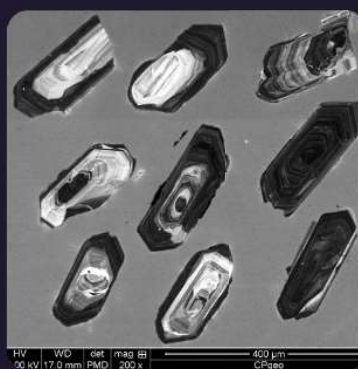


SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

# CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

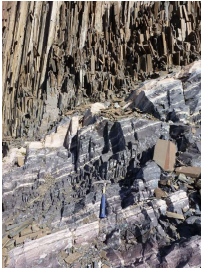
ANDRÉA RITTER JELINEK  
CARLOS AUGUSTO SOMMER



## IMAGENS DE CAPA E CONTRACAPA



Fotografia aérea do setor norte da Serra do Segredo, em Caçapava do Sul, RS, onde se destacam a Pedra do Segredo, em primeiro plano, e a Pedra da Abelha, logo à esquerda, geofomas esculpidas sobre conglomerados fluviais da Bacia do Camaquã. Ao fundo, alguns cerros formados por rochas metamórficas e o imponente alto de Caçapava, sobre granitoides diversos, rochas que registram diferentes momentos do Ciclo Brasileiro no sul do Brasil. A paisagem faz parte do Geoparque Caçapava Aspirante Unesco e é parcialmente inserida no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo. Imagem obtida por Felipe Guadagnin. Legenda de André Weissheimer de Borba e Felipe Guadagnin.



Contato entre rochas sedimentares da Bacia do Paraná e soleira de diabásio do Grupo Serra Geral. Pedreira Carollo, região de Montenegro, RS. Imagem e legenda de Carlos Augusto Sommer.

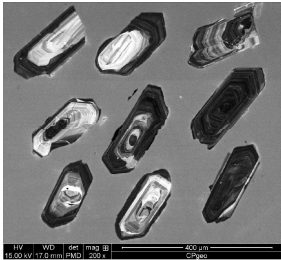


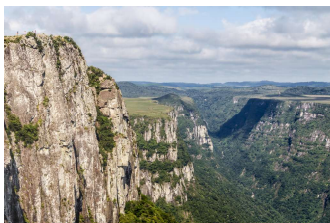
Imagem de catodoluminescência de cristais de zircão pertencentes ao Batólito de Florianópolis. Aumento de 200 vezes. Imagem e legenda de Andréa Ritter Jelinek.



Fotografia aérea oblíqua apresentando a morfologia da região correspondente ao extremo do Litoral Norte do RS, à direita observa-se a cidade de Torres/RS. Em primeiro plano observa-se a morfologia do campo de dunas localizado no Parque Estadual de Itapeva. Unidade essa localizada sobre o sistema Laguna-Barreira IV (holocênico). Logo após o baixio, na retaguarda do campo de dunas, ocorre a morfologia do sistema Laguna-Barreira III (pleistocênico). Ao fundo, com o relevo mais elevado, encontra-se a Formação Serra Geral pertencente à Bacia do Paraná. Imagem obtida por Eduardo H. R. Russo. Legenda de Eduardo Guimarães Barboza.



Minas do Camaquã, Mineração de cobre a céu aberto, Caçapava do Sul. Imagem e legenda de Carlos Augusto Sommer.



Derrames ácidos do Grupo Serra Geral, Bacia do Paraná, na região do Cânion Fortaleza, Parque Nacional da Serra Geral, Cambará do Sul, RS. Imagem licenciada de Depositphotos. Legenda de Carlos Augusto Sommer.



PUBLICAÇÃO ESPECIAL DO NÚCLEO RS/SC DA  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

**CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA  
DO RIO GRANDE DO SUL E  
DE SANTA CATARINA**

**Editores**

Andréa Ritter Jelinek  
Carlos Augusto Sommer



Porto Alegre, RS, 2021.

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra, sem autorização expressa dos autores ou da editora. A violação importará nas providências judiciais previstas no artigo 102, da Lei nº 9.610/1998, sem prejuízo da responsabilidade criminal. Os textos deste livro são de responsabilidade de seus autores.

ISBN E-book: 978-65-89013-03-7

Edição: 1ª

Ano: 2021

**Editora Compasso Lugar Cultura**

Responsável André Suertegaray Rossato

Porto Alegre - RS - Brasil

Telefones (51) 984269928

compassolugarcultura@gmail.com

www.compassolugarcultura.com

Editores:

Andréa Ritter Jelinek

Carlos Augusto Sommer

Diagramador: Gabriel Zambom

Revisão de Texto: Gustavo Saldivar

**Conselho Editorial Compasso Lugar Cultura**

Álvaro Heidrich

Carlos Henrique Aigner

Cláudia Luíza Zeferino Pires

Dakir Larara Machado da Silva

Dilermando Cattaneo da Silveira

Dirce Maria Antunes Suertegaray

Helena Copetti Callai

Jaeme Luiz Callai

João Osvaldo Rodrigues Nunes

Laurindo Antonio Guasselli

Maíra Suertegaray Rossato

Nelson Rego

Roberto Verdum

Rosa Maria Vieira Medeiros

Sinthia Batista

**Realização**

**Sociedade Brasileira de Geologia**

**Diretoria Núcleo RS/SC:**

Diretora Presidente: Andréa Ritter Jelinek

Diretor Vice-Presidente: Carlos Augusto Sommer

Diretor Secretário: Lucas Debatin Vieira

Diretor Financeiro: Breno Leitão Weichel

Diretora de Programação Técnico-Científica: Rosemary Hoff

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J47c

Jelinek, Andréa Ritter.

Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina /Andréa Ritter Jelinek e Carlos Augusto Sommer, organização – Sociedade Brasileira de Geologia - Porto Alegre : Compasso Lugar-Cultura, 2021.

504 p., il. col.

ISBN E-book: 978-65-89013-03-7

<https://doi.org/10.29327/537860>

1. Geologia 2.Sociedade Brasileira de Geologia 3. Coletâneas de textos I. Jelinek, Andréa Ritter II. Sommer, Carlos Augusto III. Título

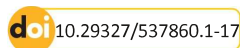
CDD 551

CDU 551.1/.4

Bibliotecária Responsável: Catarina Strapação Guedes Vianna CRB-10/2469

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia 551



# Estratigrafia da sucessão sedimentar mesozoica da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul

Claiton Marlon dos Santos *Scherer*<sup>1\*</sup>, Ernesto Luiz Correa *Lavina*<sup>2</sup>,  
Adriano Domingos dos *Reis*<sup>1</sup>, Bruno Ludovico Dihl *Horn*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>2</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos

<sup>3</sup> Serviço Geológico do Brasil/CPRM

\*autor correspondente: [claiton.scherer@ufrgs.br](mailto:claiton.scherer@ufrgs.br)

## 1 INTRODUÇÃO

A sucessão sedimentar mesozoica do Rio Grande do Sul tem sido estudada desde o início do século passado, tendo produzido inúmeros trabalhos de cunho sedimentológico, estratigráfico e paleontológico. Entretanto, o incremento progressivo do conhecimento trazido por estes estudos também resultou na proposição de cartas estratigráficas conflitantes. Além dos problemas inerentes à litoestratigrafia, parte das divergências deriva do fato de que as proposições têm sido elaboradas em diferentes blocos estruturais, que apresentam sucessões estratigráficas distintas. Ou seja, não existe uma coluna estratigráfica única para o Mesozoico do Rio Grande do Sul que possa ser correlacionada ao longo de toda a seção aflorante, existindo ausência de unidades conforme a região analisada. Este trabalho apresenta uma breve síntese do arcabouço estratigráfico do Mesozoico do Rio Grande do Sul, a partir de uma análise crítica da bibliografia, aliada à sistematização e à organização de dados publicados por diferentes grupos de pesquisa.

