é um importante processo que pode afetar ossos anteriormente a fossilização, sendo que os mecanismos físicos e biológicos deste podem alterar a posição das associações da tanatocenose, por carregarem os ossos para fora do ambiente original e misturar táxons de diferentes *habitats* e períodos (Behrensmeyer, 1990).

Tafocenoses compostas por ossos desarticulados e fragmentados, encontradas em planícies de inundação podem ser resultantes de transporte seletivo pela água (Holz & Barberena, 1994) ou fatores biogênicos (Bertoni-Machado, 2006). Holz & Barberena (1994) citam, especificamente em relação à Fm. Santa Maria, que existem, em determinados casos, algumas evidências de transporte hidráulico, embora este seja pouco significativo como fator desarticulador das carcaças em geral.

Os processos físicos incluem transporte por correntes de água, ação de ondas e da gravidade, enquanto que os biológicos são representados por ações de predadores e necrófagos (Behrensmeyer, 1990).

Através da análise das classes tafonômicas presentes, foi possível reconhecer uma mistura de elementos de diferentes grupos de transportabilidade nos afloramentos, os chamados *Grupos de Voorhies*. Nota-se, ainda, um predomínio de elementos cranianos (crânio de cinodonte completo com mandíbula associada; crânio de *Dinodontosaurus* sem mandíbula; fragmento de ossos de crânio de dicinodonte e ramo mandibular de cinodonte) na margem leste do LV1/Base. Estes elementos são mais pesados e de menor transportabilidade, e são comumente encontrados em depósitos residuais. Smith (1993) atribui depósitos residuais compostos de crânios, principalmente à ação de carnivorina, quando não há evidências de transporte aquoso, como no presente caso.

Segundo Behrensmeyer (1991), crânios e mandíbulas são ossos de valor nutricional relativamente baixo e, por tanto, são usualmente descartados pelo predador, acumulando assim, esses ossos na planície de inundação.

A margem oeste também não apresenta indícios de seleção hidráulica aparente, uma vez que estão presentes restos ósseos atribuídos a todos os *Grupos de Voorhies*, como

fragmentos de ossos de crânio e membros, vértebras e dentes (dente com serrilha de arcossauro e presa de *Dinodontosaurus*), além de coprólitos.

Em sítios de morte, quando as carcaças são finalmente abandonadas por seus predadores, frequentemente uma das pernas é perdida pela área do sítio. O crânio e a mandíbula usualmente sobram, bem como as partes inferiores das pernas ou até mesmo membros completos. Falanges, metapodiais e dentes também podem ser considerados característicos desses sítios (Smith, 1993).

Os materiais coletados no LV1/Topo, embora bastante desarticulados, em geral, não denotam seleção por tamanho ou volume, exceto por uma pequena concentração de pequenos ossos atribuídos a cinodontes na margem leste, composta de um crânio de tamanho bastante reduzido (UFSM 11300), além de ossos de membros fragmentados e vértebras.

No LV2 não existe um padrão de seleção ou distribuição dos ossos. No entanto, há um significativo número de elementos cranianos, além de um dicinodonte com grande parte do esqueleto preservado articulado (semi-articulado – UFSM 11316).

Embora ocorram concentrações fossilíferas típicas de seleção por transporte hidráulico em alguns pontos do sítio, semelhantes a depósitos residuais para o LV1/Base – Margem Leste e composta por elementos mais facilmente transportados para o LV1/Topo – Margem Leste, não há evidências sedimentológicas (arenitos estratificados e/ou informações sobre sentido de paleocorrente) no local de soterramento que indiquem transporte aquoso, nem tafonômicas (sinais de desgaste e abrasão) de possível identificação, devido à presença de uma camada de incrustação carbonática. A disposição dos ossos, sem uma orientação preferencial na matriz sedimentar, observada em todos os afloramentos, corrobora essa hipótese, já que não é possível identificar um fluxo aquoso unidirecional.

Em acumulações multiespecíficas atricionais (não catastróficas) como a do LV, a proporção de juvenis e adultos dentro de um particular tamanho corporal ou agrupamento taxonômico tem sido usada como uma evidência de atividade predatória (Behrensmeyer, 1991). Aquela autora considera ainda que elementos robustos de animais maiores resistem mais facilmente a processos de destruição precoce, resultantes de carnivorina, pisoteio e intemperismo, enquanto que ossos pequenos apresentam soterramento mais provável, sendo desse modo, protegidos dos agentes de destruição precoce.

Outro fator que corrobora a hipótese de concentração biogênica por ação de predadores/necrófagos é a presença de coprólitos, que segundo Behrensmeyer (1991), também são característicos de áreas com intensa atividade predatória.

Rogers & Broughton (2001) definiram três agentes hipotéticos de seleção biogênica em restos ósseos, com base na dificuldade de desarticulação e transporte de partes selecionadas: (1) não-seletivo - o “caçador” geralmente transporta o animal inteiro; (2) seletivo – o “caçador” geralmente descarta partes de baixo aproveitamento antes de transportar as carcaças; (3) mais seletivo – o “caçador” transporta, usualmente, apenas as partes de maior utilização (valor nutricional).

A tafocenose do Sítio Linha Várzea parece ser uma acumulação do tipo seletiva, visto a presença de ossos de menor valor nutricional, tais como crânios, mandíbulas, dentes e elementos vertebrais, que são também elementos preferencialmente preservados (Bertoni-Machado & Holz, 2006), bem como de ossos de membros “desperdiçados”.

A interação dos dados tafonômicos aponta um tendenciamento para essas fácies, causado por concentração biogênica, resultante de ação predatória/necrofágica.

4.4.2. Avaliação dos estágios de exposição prolongada (pré-soterramento)

Para Behrensmeyer (1978), o grau de desarticulação de um esqueleto fossilizado, pode estar relacionado ao tempo de exposição pré-soterramento. Holz & Simões (2002) argumentam que fatores adicionais, como *trampling* e a ação de necrófagos, também podem contribuir para a desarticulação esquelética. Os necrófagos tendem a espalhar a carcaça e têm preferência por membros posteriores, em especial a região da coxa (Voorhies, 1969). O *trampling* apresenta um efeito similar, espalhando e fragmentando os ossos (Holz & Simões, 2002). Eventos de morte por predação, bem como o transporte hidráulico, também são apontados como responsáveis por um grau elevado de dispersão das carcaças ou ossos (Behrensmeyer, 1991).

