

## Uma nova hipótese de empilhamento para a Formação Santa Maria (Triássico) na região da cidade de Santa Maria (RS)

Edio-Ernst Kischlat ([edio.kischlat@cprm.gov.br](mailto:edio.kischlat@cprm.gov.br))

Divisão de Bioestratigrafia, Paleontologia e Sedimentologia (DIPALE)  
CPRM - Serviço Geológico do Brasil, SUREG-PA, Porto Alegre

### Abstract

The most expressive Triassic strata in Brazil correspond to the Santa Maria Formation, which occurs in the State of Rio Grande do Sul. This layer has been lithologically divided into two members (Passo das Tropas, sandstone, and Alemoa, mudstone). The Formation has also been biostratigraphically divided into four assemblage-zones (AZ, = cenozones): the *Dicroidium* AZ, which comprises the entire Passo das Tropas Member, and the *Dinodontosaurus* AZ (lower), *Santacruzodon* (middle) and *Hyperodapedon* AZ (upper) comprising the entire Alemoa Member. In the region of the town of Santa Maria only the *Hyperodapedon* AZ is effectively recorded and there are currently two hypothesis for the vertical position of the *Dinodontosaurus* AZ: (1) it underlies the Passo das Tropas Member but is absent due to erosion before this Member deposition; or (2) it overlies the Passo das Tropas Member. In this case, it is not recognized due to the absence of any indicative fossil or it is absent due to erosion, although there is no indication of discordance. Recently, the Passo das Tropas Member was recognized as comprising two different sandstone units: São Valentim (lower) and Sarandi (upper). The presence of mudstone intraclasts at the erosional base of the Sarandi sandstone suggests a third hypothesis. These intraclasts could represent the deposited relics of the eroded *Dinodontosaurus* AZ. This hypothesis recognizes at least two alternating sandstone-mudstone depositional cycles partially recorded in the region of the city of Santa Maria. This model is in agreement with the three (at least) alternating sandstone-mudstone depositional cycles found elsewhere outside this region.

**Keywords:** Santa Maria Formation, Passo das Tropas Member, Alemoa Member, depositional cycles.

**Palavras-chave:** Formação Santa Maria, Membro Passo das Tropas, Membro Alemoa, ciclos deposicionais.

### INTRODUÇÃO

O pacote sedimentar denominado de Grupo Rosário do Sul comporta as Formações Sanga do Cabral, Santa Maria e Caturrita, todas elas representadas na folha Santa Maria, limitada pelos paralelos 29°30'S e 30°00'S e os meridianos 053°30'W e 054°00'W (GODOY et al., [2017]) (Figura 1). Esta Folha compreende camadas sedimentares do Mesozóico e do Neógeno, em descontinuidade temporal, e os estratos mais expressivos são os do Triássico, que têm sido divididos em zonas bioestratigráficas tomando por base o seu conteúdo fossilífero.

### CONTEXTO (BIO)ESTRATIGRÁFICO

A denominação “Camadas de Santa Maria” foi inicialmente utilizada tanto por Oliveira (1930, p. 133) quanto por Moraes-Rego (1930, p. 49) para as camadas avermelhadas com madeiras petrificadas e rincossauros, aflorantes nos arredores da cidade de Santa Maria, e posicionadas na “parte superior da série do Rio do Rastro” [sic] (MORAES-REGO, 1930, p. 49), que por sua vez reconhecia a sua distribuição alcançando o estado do Paraná (MORAES-REGO, 1930, p. 45). Entretanto foi Gordon (1947, p. 14) quem restringiu a ocorrência dessas camadas para o estado do Rio Grande



encontrado fósseis, inferiram objetivamente, por correlação, apenas a existência local da Cenozona de *Hyperodapedon* (= “Rincossáurios”) para o Membro Alemoa (ANDREIS; BOSSI; MONTARDO, 1980, p. 663), numa situação semelhante ao descrito para a região de Santa Maria (BORTOLUZZI, 1974).