## 2 ESTRUTURAÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA

A atual estruturação das unidades sedimentares da Bacia do Paraná está diretamente relacionada à movimentação de estruturas do embasamento, reativadas durante e posteriormente à deposição. As estruturas do embasamento da bacia são, principalmente, zonas de cisalhamento antigas e zonas de fraturas, de direções NW-SE e NE-SW (Holz *et al.*, 2006). Durante o Fanerozoico, estas estruturas foram reativadas como falhas normais e transcorrentes, com deslocamentos da ordem de dezenas de metros (Philipp *et al.*, 2018). Dados termocronológicos indicam a movimentação destas falhas desde a transição Carbonífero-Permiano, estendendo-se pelo Triássico e pelo Jurássico (Jelinek *et al.*, 2013, 2014; Oliveira *et al.*, 2016). Considerando uma escala regional, o intervalo estratigráfico aflorante da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul pode ser dividido em três blocos estruturais: bloco Oeste, bloco Central e bloco Leste (Fig. 1). Internamente a estes três blocos, existem diversos blocos estruturais de escala local que compartimentam as formações (Da-Rosa & Faccini, 2005), combinando estruturas NW e NE com E-W. Os três grandes blocos são limitados por zonas de fraqueza NW e NE, e as principais estruturas, que limitam esses blocos, são o Sistema de Falhas Jaguari-Mata, à oeste, limitando o bloco Central do bloco Oeste, e o Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu, que delimita o bloco Central do bloco Leste, sendo sua expressão na bacia chamada de Falha do Leão. Existem, ainda, outros dois grandes blocos estruturais, o bloco Norte e o bloco Nordeste (Machado, 2005), nos quais o intervalo mesozoico pode ser reconhecido apenas em subsuperfície, não sendo detalhados neste capítulo. Estes últimos são separados dos outros três blocos estruturais pelo Lineamento Terra de Areia-Posadas

(Machado, 2005), estrutura rúptil regional, de orientação WNW-ESE, associada à Sinclinal de Torres.

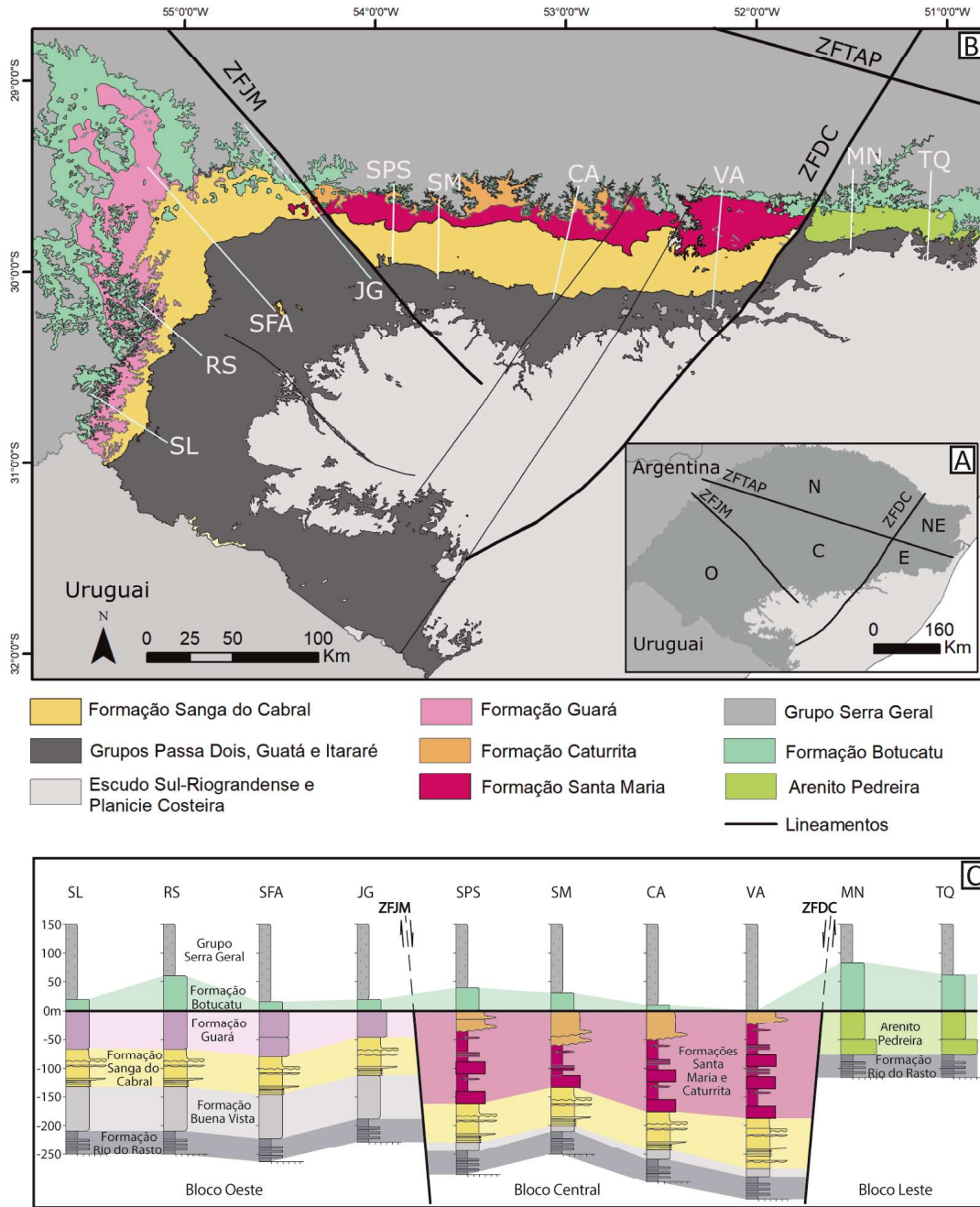
## 3 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

A sucessão sedimentar mesozoica do Rio Grande do Sul pode ser subdividida em diferentes unidades litoestratigráficas: Formação Sanga do Cabral, formações Santa Maria e Caturrita, Formação Guará, Arenito Pedreira e Formação Botucatu (Fig. 1 e 2). A seguir, será apresentada uma breve contextualização nomenclatural e de relações de contato, seguida de uma síntese dos aspectos sedimentológicos, paleontológicos e de estratigrafia de sequências de cada unidade. Para uma discussão mais detalhada sobre as diferentes propostas litoestratigráficas existentes para a sucessão mesozoica do Rio Grande do Sul, recomendamos a leitura de Scherer *et al.* (2000).