A carnivoría é apontada por Smith (1993) como principal fator na desarticulação progressiva dos esqueletos, refletindo amplamente o “tempo de residência” que as carcaças permaneceram expostas na superfície da planície de inundação, antes de iniciar o soterramento.

A presença de incrustação carbonática nos espécimes dificulta a determinação da presença de predação e/ou necrofagia no LV1/Base e LV1/Topo, pois inviabiliza a verificação de marcas de dentes ou garras nos ossos fossilizados. No LV2, embora o mesmo tipo de análise não tenha sido possível, a análise tafonômica apresenta outras características que indicam a ação de predadores e/ou necrófagos sobre a carcaça do UFSM 11316 (espécime semi-articulado), como ossos fora de posição e a ausência de alguns ossos dos membros posteriores, bem como da região visceral.

O *trampling* pode ser descartado como fator principal de fragmentação nos três afloramentos, pois ossos de animais recém mortos, possuem grande elasticidade, quebrando apenas sob grande pressão e produzem superfícies irregulares de fraturamento, diferente dos ossos encontrados no LV, que apresentam superfícies de fraturamento mais planas, como ocorre em ossos fossilizados ou pré-fossilizados, que não exibem mais a mesma flexibilidade, devido à mineralização da estrutura interna (Holz & Simões, 2002).

Sendo assim, as fraturas ocorridas nos elementos ósseos do LV podem ser atribuídas, principalmente, a processos diagenéticos e ao peso da compactação das camadas durante o processo de subsidência, que podem levar também a modificações morfológicas (Holz & Simões, 2002), como as encontradas nas concentrações aqui estudadas.

Um elevado tempo de exposição das carcaças na planície de inundação antes do soterramento e a carnivoría podem ser apontados como os principais fatores de desarticulação esquelética dos espécimes do LV, exceto pelos elementos mais inteiros que sofreram um rápido soterramento.

A abundância de coprólitos associados a elementos articulados e sem evidências de grandes alterações diagenéticas encontradas em alguns pontos do LV1, sugere um ambiente com pouco retrabalhamento (Da-Rosa *et al.*, 2005). Devido à gênese deste depósito sedimentar estar associada a canais anastomosados, o “*time-averaging*” pode ser considerado pouco significativo (Barberena *et al.*, 2002), embora esteja presente em todos os afloramentos.

4.4.3. Reconhecimento de tempo de exposição vs. taxa de soterramento

A preservação de vertebrados fósseis nas planícies de inundação triássicas parece estar ligada a dois controles principais (Da-Rosa, 2005): à taxa de sedimentação e ao grau de exposição. Uma taxa de sedimentação alta controla um grau de preservação elevado; por outro lado, uma baixa taxa de sedimentação está relacionada a um baixo grau de preservação. Quanto à exposição, esta promove a desarticulação das carcaças, enquanto que um soterramento rápido permite a manutenção de conexões anatômicas, quando anterior à decomposição de tecidos e ligamentos.

Em ambientes de planície de inundação, é coerente pensar que os episódios sedimentares mais comuns são aqueles relacionados a períodos de intensa pluviosidade, geradores das inundações, que são responsáveis pela manutenção da vida e evolução do sistema fluvial. Porém, como explicitado anteriormente, apenas os eventos episódicos de inundação (e assim mesmo, apenas nas imediações dos canais) apresentam energia suficiente

para movimentação de carcaças, ou mesmo sedimentação em toda a planície aluvial. Como os eventos de maior inundação ocorrem na ordem de dezenas, centenas ou milhares de anos, resulta que a planície de inundação fica sujeita, respectivamente, a uma taxa de sedimentação alta, média ou baixa, dependendo das respectivas distâncias em relação aos canais fluviais.

O soterramento de carcaças de vertebrados inicia a passagem das mesmas pela chamada "zona pedogenética", referente aos primeiros metros de solo, onde atuam os processos de alteração dos sedimentos e conseqüentemente dos fósseis. Quando as alterações do nível freático são igualmente levadas em consideração, a espessura deste nível pode chegar a vários metros. Portanto, uma taxa de sedimentação baixa poderia ser inferida a partir de evidências de que uma carcaça manteve-se nesta zona pedogenética por um longo tempo, sem nenhuma relação com seu tempo de exposição sub-aérea.

Como as escalas de tempo envolvido são diferentes, não se deve associar, necessariamente, a taxa de sedimentação de uma área com o grau de exposição sub-aérea. Assim, carcaças com longo período de exposição podem ser rapidamente soterradas, por uma ou mais inundações. Por outro lado, vertebrados inteiros e articulados, com pouca exposição, podem receber intensa carbonatação, em uma área com baixa taxa de sedimentação e grande variação do nível freático.

Em suma, além das informações paleobiológicas que cada vertebrado fóssil carrega em si, um histórico das condições de sedimentação (tempo de exposição, taxa de sedimentação e velocidade de soterramento) pode ser igualmente disponibilizado, mediante o estudo qualitativo e quantitativo aqui realizado.

Em condições normais do dia-a-dia, o tempo levado para soterrar um esqueleto completamente ou apenas parte dele está relacionado ao tamanho do mesmo e a eventos locais de sedimentação episódica. A taxa média de acreção irá aumentar ou diminuir conforme a distância do canal principal. Entretanto, áreas de planície de inundação proximal, que são afetadas pela avulsão do canal principal, têm taxas de acreção significativamente mais altas (Smith, 1993) (Fig. 4.4.1). Como a taxa de sedimentação decresce com a distância da margem do canal, também é esperado um decréscimo na quantidade de fósseis nessa direção (Barberena *et al.*, 2002).

Smith (1993) observou que fósseis de terápsidas permianos, eram muito mais abundantes nas fácies proximais ao canal principal e apresentavam tanto boa quanto má preservação, enquanto que o estrato intermediário entre as fácies proximal e distal era o mais fossilífero, e a fácies distal apresentava um registro escasso e uma preservação relativamente pobre dos mesmos, compreendendo principalmente, elementos individuais e desarticulados.