Posteriormente, Faccini (1989, p. 31) utiliza o conceito de “Sequências Depositionais” e reconhece quatro sequências para o Grupo Rosário do Sul. Em sua “Sequência II” foi incluído o Membro Passo das Tropas como a porção mais basal e o restante (Membro Alemoa), cronocorrelacionando com o Triássico argentino, constituído pelo que se entende hoje pelas cenozonas de *Dinodontosaurus* e de *Hyperodapedon* em continuidade vertical (FACCINI, 1989, p. 81-83). Desta forma, no perfil estratigráfico ideal e teórico de Faccini (1989), a totalidade do Membro Alemoa estaria sobreposta ao Membro Passo das Tropas e, conseqüentemente, a Cenozona de *Dinodontosaurus* estaria interposta entre a Cenozona de *Dicroidium* (Membro Passo das Tropas) e a Cenozona de *Hyperodapedon* (Figura 2b). Tal entendimento contraria a hipótese prévia de Barberena (1977) que posicionava a fácies Passo das Tropas interposta às cenozonas de *Dinodontosaurus* e de *Hyperodapedon*, ambas pertencentes à fácies Alemoa.

A mudança de conceituação de “fácies” (termo então ligado ao ambiente deposicional) para “membros” formais, mostra uma ênfase à litologia e ao entendimento de cada pacote como “uma entidade que apresenta características litológicas próprias que permitem distingui-lo das partes adjacentes da formação” (C.B.N.E., Art. B.6, in PETRI et al., 1986, p. 373). Por outro lado, uma bioestratigrafia formal foi proposta para o Triássico do Brasil meridional através não só da individualização de cenozonas (SCHERER et al., 1995, p. 45), mas também pela cronocorrelação com as paleofaunas argentinas, atribuindo-se uma idade ladiana para a Cenozona de *Dinodontosaurus*, e uma idade carniana para a Cenozona de *Hyperopedon*, com um hiato temporal entre ambas cenozonas (SCHERER et al., 1995, p. 46).

Resumindo, a variação de interpretação do pacote sedimentar denominado como Cenozona de *Dinodontosaurus* passa a ter duas hipóteses concorrentes (Figura 2) utilizadas na literatura: (1) posição sotoposta ao Membro Passo das Tropas (doravante denominada “Hipótese de Barberena”); e (2) posição sobreposta a este mesmo Membro Passo das Tropas (doravante denominada “Hipótese de Faccini”).

Recentemente Machado (2005, p. 98), ao mapear uma extensa área do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul, reconheceu que o Membro Passo das Tropas é composto por duas unidades hidrogeológicas distintas (“Passo das Tropas 1”, sobreposto, e “Passo das Tropas 2”, sotoposto [sic]). No contato entre estas duas unidades encontra-se um nível de pelitos semelhante ao Membro Alemoa, o que ocasiona um confinamento do aquífero com uma conexão hidráulica esporádica (MACHADO, 2005, p. 142). Posteriormente Wankler (2006, p. 95), tratando especificamente do aquífero Passo das Tropas na região de Santa Maria (logo incluindo o estratótipo), reconheceu estes mesmos dois pacotes sedimentares que foram denominados como “subunidades” (aqui tratados como arenitos) São Valentim (sotoposta) e Sarandi (sobreposta) e, mais importante, que estes estão separados por uma superfície erosiva regional (WANKLER, 2006, p. 91).

No caso do mapeamento da folha Santa Maria (GODOY et al., [2017]) a presença da Cenozona de *Dinodontosaurus* foi inconclusiva. Seguindo a “Hipótese de Barberena”, esta cenozona estaria sotoposta ao Membro Passo das Tropas e não estaria preservada. Por outro lado, seguindo a “Hipótese de Faccini”, esta cenozona seria encontrada sobreposta ao Membro Passo das Tropas, mas até o momento, ou não foi detectada, existindo um hiato virtual (i.e., existindo o pacote sedimentar mas sem o registro de *Dinodontosaurus*, seu fóssil-índice), ou foi erodida e não preservada, existindo um hiato real (i.e., sem o pacote sedimentar propriamente dito e com uma superfície erosiva) (Figura 3).