### 3.1 Formação Sanga do Cabral

#### 3.1.1 Designação litoestratigráfica

A Formação Sanga do Cabral foi proposta por Andreis *et al.* (1980) para definir o pacote arenoso fluvial entre as formações Santa Maria e Rio do Rasto, tendo como seção-tipo o arroio homônimo, localizado no município de Rio Pardo. Posteriormente, Faccini (1989) inclui nessa unidade os arenitos eólicos que se encontram interdigitados com o topo da Formação Rio do Rasto e que afloram, preferencialmente, no bloco Oeste. Entretanto, parece mais correto, seguindo sua proposição original, incluir na Formação Sanga do Cabral somente os arenitos fluviais, visto que existe uma discordância que os separa da sucessão eólica subjacente. A sucessão eólica que se interdigita com o topo da Formação Rio do Rasto deve constituir uma unidade litoestratigráfica

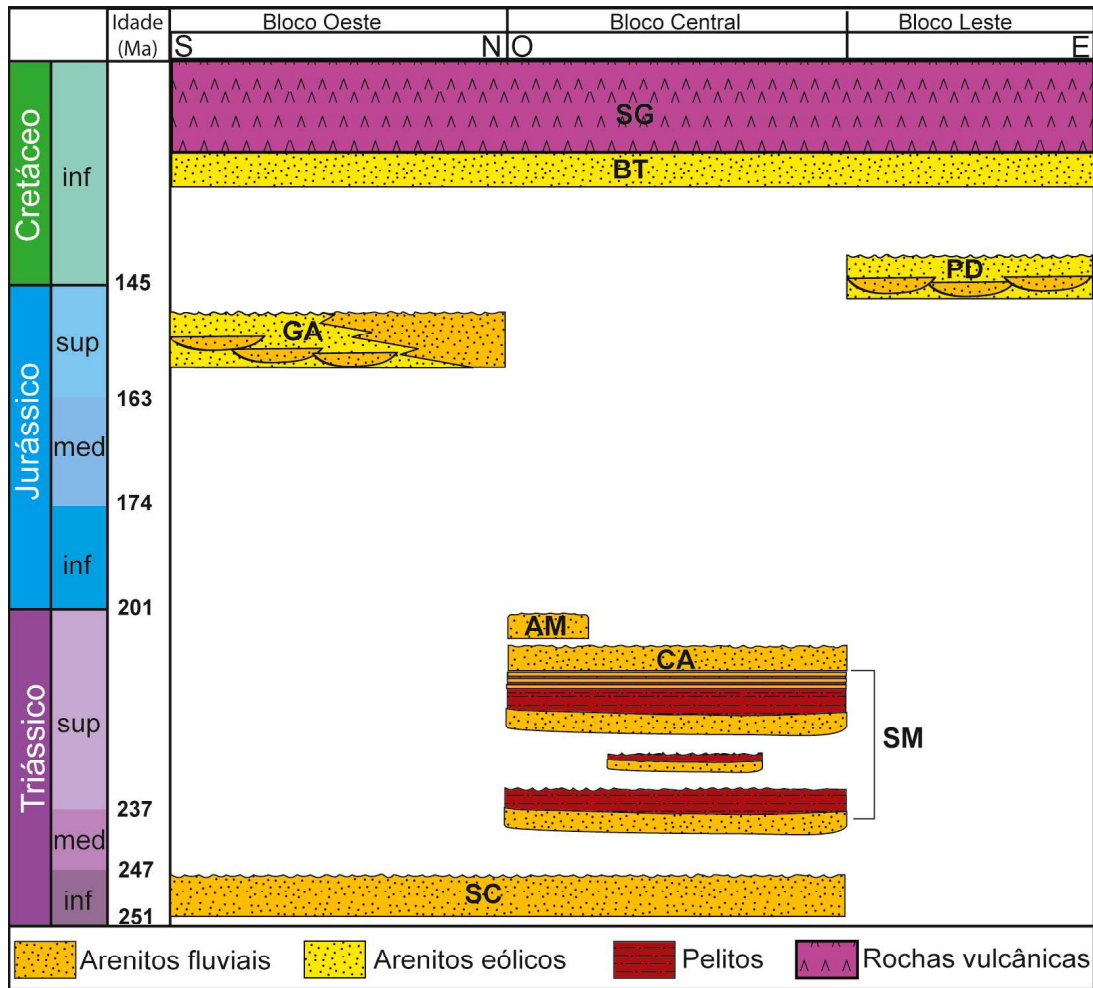


**Figura 1** – (A) Posicionamento dos principais sistemas de falhas, que delimitam os blocos estruturais da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul: ZFJM: Zona de Falha Jaguari-Mata, ZFDC: Zona de Falha Dorsal de Canguçu, ZFTAP: Zona de Falha Terra de Areia-Posadas. O: Bloco Oeste, C: Bloco Central, E: Bloco Leste, NE: Bloco Nordeste e N: Bloco Norte; (B) Mapa geológico simplificado das unidades mesozoicas da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul; e (C) Seção de correlação esquemática das unidades mesozoicas dos blocos Oeste, Central e Leste. SL: Santana do Livramento, RS: Rosário do Sul, SFA: São Francisco de Assis, JG: Jaguari, SPS: São Pedro do Sul, SM: Santa Maria, CA: Candelária, SC: Santa Cruz do Sul, VA: Venâncio Aires, MN: Montenegro e TA: Taquara (modificado de Dias-da-Silva et al. (2017)).

fica independente, sugerindo-se a utilização da designação Formação Buena Vista (*sensu* De Santa Ana et al., 2006), visto que esta unidade se encontra muito bem definida em

território uruguaio.

### 3.1.2 Características sedimentológicas e estratigráficas



**Figura 2** – Diagrama cronoestratigráfico das unidades mesozoicas da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul: SC: Formação Sanga do Cabral, SM: Formação Santa Maria, CA: Formação Caturrita, GU: Formação Guarú, AP: Arenito Pedreira, BO: Formação Botucatu e SG: Grupo Serra Geral.