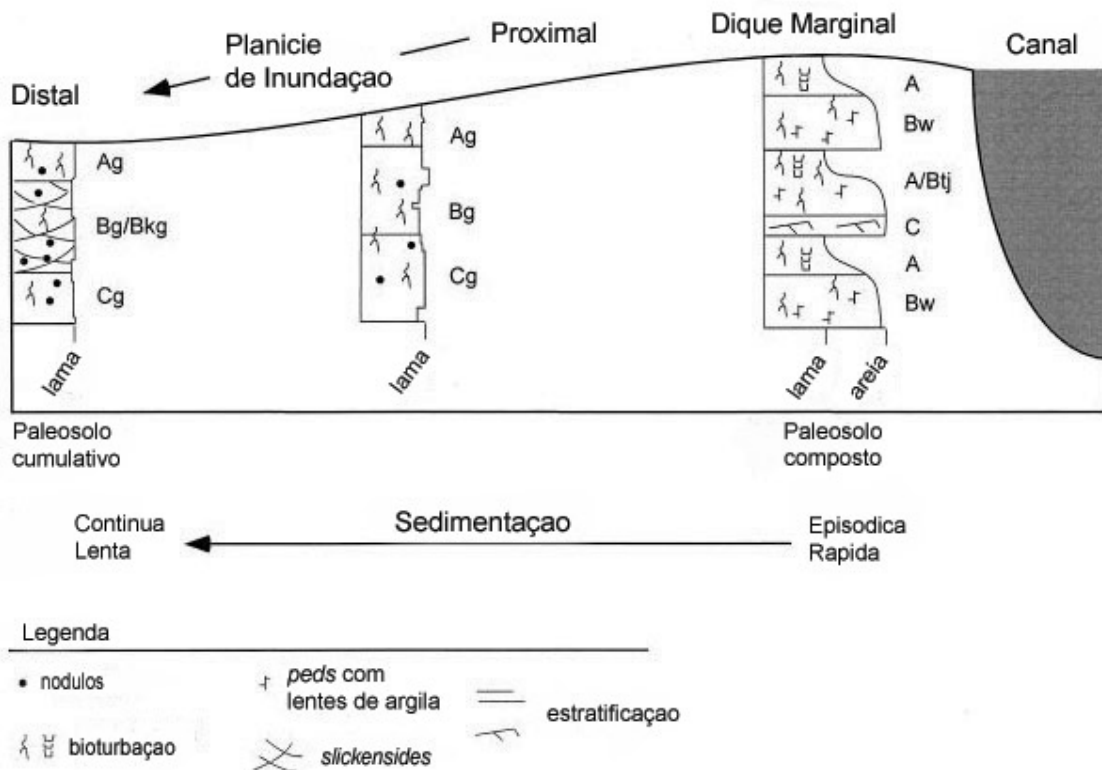


Figura 4.4.1 – Diagrama esquemático mostrando as relações entre as pedofácies, progressivamente mais distantes dos canais principais em direção à planície de inundação (modificado de Kraus, 1999).

Fácies proximais ao canal principal apresentam menores períodos de exposição sub-aérea e variações bruscas do nível freático, levando conseqüentemente, a fósseis mais bem preservados. Por outro lado, fácies distais registram períodos de exposição mais elevados e variações mais significativas do nível freático, levando a processos mais avançados de paleoalterações e carbonatações e assim, a fósseis mal preservados (Da-Rosa, 2004a), conforme mostra a figura 4.4.2. Fósseis alterados são relativamente mais comuns em áreas de planície de inundação distal, e ossos não-alterados estão geralmente associados a margens de canal e depósitos de planície de inundação proximal (Smith, 1993).

Em relação à taxa de sedimentação, a sucessiva cobertura da planície de inundação por novos sedimentos promove uma modificação rápida do nível freático, que assim não permanece no mesmo nível dos ossos por tempo suficiente para acarretar sua destruição, levando apenas a uma leve carbonatação. Por outro lado, baixas taxas de sedimentação permitem níveis freáticos mais estabilizados, promovendo ampla carbonatação, “inchamento” e destruição dos ossos (Da-Rosa, 2005).

A baixa periodicidade de grandes enchentes, capazes de soterrar a tafocenose, dispõe tempo para que os esqueletos, que ficaram expostos na planície de inundação proximal sejam

completamente desarticulados e alcancem estágios avançados de alterações (Smith, 1993). O pisoteio pode ser um importante agente tafonômico de desarticulação e enterramento dos ossos nesta fácies (Behrensmeyer *et al.*, 1986 apud Smith, 1993).