## A HIPÓTESE ALTERNATIVA

O atual conhecimento sobre o empilhamento litológico e bioestratigráfico para a Formação Santa Maria na região da cidade de Santa Maria permite questionar tanto a hipótese prévia de Barberena (1977) quanto a de Faccini (1989), e possibilita reconhecer um modelo alternativo a ser testado em estudos futuros (Figura 2c).

O reconhecimento de que o Membro Passo das Tropas é composto por dois níveis areníticos distintos (São Valentim e Sarandi) separados por uma discordância erosiva regional, é sugestivo da existência de um hiato temporal. A ausência da Cenozona de *Dinodontosaurus* poderia estar virtualmente interposta entre ambos

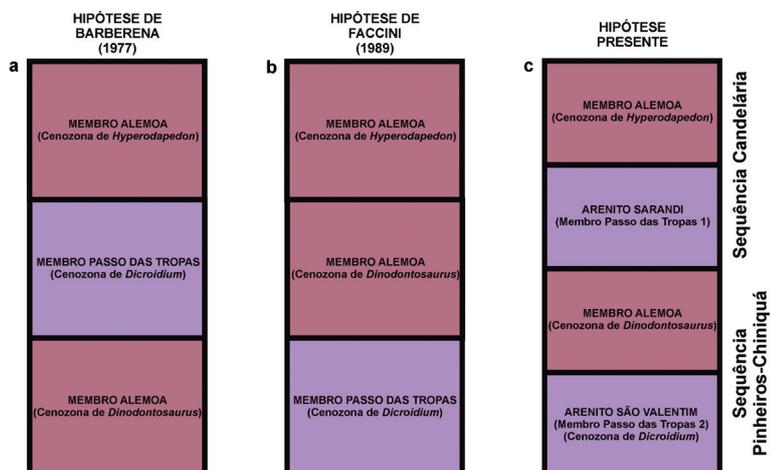


Figura 2 - Hipóteses estratigráficas para a Formação Santa Maria. (a) Hipótese de Barberena (1977); (b) Hipótese de Faccini (1989); (c) Hipótese proposta neste trabalho.

arenitos São Valentim e Sarandi, tendo sido erodida anteriormente tanto à deposição do arenito Sarandi quanto a preservação da paleofauna juntamente com os sedimentos da Cenozona de *Hyperodapedon*. As evidências incluem a natureza erosiva do contato entre estes arenitos, resultante do rebaixamento do nível de base, e também pela presença de um nível conglomerático intraformacional formado por intraclastos pelíticos médios no contato inferior erosivo do arenito Sarandi (WANKLER, 2006, p. 161). Como ainda observado por Wankler (2006, p. 91) este nível conglomerático foi anteriormente descrito por Bortoluzzi (1974, p. 23) para o estratótipo e parece que Andreis, Bossi e Montardo (1980, p. 663) também relataram “paraclastos de siltitos vermelhos” aparentemente para a mesma discordância observada no Membro Passo das Tropas em Rio Pardo. Por outro lado, Machado (2005, p. 142) foi especialmente impressionado em observar que o arenito São Valentim (“Passo das Tropas 2”, sotoposto) pode possuir uma porção superior “basicamente pelítica, com litologias semelhantes” àquela encontrada no Membro Alemoa”. Resquícios erodidos destes pelitos são encontrados no limite inferior do arenito Sarandi na região de Santa Maria (WANKLER, 2006, p. 139). Enfim, esta terceira hipótese concorda com a presença de dois arenitos intercalados com dois pelitos. Estes pelitos

se diferenciam pela sua fauna, nomenclaturalmente recebendo o nome de seu fóssil-índice (Cenozona de *Dinodontosaurus*, sotoposta, e Cenozona de *Hyperodapedon*, sobreposta). Igualmente também existem registros de duplicidade de pacotes arenosos identificados como “Passo das Tropas” na região de São Pedro do Sul, a oeste de Santa Maria, (e.g., BARBERENA et al., 1993, p. 101; SCHERER et al., 1995, p. 45) sendo um deles interposto entre os pelitos da Cenozona de *Dinodontosaurus* e aqueles outros da Cenozona de *Hyperodapedon*. Desta forma, pode-se reconhecer dois agrupamentos sequenciais de arenito+pelito: São Valentim – *Dinodontosaurus* e Sarandi – *Hyperodapedon*.