A Formação Sanga do Cabral ocorre nos blocos estruturais Central e Oeste, estando assentada em desconformidade sobre os depósitos eólicos do topo do Permiano (Formação Buena Vista), e sendo sobreposta, também em desconformidade, pelos depósitos continentais da Formação Guarú (bloco Oeste) e da Formação Santa Maria (bloco Central) (Fig. 1). Essa unidade apresenta uma espessura de 50 a 100 metros, sendo constituída por areninos finos a médios, bem selecionados, micáceos, acumulados por sistemas fluviais (Faccini, 2000). A presença de corpos arenosos em lençol, de 2 a 5 metros, compostos por estruturas transcricas e supercricas, associadas à *humpback dunes*, à

antidunas, à *chute-and-pool* e à *cyclic steps*, indica fluviais de alta variabilidade da descarga, associada a inundações relâmpago de alta intensidade (Dario, 2017). Por vezes, ocorrem conglomerados intraformacionais de blocos e de seixos de paleossolos arenosos embrionários, formados durante os intervalos entre as inundações relâmpago. As paleocorrentes fluviais indicam fluxo para NE (Zerfass *et al.*, 2003).

### 3.1.3 Fósseis e idade

Répteis procolofonídeos e anfíbios *temnospondyli*, entre outros vertebrados fósseis, ocorrem nos depósitos fluviais da



Formação Sanga do Cabral (Dias-da-Silva *et al.*, 2017). Essa assembleia fóssil apresenta uma correlação bioestratigráfica com a Zona de Procolophon, da Bacia do Karoo, indicando uma idade Induana para a Formação Sanga do Cabral (Dias-da-Silva *et al.*, 2017).

### **3.1.4 Estratigrafia de sequências e correlações regionais**

A Formação Sanga do Cabral corresponde a uma única sequência deposicional, limitada no topo e na base por desconformidades (Fig. 2). Essa unidade é composta por corpos de canais fluviais amalgamados, de alta variabilidade de descarga, indicando que a acumulação ocorreu em um contexto de baixa taxa de acomodação, sob um regime climático semiárido. As paleocorrentes dos depósitos fluviais para NE sugerem uma área-fonte a SW (Zerfass *et al.*, 2003). A área deposicional original é difícil de ser definida, em decorrência da tectônica deformadora ter preservado somente uma pequena porção da bacia, que provavelmente ocupava uma área muito maior do que aquela circunscrita pelos seus atuais limites erosivos. As discordâncias de base e de topo da Formação Sanga do Cabral têm as suas gêneses vinculadas a paroxismos do cinturão de dobramento e a cavalgamentos de Sierra de La Ventana, que geraram soerguimentos no Gondwana e interrupção da acumulação sedimentar no interior do megacontinente (Zerfass *et al.*, 2003).

## **3.2 Formações Santa Maria e Caturrita**

### **3.2.1 Designação litoestratigráfica**

A Formação Santa Maria foi proposta por Gordon Jr. (1947), sendo destacada da Formação Rio do Rasto com base nos vertebrados fósseis, que indicavam idade triássica. Posteriormente, foi subdividida em dois

membros por Bortoluzzi (1974): Passo das Tropas e Alemoa. O Membro Passo das Tropas foi considerado como os depósitos arenosos de canais fluviais que ocorrem na base da Formação, sendo sucedidos por pelitos avermelhados do Membro Alemoa. Entretanto, essa proposição de dois membros tem se mostrado pouco operacional, visto que existem vários corpos arenosos intercalados com pelitos dentro da Formação Santa Maria, sendo desconsiderada no presente trabalho. A Formação Caturrita foi proposta por Andreis *et al.* (1980), tendo como base a coluna estratigráfica de Bortoluzzi (1974) (vide discussão de Scherer *et al.*, 2000). Esta se sobrepõe à Formação Santa Maria em contato gradacional, marcado por uma amalgamação de corpos arenosos de canais fluviais. Faccini (1989) propõe ainda a designação informal de Arenito Mata para a seção arenosa com troncos fósseis, que corresponde ao topo da Formação Caturrita.

### **3.2.2 Características sedimentológicas e estratigráficas**

As formações Santa Maria e Caturrita têm a sua área de ocorrência restrita ao bloco tectônico Central (Fig. 1). A Formação Santa Maria apresenta espessuras de 50 a 100 metros, sendo limitada, na base, por uma desconformidade com os depósitos arenosos da Formação Sanga do Cabral. Essa unidade apresenta, no topo, um contato gradacional com a Formação Caturrita, cuja espessura varia de 100 a 150 metros, podendo estar ausente, por erosão, em algumas regiões do bloco Central. O topo da Formação Caturrita é marcado por uma paraconformidade com os arenitos da Formação Botucatu.

A Formação Santa Maria é caracterizada por intervalos de corpos arenosos amalgamados de canais fluviais entrelaçados, que se alternam com intervalos consti-

tuídos por depósitos pelíticos de planície de inundação ou *loess*, que podem conter raros e isolados corpos arenosos de canais fluviais de baixa a alta sinuosidade, além de sistemas lacustres efêmeros (Horn *et al.*, 2018b). A Formação Caturrita corresponde a corpos arenosos amalgamados e predominantemente maciços, interpretados como canais fluviais efêmeros dominados por fluxos hiperconcentrados (Horn *et al.*, 2018a). O Arenito Mata, correspondente ao topo da Formação Caturrita, é caracterizado por corpos arenosos amalgamados de canais fluviais entrelaçados (Faccini, 1989, 2000). As paleocorrentes dos depósitos fluviais das formações Santa Maria e Caturrita são para norte-nordeste, tendo como área-fonte o Escudo Sul-Rio-Grandense. Os sedimentos eólicos (*loess*) possuem fontes externas ao Escudo, possuindo zircões com idades não compatíveis com as das rochas adjacentes (Horn *et al.*, 2018b).

### 3.2.3 Fósseis e idade

As formações Santa Maria e Caturrita possuem uma paleofauna e uma paleoflora bastante diversas, sendo uma das referências mundiais em fósseis do Triássico. A Formação Santa Maria contém fósseis de cinodontes, dicinodontes, arcossauros, rincossauros e dinossauros (Schultz *et al.*, 2020). Na Formação Caturrita, ocorrem dinossauros, *temnospondyli*, dicinodontes, procolofonídeos, rincocefálios e cinodontes (Soares *et al.*, 2011; Schultz *et al.*, 2020). Durante muitos anos, a datação foi baseada em bioestratigrafia, por correlações regionais com faunas próximas, como África do Sul e Argentina, que indicam idades Anisiana-Carniana para a Formação Santa Maria, e Noriana para a Formação Caturrita (Barberena, 1977; Soares *et al.*, 2011). Recentemente, as unidades foram datadas por U-Pb em zircões detríticos, em 233-236 Ma (Carniano) para a Formação

Santa Maria, e em 225 Ma (Noriano) para a Formação Caturrita (Phillip *et al.*, 2018; Langer *et al.*, 2018).