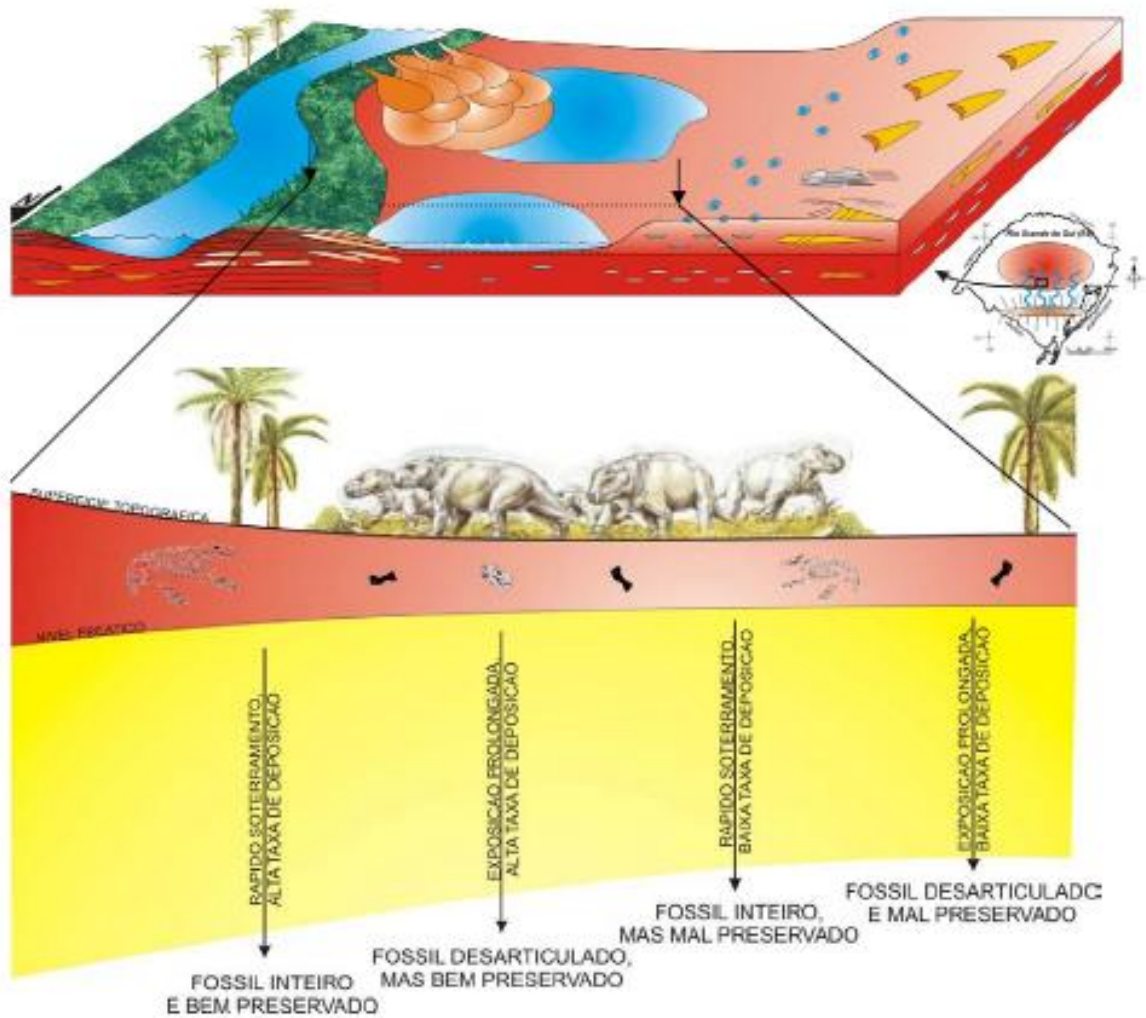


Figura 4.4.2 – Esquema diagramático de relação dos processos de preservação de vertebrados com o tempo de exposição e a taxa de deposição em planície de inundação, progressivamente mais distantes dos canais principais (retirado de Da-Rosa, 2005).

O *LVI/Base – Margem E* apresenta fósseis desarticulados (Classe IV) e mal preservados, indicando um afastamento considerável do canal (fácies distal), na planície de inundação. As paleoalterações encontradas no afloramento, principalmente os nódulos carbonáticos e a carbonatação, corroboram a hipótese de que os fósseis aí encontrados passaram por um longo período de exposição na interface água/sedimento. A taxa de deposição é baixa, sendo assim, as carcaças dos animais ficaram sujeitas a ação das oscilações freáticas. A exposição prolongada a essas condições levou a fósseis “inchados” e incrustados.

Na *Margem W*, por outro lado, foram encontrados fósseis desarticulados (Classes III e IV) como na Margem E, porém em bom estado de preservação. Para este afloramento temos um prolongado período de exposição pré-soterramento e uma alta taxa de sedimentação. Os fósseis aí encontrados estiveram menos sujeitos as paleoalterações, visto que permaneceram por tempo insuficiente na zona freática para que fossem significativamente alterados e danificados. Assim, pode-se considerar este afloramento como uma área mais proximal da planície de inundação em relação ao canal principal.

Embora as paleoalterações sejam semelhantes em ambas as margens do LV1/Base, a taxa de sedimentação é diferente, levando conseqüentemente, a diferenças nos estados de preservação de seu conteúdo fossilífero.

O *LV1/Topo* apresenta fósseis, geralmente, desarticulados (Classes III e IV) e bem preservados. A presença de mosqueamento na base e parte intermediária do afloramento indica um nível freático baixo para esses níveis, que aumenta gradativamente em direção ao topo, representado por nódulos carbonáticos. Essas paleoalterações são indicativas de certa proximidade ao canal principal, onde a taxa de deposição é mais alta. O grau de desarticulação das carcaças pode ser atribuído a um elevado período de exposição sub-aérea. Essa hipótese é corroborada pela presença mais significativa de crânios, que segundo Smith (1993) têm ocorrência mais comum em fácies proximais e zona intermediária da planície de inundação.

No *LV2* são encontrados dois estágios de desarticulação: fósseis semi-articulados (Classe II) e fósseis desarticulados, mas inteiros (Classe III), sendo estes mais representativos. Em relação ao estado de preservação, também pode ser encontrado as duas formas preferenciais para o triássico sul-brasileiro: fósseis bem preservados e com má preservação ("inchados"). O último é resultante de um nível freático alto, que indica um afastamento relativo do canal.

A presença do UFSM 11316, um espécime relativamente articulado, que foi soterrado ainda com parte dos tecidos preservados, implica num soterramento rápido para esse exemplar. Por outro lado, a ocorrência predominante de fósseis bem preservados e desarticulados, indica uma alta sedimentação e um período de exposição prolongado das carcaças, ou seja, foram soterrados na parte intermediária da planície de inundação.

Os resultados aqui encontrados são bastante semelhantes aos obtidos por Smith (1993) para o Permiano Superior da Bacia do Karoo, na África. Estes indicam uma escassez de vertebrados fósseis na planície de inundação distal e uma preservação relativamente pobre desta tafocenose, além dos crânios serem raros e geralmente bastante comprimidos, com forte

alteração e pobre permineralização, enquanto que na planície de inundação proximal, a concentração fossilífera apresentava tanto boa (ossos de aspecto fresco) quanto má preservação (ossos alterados) e uma maior concentração de crânios. O estrato intermediário entre as fácies de planície de inundação proximal e distal era a área mais fossilífera. Em vista disso, a tafocenose do Sítio Linha Várzea pode ser considerada uma área de planície de inundação intermediária-distal.

Através da associação das características bioestratinômicas e fossildiagnéticas preferenciais encontradas nas tafocenoses dos afloramentos do Sítio Linha Várzea, pode-se determinar três Classes Tafonômicas para a planície de inundação, como mostra o quadro 4.4.1.