Recentemente foi reconhecida uma terceira cenozona (e.g., HORN et al., 2014) para a Formação Santa Maria, na região da cidade de Santa Cruz do Sul, intermediária e em descontinuidade com as cenozonas de *Dinodontosaurus* e de *Hyperodapedon*, que mostraria também um estrato arenítico (“Passo das Tropas”) e outro pelítico (“Alemoa”) que foi denominada de Cenozona de *Santacruzodon* (HORN et al., 2014, p. 130). Contudo o reconhecimento de blocos estruturais tectônicos sugere que esta cenozona era limitada na sua extensão oeste, não alcançando a região de Santa Maria. (HORN et al., 2014, p. 131).

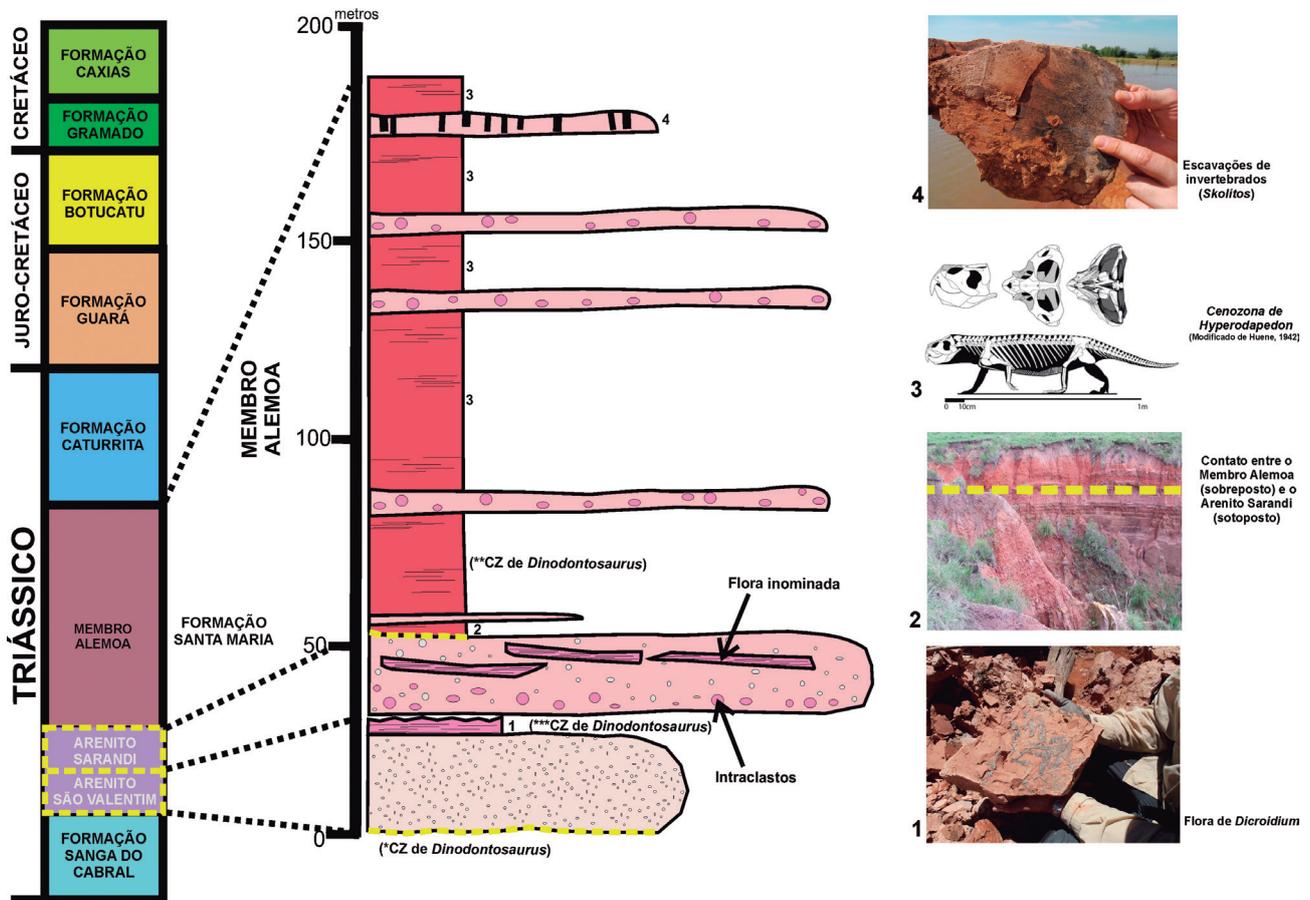


Figura 3 - Seção geológica esquemática da Formação Santa Maria (Membro Alemoa, Arenito Sarandi e Arenito São Valentim) na Folha Santa Maria (1:100.000). A Cenozona (CZ) de *Dinodontosaurus* é indicada\* na figura em conformidade com a Hipótese de Barberena (\*), com a Hipótese de Faccini (\*\*) e com a presente hipótese proposta inserida na discordância erosiva (\*\*\*)

## DISCUSSÃO

Em termos nomenclaturais o nome “Passo das Tropas” torna-se obsoleto devido ao reconhecimento da distinção entre os arenitos São Valentim e Sarandi, já que eles foram igualmente, e conjuntamente, incluídos no conceito original (estratótipo) de “Passo das Tropas” por Bortoluzzi (1974, p. 22). Por outro lado o nome “Alemoa” originalmente (*stricto sensu*) comporta apenas os