### 3.2.4 Estratigrafia de sequências e correlações regionais

As formações Santa Maria e Caturrita têm sua área de ocorrência limitada ao estado do Rio Grande do Sul. Estas unidades foram acumuladas em calhas rifte com orientação ESE-WNW, desenvolvidas por esforços extensionais ocorridos no Gondwana durante o Triássico Médio-Tardio (Zerfass *et al.*, 2003), sendo a sua área de ocorrência restrita, reflexo da própria geometria deposicional da bacia (Zerfass *et al.*, 2003, 2004). O Triássico Médio e Tardio foi caracterizado por esforços extensionais no Gondwana, que geraram sistemas de riftes, tanto na região atrás do arco (*e.g.* Cuyo e Ishgualasto), quanto nas porções internas do supercontinente (*e.g.* Waterberg, Zambezi e Ruhuhu) (Zerfass *et al.*, 2004).

As formações Santa Maria e Caturrita correspondem a quatro sequências deposicionais distintas, definidas por suas características faciológicas e paleofaunísticas, que se justapõem lateral e verticalmente, resultando em um arcabouço estratigráfico complexo e de difícil correlação (Fig. 2). As sequências são designadas, da base para o topo, como: Pinheiros-Chiniquá, Santa Cruz, Candelária e Mata (Horn *et al.*, 2014; Schultz *et al.*, 2020). As sequências Pinheiros-Chiniquá e Santa Cruz, correspondentes à metade inferior da Formação Santa Maria, são compostas, na base, por corpos arenosos amalgamados de canais fluviais efêmeros de baixa sinuosidade, que são sucedidos por pelitos de planície loessica retrabalhada. A Sequência Candelária é caracterizada, na base, por corpos arenosos amalgamados de fluviais efêmeros de baixa sinuosidade, que são sucedidos por

depósitos finos de planícies distais de leques terminais e de lagos associados, equivalendo à metade superior da Formação Santa Maria. Em direção ao topo dessa sequência, os corpos arenosos de canais fluviais efêmeros voltam a se amalgamar, equivalendo à base da Formação Caturrita. A Sequência Mata é composta somente por corpos arenosos amalgamados de canais fluviais entrelaçados, correspondendo ao topo da Formação Caturrita (Andreis *et al.*, 1980) ou ao Arenito Mata (Faccini *et al.*, 1989).

### 3.3 Formação Guará

#### 3.3.1 Designação litoestratigráfica

A Formação Guará corresponde a um pacote flúvio-eólico aflorante no bloco Oeste, que ocorre entre as formações Sanga do Cabral e Botucatu (Scherer *et al.*, 2000). Por estar posicionada entre estas duas unidades, alguns autores consideraram o pacote flúvio-eólico como uma extensão das formações Santa Maria e Caturrita (*e.g.* Milani, 2000; Milani *et al.*, 2007). Entretanto, as características faciológicas e o conteúdo fóssilífero demonstram se tratar de uma unidade sedimentar distinta (Scherer & Lavina, 2006), merecendo o status de uma formação independente.

#### 3.3.2 Características sedimentológicas e estratigráficas

A Formação Guará aflora somente no bloco Oeste (Fig. 1) e apresenta uma espessura variando entre 60 e 100 metros, aflorando ao longo da escarpa da Serra Geral, ou na forma de morros testemunhos, distribuídos em uma orientação norte-sul, desde o município de Jaguari até o de Santana do Livramento. Essa unidade é limitada, na base, por uma desconformidade com a Formação

Sanga do Cabral e, no topo, por uma paraconformidade com a Formação Botucatu. A Formação Guará apresenta uma variação lateral de associações de fácies (Fig. 3) (Scherer & Lavina, 2006). Na porção norte (Jaguari e São Francisco de Assis), ocorrem arenitos médios a grossos, moderadamente selecionados, depositados por sistemas fluviais entrelaçados, que variam, segundo a variabilidade de descarga, entre perenes (baixa variabilidade) e efêmeros (média a alta variabilidade). Os fluviais perenes são caracterizados por corpos arenosos de 2 a 5 metros de espessuras, compostos por barras de acreção frontal simples ou compostas, por *hollows* e por *sets* sobrepostos de dunas aquosas cavalgantes (Reis, 2016). Os fluviais efêmeros são compostos por lençóis de areia laminados horizontalmente e formas de leitos arenosos cavalgantes. Ambos os tipos de fluviais apresentam paleocorrentes consistentes para SW. Em direção a sul (Rosário do Sul e Santana do Livramento), ocorrem arenitos finos a médios, bem selecionados, vinculados a canais fluviais que se intercalam com depósitos de dunas e lençóis de areia eólicos, definindo ciclos de aumento de umidade para o topo, com espessuras de 5 a 14 metros (Scherer & Lavina, 2006). Os depósitos fluviais apresentam paleocorrentes para SSW, similar ao observado na porção norte, enquanto as dunas eólicas possuem um sentido preferencial de mergulho dos estratos cruzados para NE.

#### 3.3.3 Fósseis e idade

O registro fóssil da Formação Guará é composto por pegadas de saurópodes, tetrápodes e ornitópodes, além de paleotocas provavelmente feitas por mamíferos (Dentzien-Dias *et al.*, 2008; Francischini *et al.*, 2015), majoritariamente encontradas em lençóis de areia eólicos. Entretanto, o Membro Batoví da Formação Tacuarembó, exten-

são da Formação Guará em território uruguaio, registra restos corporais de assembleias fósseis terrestres e aquáticas. A paleofauna aquática é representada por invertebrados, como conchostráceos, gastrópodes *viviparidae* e bivalves (representados pelos gêneros *Diplodon* e *Tacuarembóia*), juntamente com actinopterígios (*Lepidotes*), asiatoceratodontídeos, mawsoniídeos e tubarões de água doce (Perea *et al.*, 2009). A fauna de tetrápodes é representada por crocodilos e dinossauros terópodes. Placas de casco de tartarugas também são reportadas (Perea *et al.*, 2009). A associação fossilífera indica uma idade Jurássica Tardia para o Membro Batoví e, por extensão, para a Formação Guará (Perea *et al.*, 2009).