Quadro 4.4.1 - Classes Tafonômicas de planície de inundação propostas com base na associação de caracteres bioestratinômicos e fossildiagnéticos das tafocenoses do Sítio Linha Várzea.

Classes	Bioestratinomia	Fossildiagnese	Tempo de Exposição (E) versus Taxa de sedimentação (S)	Afloramento (s)
Classe 1	Fósseis desarticulados, mas inteiros	Fósseis bem preservados e com OxFe	E= média a prolongada S= alta	LV1/Topo – W LV2
Classe 2	Fósseis desarticulados, mas fragmentados	Fósseis bem preservados e com OxFe	E= prolongada S=alta	LV1/Base – W LV1/Topo – E
Classe 3	Fósseis desarticulados, mas fragmentados	Fósseis mal preservados (“inchados”) e sem OxFe	E= prolongada S= baixa	LV1/Topo - E

5. Conclusões

O Sítio Linha Várzea contém uma assembléia fossilífera diversificada, composta basicamente por sinápsidos - dicinodontes e cinodontes - de estados ontogenéticos distintos, além de arcossauros e coprólitos de animais herbívoros e carnívoros, sendo que esta associação fossilífera indica uma idade mesotriássica para este conjunto de afloramentos, correspondente à Cenozona de Therapsida.

A integração de animais de distintos grupos taxonômicos, associados a coprólitos, sugere um possível local de habitação ou de passagem para o Sítio Linha Várzea, e um provável hábito gregário para os sinápsidos aí encontrados. A morte dessa biocenose pode ser atribuída a causas naturais, como doenças, senilidade e ataque de predadores, acumulando assim, carcaças de períodos diferentes, que foram soterradas durante um mesmo evento sedimentar para cada afloramento.

Os distintos graus de articulação/desarticulação e modos de preservação podem ser interpretados como resultado de diferenças no tempo de exposição das carcaças na planície de inundação, sob influência de agentes biogênicos (pisoteio e carnivorina) e intempéricos, e das taxas de deposição, que variam conforme a distância dos canais fluviais. Fósseis desarticulados, mas bem preservados, como os encontrados no LV1/Base – Margem W e LV/Topo – Margens E e W, indicam um período de exposição pré-soterramento prolongado e uma alta taxa de deposição, enquanto que fósseis desarticulados e mal preservados, como os coletados no LV1/ Base – Margem E, sugerem um período de exposição prolongada e uma baixa taxa de deposição. Fósseis desarticulados e geralmente bem preservados, como ocorrem no LV2, também podem ser atribuídos a um período elevado de exposição, porém com alta taxa de sedimentação.

A fragmentação e a deformação dos ossos, principalmente, podem ser atribuídas à intensa pressão sofrida pelos mesmos durante o soterramento, bem como ao peso das camadas durante a subsidência e, em menor intensidade, a ação biogênica. Por outro lado, o “inchamento” dos fósseis é resultado do hipercrecimento cristalino e ação deslocante do carbonato de cálcio durante o tempo de permanência dos ossos na zona de variação do lençol freático.

A provável autoctonia dessa assembléia fossilífera, permite inferir ainda, em associação com os dados sedimentares e tafonômicos das concentrações, diferentes locais de moradia na planície de inundação. Sendo assim, as assembléias correspondentes aos LV1/Base – Margem Oeste e LV1/Topo e LV2 estariam relacionadas a ambientes mais

próximos do canal principal (planície de inundação intermediária), onde as taxas de deposição são mais altas, enquanto que as correspondentes ao LV1/Base – Margem Leste, estariam relacionadas a ambientes respectivamente mais afastados (planície de inundação distal).

Os diferentes graus de oxidação e carbonatação apresentados pelo conteúdo fossilífero indicam um aumento progressivo do nível freático, sendo que altos índices de Óxido de Ferro denotam um nível freático baixo, enquanto que no outro extremo, a ocorrência menos significativa de película de Óxido de Ferro, associada a uma carbonatação mais elevada, são indicativos de um nível freático mais alto ou oscilante.

Essa tafocenose reflete uma biocenose que habitava uma planície de inundação, sustentada pelas pequenas poças d'água que se concentravam nas partes mais baixas, durante os períodos de aridez. Esses depósitos de água formavam pequenos oásis, que permitiam o desenvolvimento de vida e a concentração da fauna de vertebrados. Com a alternância de estações secas para úmidas, enchentes episódicas transformavam a paisagem, alagando essas áreas e obrigando, assim, as comunidades ali presentes a migrarem para áreas mais favoráveis.

Por fim, conclui-se que os processos de fossilização ocorridos nestes afloramentos estão intimamente ligados aos processos de paleoalterações e, conseqüentemente, relacionados ao tempo de exposição das carcaças e à taxa de deposição que levou ao seu soterramento definitivo.