sedimentos da Cenozona de *Hyperodapedon* (BORTOLUZZI, 1974, p. 27), como encontrado na região da cidade de Santa Maria, e isso deve ser levado em consideração quando em qualquer reavaliação da aplicação do nome “Alemoa” na sua extensão vertical. Neste sentido, a aplicação deste nome para os sedimentos tanto da Cenozona de *Dinodontosaurus* como para aqueles da Cenozona de *Santacruzodon* representam extensões do conceito original de Bortoluzzi (1974) baseando-se

numa [suposta] litologia indiferenciável e “desprezando-se considerações ligadas à [...] paleontologia” (cf. C.B.N.E., Art. B.1, §1º; in PETRI et al., 1986, p. 373).

Quanto as idades a Cenozona de *Hyperodapedon* (= Membro Alemoa *stricto sensu*) é considerada como sendo do Carniano (Triássico Tardio), a Cenozona de *Santacruzodon* do Ladiniano e a Cenozona de *Dinodontosaurus* do Anisiano-Ladiniano (Triássico Médio) (HORN et al., 2014). Utilizando o modelo geral destes autores, a coluna estratigráfica representativa da região de Santa Maria pode ser resumida na Figura 4.

Registros de vegetais fósseis são encontrados em dois níveis distintos, tanto no topo do arenito São Valentim assim como no topo do arenito Sarandi (WANKLER, 2006, p. 159). Contudo, eventuais diferenças taxonômicas entre ambos os níveis ainda não foram tabuladas. Parece que esta diferença entre níveis nunca foi considerada relevante no estudo tafoflorís-