### **3.3.4 Estratigrafia de sequências e correlações regionais**

A Formação Guará corresponde a uma única sequência deposicional, limitada na base por uma desconformidade (Fig. 2), que marca um rearranjo significativo da bacia de drenagem em relação às outras sequências permo-mesozoicas. A Formação Guará se estende para além do estado do Rio Grande do Sul, definindo uma ampla bacia sedimentar; registro de um grande sistema fluvial distributivo, que apresenta uma extensão mínima de 800 km no sentido geral do paleofluxo (norte-sul) (Fig. 3). A porção proximal do sistema se encontra no estado do Paraná (Reis *et al.*, 2019), sendo representada por canais fluviais entrelaçados perenes amalgamados, que transicionam para uma zona intermediária (oeste do Rio Grande do Sul) onde fluviais perenes e efêmeros se alternam. A porção distal do sistema se divide em duas subzonas: entre o sudoeste do Rio Grande do Sul e o noroeste do Uruguai, os canais fluviais se interdigitam com campos de dunas eólicas; e, mais ao sul, no departamento de Tacuarembó (UY), os

depósitos fluviais interagem com depósitos eólicos e inundações em lençóis terminais do Membro Batoví da Formação Tacuarembó (Reis, 2020). O padrão de paleocorrentes para SSW é consistente em toda a área de ocorrência da Formação Guará. Existe uma tendência geral de diminuição do tamanho de grão para SSW, acompanhado o sentido da paleocorrente, iniciando com conglomerados e conglomerados arenosos no Paraná e terminando com arenitos finos a muito finos no Uruguai (Amarante *et al.*, 2019; Reis, 2020). As paleocorrentes para SSW, associadas à presença de clastos sedimentares, indicam que unidades sedimentares mais antigas da Bacia do Paraná serviram como área-fonte para a Formação Guará, posicionando o seu depocentro em direção à Argentina. A pequena espessura dessa unidade, associada à dominância de corpos arenosos amalgamados, de canais fluviais e de depósitos eólicos, sugere um contexto de baixa geração de acomodação. A grande extensão areal dessa unidade indica a acumulação em ampla sinéclise, desenvolvida na periferia do bulge gerado pela pluma mantélica Paraná-Etendeka (Reis, 2020).

## **3.4 Arenito Pedreira**

### **3.4.1 Designação litoestratigráfica**

O Arenito Pedreira foi proposto informalmente por Nowatzki & Kern (2000). Essa unidade ocorre somente no bloco Leste (Fig. 1), principalmente em subsuperfície, correspondendo a conglomerados e arenitos flúvio-eólicos posicionados entre as formações Rio do Rasto e Botucatu (Scherer, 2015; Freire, 2018). A presença de depósitos flúvio-eólicos e o posicionamento estratigráfico levou alguns autores a considerarem esse intervalo como pertencente à Formação Pirambóia (Lavina & Scherer, 2002; Dias & Scherer, 2007; Soares *et al.*, 2008). Entretanto, conforme demons-

trado por Nowatzki & Kern (2000), as características petrográficas, faciológicas e de paleocorrentes diferenciam o Arenito Pedreira de outras unidades permo-mesozoicas da Bacia do Paraná, merecendo, assim, o *status* de uma unidade estratigráfica independente.

### 3.4.2 Características sedimentológicas e estratigráficas

O Arenito Pedreira possui uma espessura entre 100 e 120 metros, apresentando um contato basal em desconformidade com os depósitos finos da Formação Rio do Rasto e um contato em desconformidade ou em discordância angular com os arenitos da Formação Botucatu (Nowatzki & Kern, 2000;

Freire, 2018). Essa unidade é caracterizada por um predomínio de arenitos conglomeráticos e conglomerados na base, associados a barras arenosas ou areno-cascalhosas de sistemas fluviais, que se alternam e são sucedidos por arenitos finos a médios, com estratos cruzados de dunas eólicas ou estratos horizontais de lençóis de areia e interdunas eólicas, indicando condições gerais progressivamente mais secas.

### 3.4.3 Fósseis e idade

O Arenito Pedreira possui somente registros esparsos de icnofósseis que não permitem a definição da idade deposicional (Nowatzki & Kern, 2000). O seu posicio-

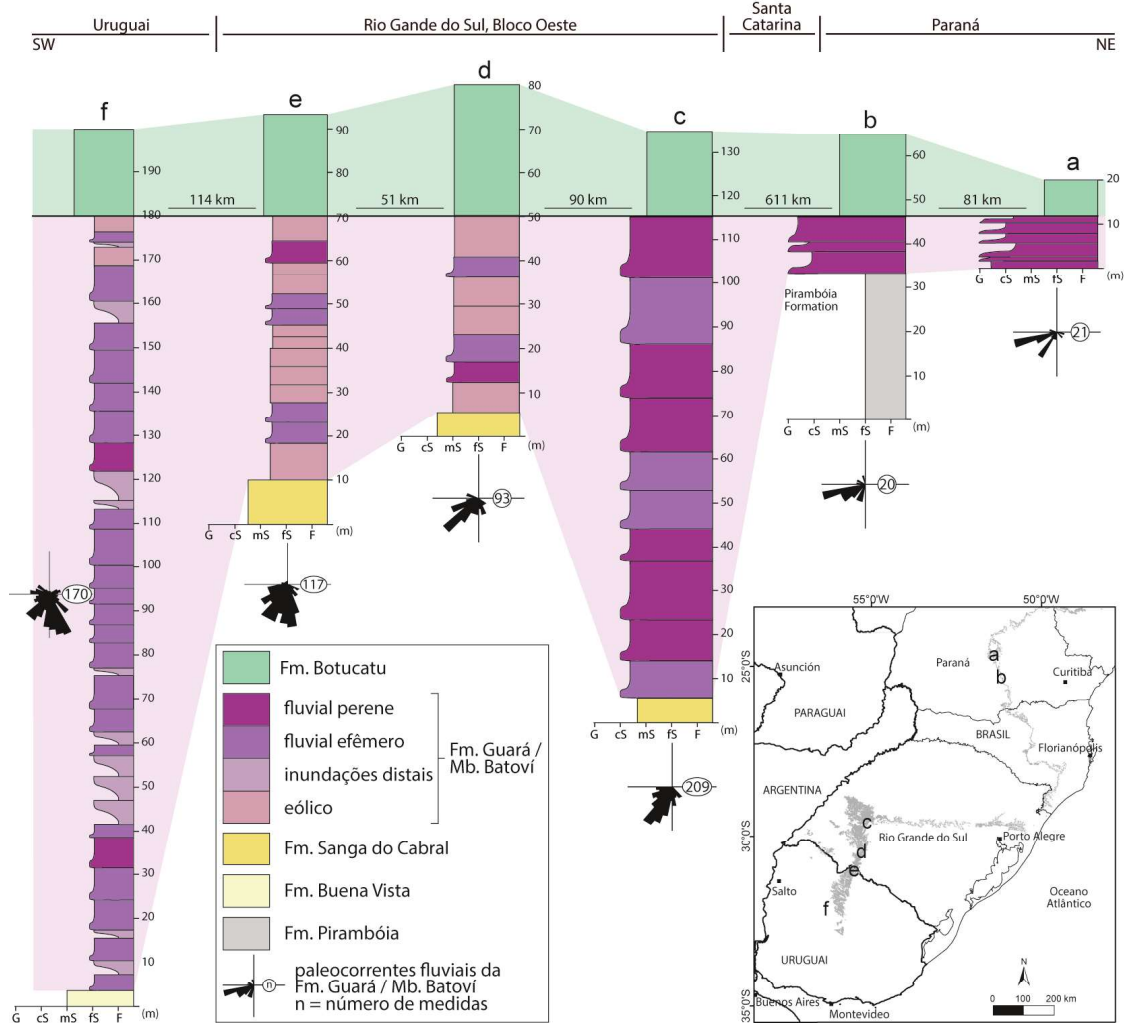


Figura 3 – Seção de correlação NE-SW regional da Formação Guará (modificado de Reis et al., 2019).

namento estratigráfico entre as formações Rio do Rasto e Botucatu indica uma idade indefinida entre o Neopermiano e o Neojurássico. Entretanto, a correlação dessa unidade com o Krone Member e a Mixed Unit, da Bacia de Huab, na Namíbia (vide discussão a seguir), permite posicioná-la no Jurássico (Wanke *et al.*, 2000).