6. Referências Bibliográficas

- Abdala, F. & Ribeiro, A. M. 2000. A New therioherpetid cynodont from the Santa Maria Formation (middle Late Triassic), southern Brazil. **Geodiversitas**. Paris, p. 589 – 596.
- Abdala, F., Ribeiro, A. M., Schultz, C. L. 2001. A rich cynodont fauna of Santa Cruz do Sul, Santa Maria Formation (Middle-Late Triassic), southern Brazil. **Neues Jahrbuch für Geologie Paläontologie, Monatshefte**, Stuttgart, p. 669-687.
- Abdala, F. & Ribeiro, A. M. 2003. A new traversodontid cynodont from the Santa Maria Formation (Ladinian-Carnian) of southern Brazil, with a phylogenetic analysis of Gondwanan traversodontids. **Zoological Journal of the Linnean Society**, 139, p.529-545.
- Abdala, F. & Sá-Teixeira, A. M. 2004. A traversodontid cynodont of African affinity in the South American Triassic. **Paleontologia Africana**, 40:11-22.
- Andreis, R. R., Bossi, G. E., Montardo, D. K. 1980. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul – Brasil. **Anais do XXXI Congresso de Geologia, Balneário Camburiú, Santa Catarina**, V. 2.
- Barberena, M. C. 1977. Bioestratigrafia Preliminar da Formação Santa Maria. **Pesquisas**, 7:11-129.
- Barberena, M. C., Araújo, D. F., Lavina, E. L. C., Azevedo, S. A. K. 1985. O estado atual do conhecimento sobre os tetrápodes permianos e triássicos do Brasil Meridional. **In: CONGR. BRAS. PAL.**, 8, Rio de Janeiro, 1983. **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos**, Ser. Geol., Seção Paleontologia e Bioestratigrafia, Brasília 27 (2), p.21-28.
- Barberena, M. C., Holz, M., Schultz, C. L., Scherer, C. M. S. 2002. Tetrápodes Triássicos do Rio Grande do Sul. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília, p. 11-22.
- Barberena, M. C., & Dornelles, J. E. F. 2002. Cynodontia. **In: Holz, M. & De Ros, L. F. (Ed.) Paleontologia do Rio Grande do Sul**. CIGO/UFRGS – Porto Alegre, RS. p317-345.
- Behrensmeyer, A. K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. **Palaeobiology**, 4(2), p.150-162.
- Behrensmeyer, A. K. 1990. Transport/hydrodynamics, **In: D. E. G., Brigges & P. R., Crowther (Eds.) Palaeobiology: A Synthesis**, Blackwell, Oxford, p.232-235.
- Behrensmeyer, A. K. 1991. Terrestrial vertebrate accumulations. **In: P. A., Allison & D. E., Brigges (Eds.) Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**, Plenum, p.291-335.
- Benton, M. J. 1984. Tooth Form, Growth, and Function in Triassic Rhynchosaurs (Reptilia, Diapsida). **Palaeontology**, V27, part 4, p.737-776.
- Benton, M.J. & Clark, J.M. 1988. Archosaur phylogeny and the relationships of the Crocodylia. **In: Benton, M.J (Ed.), The Phylogeny and classification of the tetrapods. Volume I. Amphibians, reptiles, birds**. Clarendon Press, Oxford. p.289-332.
- Bertini, R. J. 2002. Os fósseis da Bacia de Sergipe-Alagoas – Os répteis (amniotas reptilianos). **Phoenix**, Ano 4, N42, edição online (http://www.phoenix.org.br/Phoenix42_Jun02.html).
- Bertini, R. J. 2004. Répteis. **In: Carvalho, I. S. (Ed.) Paleontologia**, V1. Editora Interciência. Rio de Janeiro, RJ. p.781-816.
- Bertoni-Machado, C. & Holz, M. 2006. Biogenic Fossil Concentration in Fluvial Settings: an Example of a Cynodont Taphocoenosis from the Middle Triassic of Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**. 9(3): 273-282.
- Bonaparte, J. F., Ferigolo, J., Ribeiro, A. M. 2001. A Primitive Late Triassic 'Ictidosaur' from Rio Grande do Sul, Brazil. **Paleontology**, V.44, Part 4, p. 623-635.
- Bonaparte, J. F., Martinelli, A. G., Schultz, C. L., Rubert, R. 2003. The Sister Group of Mammals: Small Cynodonts from the Late Triassic of Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, V.5, p. 5-27.
- Bonaparte, J. F., Martinelli, A. G., Schultz, C. L. 2005. New Information on *Brasilodon* and *Brasilitherium* (Cynodontia, Probainognathia) from the Late Triassic of Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, V.8, n1, p.25-46.
- Bonaparte, J. F., Brea, G., Schultz, C. L., Martinelli, A. G. 2006. A new specimen of *Guaibasaurus candelariensis* (basal Saurischia) from the Late Triassic Caturrita Formation of southern Brazil. **Historical Biology**, p.1-10.
- Bonaparte, J. F., Soares, M. B., Schultz, C. L. 2006. A new non-mammalian cynodont from the Middle Triassic of southern Brazil and its implications for the ancestry of mammals. **The Triassic-Jurassic Terrestrial Transition**. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin 37, p.599-607.
- Bonaparte, J. F., Sues, H. D. 2006. A New Species of *Clavosaurus* (Lepidosauria: Rhynchocephalia) from the Upper Triassic of Rio Grande do Sul, Brazil. **Palaeontology**, 49(4):917-923.