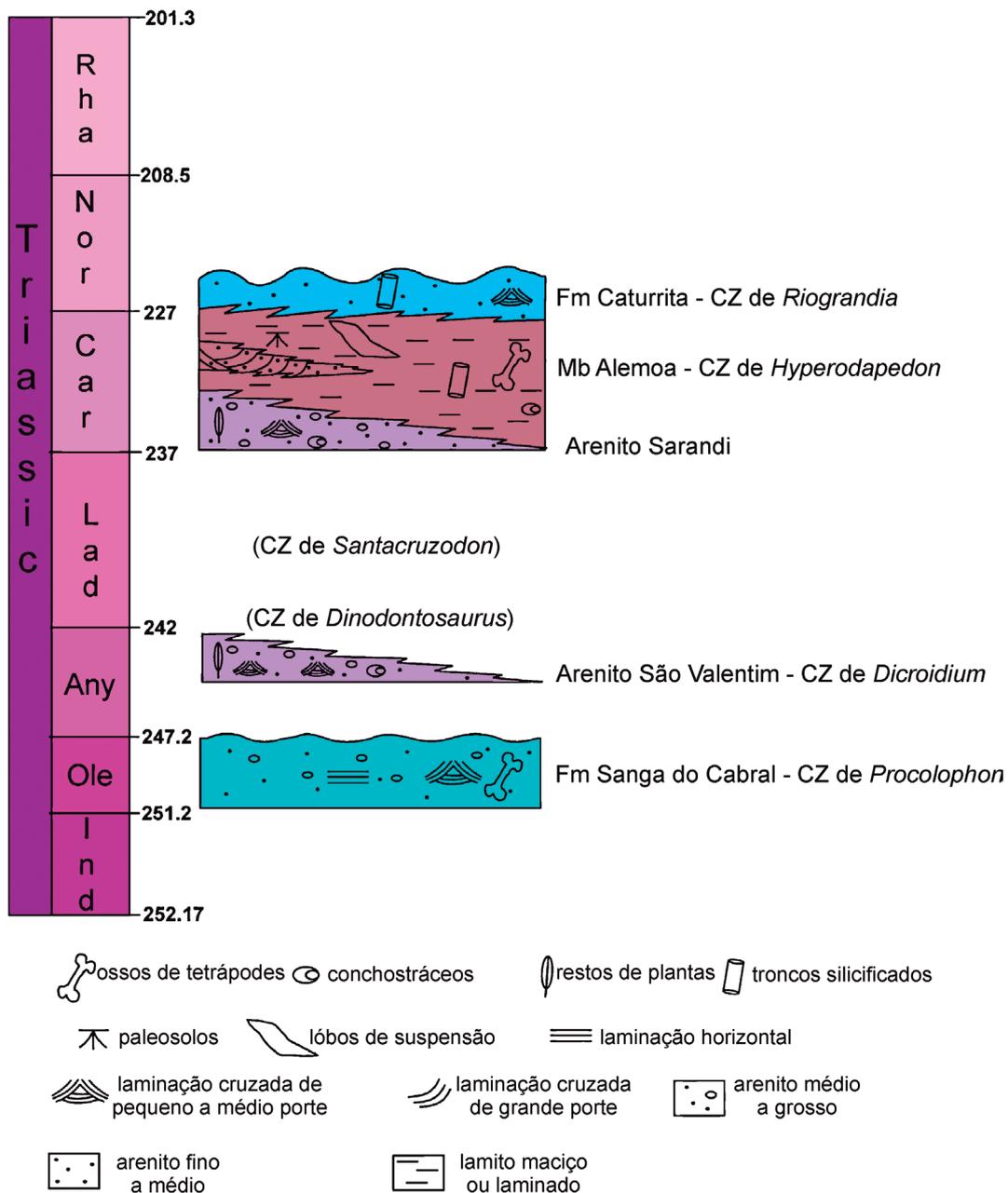


Figura 4 - Aplicação da hipótese estratigráfica aqui proposta utilizando o modelo geral de Horn et al. (2014). Modificado de Horn et al. (2014).

tico (GUERRA-SOMMER et al., 1999; ROSA; GUERRA-SOMMER; CAZZULO-KLEPZIG, 2013), porém na presença de dois pacotes distintos (arenitos São Valentim e Sarandi), discordantes e separados por um hiato correspondente ao Ladiniano, uma avaliação taxonômica em conformidade deve ser levada em consideração. Estes dois níveis fossilíferos já foram indicados no passado (e.g., BORTOLUZZI, 1974, p. 74; PINTO; ORNELLAS, 1974; LIMA; RICHTER; LAVINA, 1980, p. 573) inclusive mostrando algumas diferenças.