#### **3.4.4 Estratigrafia de sequências e correlações regionais**

O Arenito Pedreira corresponde a uma única sequência deposicional, sendo limitada, na base, por uma desconformidade e, no topo, por uma discordância angular ou desconformidade (Fig. 2) (Freire, 2018). Essa unidade tem a sua ocorrência nas adjacências do Lineamento Terra de Areia-Posadas, representando o preenchimento de um *graben* embrionário com orientação WNW-ESE, que, na época da deposição, conectava-se com a Bacia de Huab (Namíbia), formando uma calha deposicional única, vinculada aos esforços iniciais de fragmentação do Gondwana no final do Jurássico (Fig. 4). O Arenito Pedreira é caracterizado por corpos fluviais amalgamados intercalados com depósitos eólicos, sendo que os depósitos fluviais são mais grossos e mais comuns na base da unidade (Freire, 2018). Na bacia de Huab, ocorre uma sucessão sedimentar correlata ao Arenito Pedreira, caracterizada pelo domínio de depósitos fluviais na base (*Krone Member*) que se intercalam e são sucedidos por depósitos eólicos em direção ao topo (*Mixed Unit*) (Mountney *et al.*, 1999; Wanke *et al.*, 2000). As paleocorrentes na Namíbia indicam fluviais vindo tanto da borda sul do *graben*, quanto orientados axialmente com rios fluindo para oeste (Mountney *et al.*, 1999), em direção ao atual território brasileiro. A falta de continuidade física entre o Arenito Pedreira e a Formação Guará e as idades pouco precisas impedem

que se defina uma cronocorrelação entre elas. Possivelmente, a Sequência Pedreira é mais jovem, visto que o desenvolvimento da calha da Sinclinal de Torres é cronocorrelata a outras estruturas rifte, de similar orientação (*e.g.* bacias de Salado e Colorado), desenvolvidas no final do Jurássico.

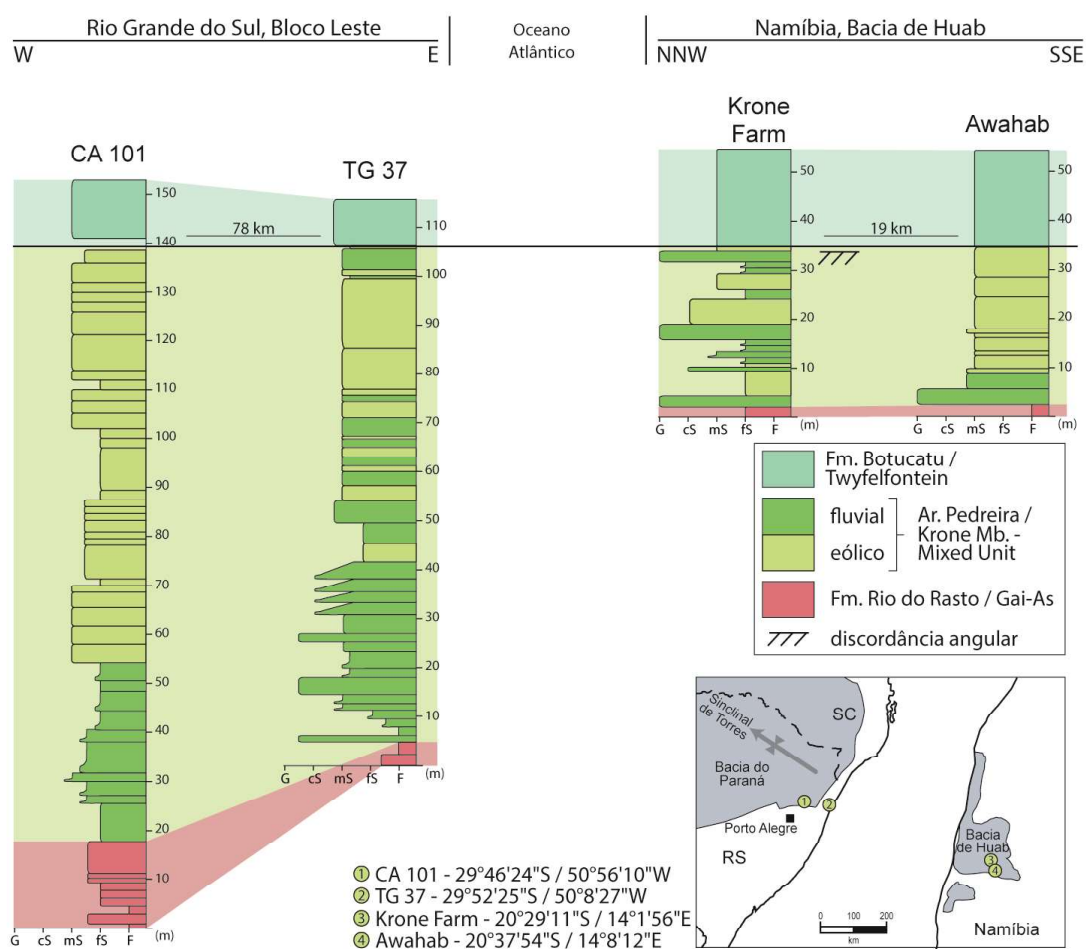
### **3.5 Formação Botucatu**

#### **3.5.1 Designação litostratigráfica**

A Formação Botucatu corresponde ao pacote arenoso posicionado abaixo e em contato concordante com os derrames vulcânicos do Grupo Serra Geral (Rosseti *et al.*, 2018), que recobre diferentes unidades estratigráficas nos diferentes blocos estruturais. Devido a sua íntima relação com os derrames vulcânicos, propõem-se que essa formação seja incluída no Grupo Serra Geral, em conjunto com as demais unidades vulcânicas (formações Torres, Vale do Sol, Palmas e Esmeralda).

#### **3.5.2 Características sedimentológicas e estratigráficas**

A Formação Botucatu aflora ao longo da escarpa da Serra Geral, apresentando uma espessura que varia de 0 a 120 metros, sendo limitada na base por uma discordância regional, recobrando diferentes unidades estratigráficas (Fig. 1). Essa unidade é sobreposta de forma concordante pelos derrames vulcânicos do Grupo Serra Geral que preservaram, integral ou parcialmente, a morfologia das dunas eólicas. A Formação Botucatu é composta, na base, por depósitos delgados (<2 m) de lençóis de areia eólicos e por inundações em lençol, que são recobertos por *sets* sobrepostos de estratos cruzados de grande porte, interpretados como depósitos residuais de dunas eólicas crescentes, simples ou compostas e *draas* li-



**Figura 4** – Seção de correlação entre o Bloco Leste da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul e a Bacia de Huab (Namíbia), mostrando a equivalência faciológica entre o Arenito Pedreira, o Krone Member e a Mixed Unit.

neares complexos, sendo esse último tipo morfológico restrito à porção leste da faixa aflorante da Formação Botucatu no Rio Grande do Sul (Scherer, 2002). O sentido preferencial de mergulho dos estratos cruzados é para NE.