- Cassab, R. C. T. 2004. Objetivos e Princípios. **In:** Carvalho, I. S. (Ed.) **Paleontologia**, V1. Editora Interciência. Rio de Janeiro, RJ. p.3-11.
- Cisneros, J. C., Damiani, R., Schultz, C., Da-Rosa, A., Schwanke, C., Neto, L. W., Aurélio, P. L. P. 2004. A procolophonoid reptile with temporal fenestration from the Middle Triassic of Brazil. **The Royal Society**. Published online.
- Cisneros, J. C., Schultz, C. L. 2002. Procolophon brasiliensis n. sp., a new procolophonoid reptile from the Lower Triassic of southern Brazil. **Neues Jahrbuch für Geologie Paläontologie**, Monatshefte, Stuttgart, p. 641-648.
- Cisneros, J. C. (no prelo). Taxonomic status of the reptile genus *Procolophon* from the Gondwanan Triassic. **Paleontologia Africana**.
- Colbert, E. H. 1970. A Saurischian Dinosaur from the Triassic of Brazil. **American Museum Novitates**, N2405, p1-39.
- Da Rosa, A. A. S. & Leal, L. A. 2002. New elements an Armored Archosaur from the Middle to Upper Triassic, Santa Maria Formation, South of Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 3, p.149-154.
- Da-Rosa, A. A. S., Faccini, U. F., Pimentel, N. L. V. 2003a. Dinâmica Sedimentar *Versus* Litoestratigrafia: em busca de critérios alternativos de identificação de sequências sedimentares triássicas da porção central do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. Porto Alegre, **I Encontro sobre a Estratigrafia do Rio Grande do Sul: ESCUDOS E BACIAS**. ILEA/UFRGS.
- Da Rosa, A. A. S., Pimentel, N. L. V., Faccini, U. F. 2003b. Paleoweathering, Carbonate Precipitation and Vertebrate preservation in the Alluvial Deposits of the Middle to Upper Triassic of Santa Maria, RS, Southern Brazil. **3rd Latin-American Congress of Sedimentology**, Belém/PA, Brazil.
- Da-Rosa, A. A. S., Pimentel, N. L. V., Faccini, U. F. 2004a. Paleoalterações e Carbonatos em Depósitos Aluviais na Região de Santa Maria, Triássico Médio a Superior do Sul do Brasil. **Pesquisas em Geociências**, 31(1):3-16.
- Da-Rosa, A. A. S., Schwanke, C., Cisneros, J. C., Witeck-Neto, L., Aurélio, P. L. P., Poitevin, M., 2004b. "Sítio Cortado" – Uma Nova Assembléia Fossilífera do Triássico Médio do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 7(2):289-300.
- Da-Rosa, A. A. S. 2005. Paleoalterações em Depósitos Sedimentares de Planícies Aluviais do Triássico Médio a Superior do Sul do Brasil: Caracterização, Análise Estratigráfica e Preservação Fossilífera. **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, RS, Brasil, V.1, 122p.
- Da-Rosa, A. A. S., Schwanke, C., Aurélio, P. L., Poitevin, M. 2005. Sítio Linha Várzea – Uma Nova Localidade Fossilífera do Triássico Médio do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências – UNESP Rio Claro/SP**, v. 24, n. 2, p.115-129.
- Da Silva, J. L. S. & Menegotto, E. 2002. Aspectos Mineralógicos de Silicificações em Rochas Sedimentares Mesozóicas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, 32(3):317-326.
- Efremov, I. 1940. Taphonomy: new branch of paleontology. **Pan-American Geologist**. V.74, pp81-93.
- Faccini, U. F. 1989. **O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul – Uma Análise sobre o Ponto de Vista das Sequências Depositionais**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 133 p., 2 vol.
- Faccini, U. F. 2000. **Estratigrafia do Permo Triássico do Rio Grande do Sul: Estilos Depositionais versus Espaço de Acomodação**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 297p., 2 vol.
- Faccini, U. F., Scherer, C. M. S., Nowatzki, C. H. 1995. Breve Panorama sobre a Estratigrafia do permo Triássico da Borda Sudeste da Bacia do Paraná: Conjecturas e Refutações. **Comunicado do Museu de Ciências e Tecnologia - UBEA/PUCRS. Sér. Terra**. Porto Alegre, n 1, p.13-18.
- Ferigolo, J. 2006. Dinossauro encontrado em Agudo é um dos mais antigos do mundo. **Revista Bio3**. N4, p17.
- Ferigolo, J. & Langer, M. C., 2006. A Late Triassic dinosauriform from south Brazil and the origin of the ornithischian predatory bone. **Historical Biology**, v. 19, p.23-33.
- Haynes, G. 1982. Utilization and Skeletal Disturbances of North American Prey Carcasses. **Artic**, 35(2):266-281.
- Hill, A. 1979. Disarticulation and scattering of mammal skeletons. **Paleobiology**, 5(3):261-274.
- Holz, M. & Barberena, M. C. 1994. Taphonomy of the south Brazilian Triassic paleoherpertofofauna: pattern of death, transport na burial. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 107, p.179-197.
- Holz, M., Soares, M. B., 1995. Tafonomia de Vertebrados – Estado de Arte e Perspectivas para a paleontologia Sul-rio-grandense. **Comunicado do Museu de Ciências e Tecnologia - UBEA/PUCRS. Série Ciências da Terra**. Porto Alegre, n 1, p. 85-94.

- Holz, M. 1998. Tafonomia de Vertebrados: a arte de decifrar a origem do registro de paleotetrápodes. **Ciência & Ambiente**, nº 16, p. 105-117.
- Holz, M. & Schultz, C. L. 1998. Taphonomy of the south Brazilian Triassic herpetofauna: fossilization mode and implicatio studies. **Lethaia**, v. 31, p.335-345. Oslo.
- Holz, M., Souto-Ribeiro, A., 2000. Taphonomy of the South-Brazilian Triassic Vertebrates. **Revista Brasileira de Geociências**, n.30, p.487-490.
- Holz, M. & Simões, M. G. **Elementos Fundamentais de Tafonomia** – Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS, 2002.
- Holz, M., Soares, M. B., Souto-Ribeiro, A. W. 2002. Tafonomia de Vertebrados: decifrando a gênese das ocorrências fossilíferas Permianas e Triássicas da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (Ed.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. CIGO/UFRGS – Porto Alegre, RS. p.44-66.
- Huene, F. F. V. **Répteis Fósseis do Gondwana Sul Americano: resultado das escavações no Brasil meridional em 1928/29**; tradução: Carlos Burger Júnior. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1990.
- Kischlat, E. E. 2002. Tecodôncios: A Aurora dos Arcossáurios no Triássico. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (Ed.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. CIGO/UFRGS – Porto Alegre, RS. P.273-316.
- Kraus, M.J. 1999. Paleosols in clastic sedimentary rocks: their geologic applications. **Earth-Science Reviews**, 47:41-70.
- Langer, M. C. & Schultz, C. L. 2000. A New Species of the Late Triassic Rhynchosaur *Hyperodapedon* from the Santa Maria Formation of the South Brazil. **Paleontology**, v. 43, part 4, p.633-652.
- Langer, M. C. & Lavina, R. L. 2002. Os Amniotas do Neopermiano e Eotriássico da Bacia do Paraná – Répteis e “Répteis Mamaliformes”. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (Ed.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. CIGO/UFRGS – Porto Alegre, RS. p.210-235.
- Langer, M. C. & Schultz, C. L. 2002. Rincossauros – herbívoros cosmopolitas do Triássico. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (Ed.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. CIGO/UFRGS – Porto Alegre, RS. p.246-272.
- Langer, M. C., França, M. A. G., Gabriel, S. 2007. The Pectoral Girdle and Forelimb Anatomy of the Stem-Sauropodomorph *Saturnalia Tupiniquim* (Upper Triassic, Brazil). **Special Papers in Palaeontology**, 77, p.113-137.
- Leal, L. A., Azevedo, S. A. K., Kellner, A. W. A., Da-Rosa, A. A. S. 2004. A new dinosaur (Sauropodomorpha) from the Caturrita Formation (Late Triassic), Paraná Basin, Brazil. **Zootaxa**, N690, p.1-224.
- Martinelli, G. 2004. **Estudo Quantitativo e Qualitativo da Assembléia Fossilífera do Sítio Linha Várzea, Paraíso do Sul, RS**. Monografia de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS. 157 p.
- Martinelli, G., Schultz, C. L., Da-Rosa, A. A. S. 2006. Reconstrução Pós-Morte/Pré-Soterramento de um Dicotodonte do Sítio Linha Várzea, Paraíso do Sul, RS: resultados preliminares. **Revista Ciência e Natura, Edição Especial – V Simpósio Brasileiro de Paleontologia e Vertebrados, Santa Maria, RS**. p.45
- Mendes, J. C. **Paleontologia Geral** – Rio de Janeiro. Ed. LTC, 1977.
- Oliveira, T. G. & Cavalcanti, S. M. C. 2002. Identificação de Predadores de Animais Domésticos. In: Pitman, M. R. P. L *et al* (Ed.) **Manual de Identificação, Prevenção e Controle de Predação por Carnívoros**. Brasília, Edições IBAMA, p. 31-50.
- Ribeiro, C. M., Fernandes, M. A., Souto, P. 2003. Icnofósseis de Vertebrados. In: **1ª Jornada Fluminense de Paleontologia**. Rio de Janeiro, RJ.
- Rogers, A. R. & Broughton, J. M. 2001. Selective transport of animal parts by ancient hunters: a new statistical method and an application to the Emeryville Shellmound Fauna. **Journal of Archeological Science**, 28:763-773.
- Rubert, R. R. & Schultz, C. L. 2004. Um Novo Horizonte para o Triássico Superior do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Ciências**. n.31, p. 71-88. Porto Alegre, RS – Brasil
- Sanghamitra, R. & Chinsamy, A. 2003. Functional Aspects of the Postcranial Anatomy of the Permian Dicotodont *Dicotodon* and their Ecological Implications. **Palaeontology**, Vol.46, Part 1, p.151-183.
- Scherer, C. M. S., Faccini, U. F. Barberena, M. C., Schultz, C. L., Lavina, E. L., 1995. Bioestratigrafia da Formação Santa Maria: utilização das cenozonas como horizontes de correlação. **Comunicado do Museu de Ciências e Tecnologia - UBEA/PUCRS. Série Ciências da Terra**. Porto Alegre, n 1, p.43-50.
- Scherer, C. M. S., Faccini, U. F. & Lavina, E.L.C. 2000. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (Ed) **Geologia do Rio Grande do Sul**, Edição CIGO/UFRGS, 444pp.