## COMENTÁRIOS FINAIS

A hipótese aqui considerada para a Formação Santa Maria é de que esta seria formada por uma alternância entre arenitos e pelitos. Existiriam dois pacotes distintos de arenito (= "Passo das Tropas"; São Valentim, sotoposto, + Sarandi, sobreposto) e dois pacotes distintos de pelitos (ambos tradicionalmente denominados por Alemoa seguido de seu fóssil-índice - *Dinodontosaurus*, sotoposto, e *Hyperodapedon*, sobreposto). Esta alternância entre arenitos e pelitos sugere o reconhecimento de dois ciclos deposicionais arenito-pelito muito semelhantes entre si, tanto litologicamente quanto tafonomicamente (HOLZ; BARBERENA, 1994, p. 182) mas diferenciáveis quando ao seu conteúdo fossilífero. Estas diferenças mostrariam, por sua vez, uma descontinuidade temporal (SCHERER et al., 1995, p. 46). O ciclo São Valentim-*Dinodontosaurus* seria mais antigo (sotoposto) e de idade anisiana-ladiniana, e o ciclo Sarandi-*Hyperodapedon* seria mais moderno (sobreposto) e de idade carniana. A Cenozona de *Santacruzodon* de idade Ladiniana também mostraria um terceiro ciclo intermediário comportando um estrato arenítico ("Passo das Tropas") e outro pelítico ("Alemoa") (HORN et al., 2014, p. 130).

Em um contexto de estratigrafia de sequências, estes autores (HORN et al., 2014) propuseram três sequências que são representativas destes três ciclos. A mais antiga é a Sequência Pinheiros-Chiniquá correspondente ao ciclo São Valentim-*Dinodontosaurus*; a intermediária é a Sequência Santa Cruz, correspondente a um arenito não denominado e *Santacruzodon*; e a mais nova é a Sequência Candelária correspondente ao ciclo Sarandi-*Hyperodapedon*. Desta forma pode-se reconhecer, **pelo menos**, três ciclos (ou sequências) para toda a Formação Santa Maria, onde aparentemente um arenito precede um pelito, e estes ciclos estão variavelmente, e nunca completamente, registrados.

## REFERÊNCIAS

ANDREIS, R. R.; BOSSI, G. E.; MONTARDO, D. K. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul - Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, out. 1980, Balneário de Camboriú. **Anais...** Balneário de Camboriú: SBG- Núcleo RS/SC, 1980. V. 2, p. 259-673.

BARBERENA, M. C. Bioestratigrafia preliminar da Formação Santa Maria. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 7, p.111-129, fev. 1977.

BARBERENA, M. C.; FACCINI, U. F.; SCHERER, C. M. S. Situação atual e perspectivas da Bioestratigrafia da Formação Santa Maria. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1., 1993, Rio Claro. **Boletim de Resumos...** Rio Claro: UNESP, 1993. p. 100-103.

BORTOLUZZI, C. A. Contribuição à geologia da região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 7-86, 1974.

FACCINI, U. F. **O permo-triássico do Rio Grande do Sul**: uma análise sob o ponto de vista das sequências deposicionais. Porto Alegre, 1989. 2 v. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1989.

GODOY, M. M. et al. **Paleontologia e Recursos Minerais da Folha Santa Maria - SD 22-C-IV, Escala 1:100.000, Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM- Serviço Geológico do Brasil, [2017]. (Minuta de Relatório, não publicado).

GORDON JR., M. Classificação das formações Gondwanicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. **Notas Preliminares e estudos. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**, Rio de Janeiro, n. 38, p. 1-20, jul. 1947.

GUERRA-SOMMER, M. et al. A Flora *Dicroidium* no Rio Grande do Sul: Implicações bioestratigráficas. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 3-9, 1999.