- Schultz, C. L. 1995a. Os Répteis Fósseis da Região de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, nº 10, p. 7-25.
- Schultz, C. L. 1995b. Subdivisão do Triássico com Base em Macrofósseis: problemas e perspectivas. **Comunicado do Museu de Ciências e Tecnologia - UBEA/PUCRS. Série Ciências da Terra**. Porto Alegre, n 1, p.25-32.
- Schultz, C. L. 1998. Répteis Versus Mamíferos: uma batalha de 250 milhões de anos. **Ciência & Ambiente**, nº 16, p.51-82.
- Schultz, C. L., Scherer, C. M. S., Barberena, M. C. 2000. Biostratigraphy of Southern Brazilian Middle-Upper Triassic. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 30, p.495-498.
- Schultz, C. L.; Souza, P. A.; Ianuzzi, R. 2004. Triássico. In: Coimbra, J. C. *et al*, (Ed.) **Antes dos Dinossauros – A evolução da vida e o seu registro fóssil no Rio Grande do Sul**. UFRGS: Porto Alegre. p.71-91.
- Schultz, C. L. & Soares, M. B. 2006. Proposta de Nova Denominação para a Cenozona de Ictidosauria, do Triássico Superior (Formação Caturrita) do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência e Natureza, Edição Especial – V Simpósio Brasileiro de Paleontologia e Vertebrados, Santa Maria, RS**. p.41
- Schultz, C. L. & Langer, M. C. (no prelo). Tetrápodes triássicos do Rio Grande do Sul, Brasil. **XX Congresso Brasileiro de Paleontologia**.
- Schwanke, C. & Araújo-Barberena, D. C. 2002. Dicinodontes – os grandes herbívoros do Triássico. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (Ed.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. CIGO/UFRGS – Porto Alegre, RS. p.346-375.
- Smith, R. M. H. 1993. Vertebrate Taphonomy of Late Permian Floodplain Deposits in the Southwestern Karoo Basin of South Africa. **Palaios**. V. 8, p.45-67.
- Souto, P. R. F. 2001. Tetrapod Coprolites from the middle triassic of Southern Brazil. **Gaia**, n.16, p.51-57. Lisboa.
- Vega-Dias, C. & Schultz, C. L. 2004. Postcranial material of *Jachaleria candelariensis* Araújo and Gonzaga 1980 (Therapsida, Dicynodontia), Upper Triassic of Rio Grande do Sul, Brazil. **PaleoBios**. 24 (1), p.7-31.
- Voorhies, M. R. 1969. Taphonomy and Population Dynamics of an Early Pliocene Vertebrate Fauna, Knox County, Nebraska. **Contributions to Geology, Special Paper**, n.1, p.69.
- Zerfass, H., Lavina, E. L., Schultz, C. L., Garcia, A. J. V., Faccini, U. F., Chemale Jr., F. 2003. Sequence stratigraphy of continental Triassic strata of Southernmost Brazil: a contribution to Southwestern Gondwana paleogeography and paleoclimate. **Sedimentary Geology**, n. 161, p. 85-105.

Imagem retirada da internet:

www.maps.google.com (Fig. 1.2)

Apêndice A – Fotomontagens dos Afloramentos



Figura 1 – Fotomontagem do LV1/Base – Margem Leste, vista 1



Figura 2 – Fotomontagem do LV1/Base – Margem Leste, vista 2



Figura 3 – Fotomontagem do LV1/Base – Margem Oeste em vista geral



Figura 4 – Fotomontagem do LV1/Topo – Margem Leste em vista geral



Figura 5 – Fotomontagem do LV1/Topo – Margem Oeste em vista geral



Figura 6 – Fotomontagem do LV2 em vista geral