HOLZ, M.; BARBERENA, M. C. Taphonomy of the south Brazilian Triassic paleoherpetofauna: Pattern of death, transport and burial. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 107, p.179-197, 1994.

HORN, B. L. D. et al. A new third-order sequence stratigraphic framework applied to the Triassic of the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil, based on structural, stratigraphic and paleontological data. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 55, p. 123-132, 2014.

HUENE, F. V. **Die fossilen Reptilien des südamerikanischen Gondwanalandes. Ergebnisse der Sauriergrabungen in Südbrasilien 1928/29**. Lieferungen 3-4 (Pseudosuchia, Saurischia, Rhynchocephalia, Schlusslieferung). München: C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1942, p. 161-332, abb. 28-66, Taf. 18-38.

LIMA, M. C. F. S.; RICHTER, M.; LAVINA, E.L.C. Paleontologia da formação Santa Maria (Grupo Rosário do Sul), RS - Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. p. 563-577.

LUCAS, S. G. Age and correlation of Triassic Tetrapod Assemblages from Brazil. **Albertiana**, v. 26, p. 13-20, 2001.

MACHADO, J. L. F. **Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do sistema aquífero**

**Guarani no Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2005. 237 p.

MORAES-REGO, L. F. A Geologia do petróleo no Estado de S. Paulo. **Boletim, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**, v. 46, p. 1-110, 1930.

OLIVEIRA, E. Rochas triássicas do Estado do Paraná. **Annaes da Academia Brasileira de Ciências**, v. 2, n. 3, p. 131-136, 1930.

PETRI, S. et al. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, n. 4, p. 372-415, 1986.

PINTO, I. D.; ORNELLAS, L. A new insect Triassoblata *cargnini* Pinto e Ornellas, sp. nov., a Triassic Blatoid from Santa Maria, south Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 46, n. 3/4, p. 516-521, 1974.

REINECK, H.-E.; SINGH, I. B. **Depositional sedimentary environments:** with reference to terrigenous clastics. Berlin: Springer-Verlag, 1980. 551 p.

ROSA, Á. A. S.; GUERRA-SOMMER, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. Passo das Tropas, Santa Maria, RS. Marco bioestratigráfico triássico na evolução paleoflorística do Gondwana na Bacia do Paraná. In: WINGE, M. et al. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 2013. v. 3, p. 177-190.

SALVADOR, A. (Ed.). **International stratigraphic guide:** a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. 2nd ed. Colorado: IUGS, 1994.

SCHERER, C. M. S. et al. Bioestratigrafia da formação Santa Maria: utilização das Cenozonas como horizontes de correlação. **Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia UBEA/PUCRS**, v. 1, p. 43-50, 1995. (Série Ciências da Terra).

WANKLER, F. L. **Arquitetura deposicional e compartimentação estrutural do Aquífero Passo das Tropas, na Região de Santa Maria – RS: Influências no comportamento hidrogeológico.** Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2006. 192 p.

## INFORME TÉCNICO N° 12

Brasília, janeiro de 2018.

ISSN: 2448-2242

Publicação *on-line* seriada

CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

Disponível em: [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

## CPRM - Serviço Geológico do Brasil

SBN – Quadra 02 – Bloco H, Ed. Central Brasília, 1º andar

Brasília - DF - Brasil

CEP: 70040-904

Telefone:(61) 2108-8400

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

contatos: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

[evandro.klein@cprm.gov.br](mailto:evandro.klein@cprm.gov.br)



## Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

## Corpo Editorial

Evandro Luiz Klein (Editor)

Edilton José dos Santos

João Henrique Larizzatti

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

## Revisores

Norma M. C. Cruz

Rodrigo R. Adorno

Bruno L.D. Horn

## Normalização Bibliográfica

Nelma Fabrícia da P. Ribeiro Botelho

## Editoração Eletrônica

Marcelo Henrique Borges Leão

Nelma Fabrícia da P. Ribeiro Botelho