### 3.5.3 Fósseis e idade

No Rio Grande do Sul, existem relatos esparsos de pegadas de tetrápodes fósseis nos estratos cruzados de dunas eólicas da Formação Botucatu. As principais ocorrências de registro icnológico se encontram no estado de São Paulo. A icnofauna da Formação Botucatu é constituída, dominante-

mente, por pegadas de dinossauros terópodes e ornitópodes, além de mamíferos, sendo os últimos representados principalmente pela icnoespécie *Brasilichnium* (Leonardi et al., 2007; Francischini et al., 2015).

A determinação da idade de acumulação dos arenitos eólicos da Formação Botucatu é bastante difícil, uma vez que as datações desta unidade são relativas, baseadas fundamentalmente nas determinações radiométricas dos derrames vulcânicos do Grupo Serra Geral. Datações  $Ar^{40}/Ar^{39}$  apontam uma idade em torno de 134 Ma (Cretáceo Inferior, Valanginiano) para as rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral no estado do Rio Grande do Sul (Thiede & Vasconcellos,

2010), oferecendo um referencial geocronológico seguro para o término da sedimentação da Formação Botucatu. Entretanto, a idade do início da sedimentação é ainda bastante imprecisa. Tendo como base os icnofósseis de vertebrados identificados nos estratos eólicos, Bonaparte (1996) atribui uma idade Neojurássica-Eocretácea para a Formação Botucatu, hipótese admitida por Milani (2007) para a elaboração do arcabouço estratigráfico do Mesozoico da Bacia do Paraná. No entanto, conforme discutido por Scherer (2002), a íntima relação dos arenitos com as lavas, a pequena espessura e a inexistência de supersuperfícies (representando hiatos significativos) dentro do pacote eólico, sugerem que na porção meridional da bacia do Paraná, a Formação Botucatu compreende um intervalo de tempo mais reduzido, tendo a acumulação eólica ocorrido no máximo algumas centenas de milhares de anos antes do vulcanismo Serra Geral.

#### **3.5.4 Estratigrafia de sequências e correlações regionais**

A Formação Botucatu corresponde, juntamente com o Grupo Serra Geral, a uma única sequência deposicional, limitada, na base, por uma paraconformidade ou discordância angular, ao longo da sua área de ocorrência (Fig. 2). Essa unidade se estende por uma área de mais de 1,5 milhão de km<sup>2</sup>, aflorando ao longo de toda a borda da Bacia do Paraná, incluindo áreas no Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai, além de apresentar depósitos correlatos no continente africano (*e.g.* Formação Twyfenfontein) (Stanistreet e Stollhofen, 1999). Apresenta uma uniformidade faciológica, ao longo da sua área de ocorrência, composta essencialmente por estratos cruzados de dunas eólicas (Scherer & Goldberg, 2007). As paleocorrentes das dunas eólicas indicam uma variação no sentido dos paleoventos, ao longo da área de ocor-

rência da Formação Botucatu. A porção norte da bacia é caracterizada por paleoventos soprando de norte, enquanto a porção sul é influenciada por paleoventos oriundos de sudoeste, existindo uma confluência de ventos na região hoje ocupada pelo estado do Paraná (Scherer & Goldberg, 2007).

A Formação Botucatu é constituída essencialmente pela acumulação de um sistema eólico seco em uma ampla bacia topográfica, integralmente preservado por derrames vulcânicos penecontemporâneos do Grupo Serra Geral (Scherer, 2002), associados à ruptura do Gondwana. Sendo assim, uma fração significativa da acumulação eólica da Formação Botucatu não seria incorporada ao registro geológico se um vulcanismo estocástico e catastrófico não tivesse ocorrido na porção sul do Gondwana, no início do Cretáceo. Devido ao recobrimento das dunas eólicas, pelos derrames vulcânicos, e à posterior subsidência flexural decorrente do peso da pilha vulcânica, toda a acumulação foi incorporada ao registro geológico, inclusive o intervalo que estava, inicialmente, situado acima do espaço de preservação.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O intervalo estratigráfico sedimentar do Mesozoico do Rio Grande do Sul pode ser subdividido em diferentes unidades estratigráficas, sendo assim designadas: Formação Sanga do Cabral, Formação Santa Maria, Formação Caturrita, Formação Guará, Arenito Pedreira e Formação Botucatu. A porção aflorante dessas unidades ocorrem em três blocos estruturais distintos (Oeste, Central e Leste), limitados por falhas regionais herdadas do embasamento. Cada bloco tectônico apresenta uma sucessão estratigráfica específica, marcada pela ausência de uma ou mais unidades estratigráficas. A sucessão sedimentar mesozoica pode ser sub-



dividida em cinco seqüências deposicionais distintas, limitadas por discordâncias de origem tectônica, correspondendo aos seguintes intervalos estratigráficos: Sanga do Cabral, Santa Maria-Caturrita, Guará, Pedreira e Botucatu-Serra Geral. A Seqüência Santa Maria-Caturrita ainda pode ser subdividida em quatro seqüências deposicionais, de mais alta resolução. Embora as seqüências mesozoicas tenham sido inseridas na Bacia do Paraná, elas devem representar bacias distintas, com mecanismos de subsidência independentes. Dessa forma, pode-se considerar a Bacia do Paraná como uma bacia sucessória, caracterizada pela sobreposição de diferentes bacias sedimentares, que ocupam a mesma área geográfica do Gondwana. As movimentações das falhas, que compartimentam os blocos estruturais e limitam a área de preservação das unidades estratigráficas devem ser síncronas ao desenvolvimento das discordâncias, associadas à tectônica modificadora e, até mesmo, geradora das diferentes bacias sedimentares.

## REFERÊNCIAS

- Andreis, R. R., Bossi, G. E. & Montardo, D. K. 1980. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 31., Balneário Camboriú. *Anais. . . Balneário Camboriú*, v. 2, p. 659-673.
- Amarante, F. B., Scherer, C. M. S., Goso Aguilar, C. A., Reis, A. D., Mesa, V. & Soto, M. 2019. Fluvial-eolian deposits of the Tacuarembó formation (Norte Basin - Uruguay): Depositional models and stratigraphic succession. *Journal of South American Earth Sciences*, 90: 355-376.
- Barberena, M. C. 1977. Bioestratigrafia preliminar da Formação Santa Maria. *Pesquisas*, 7: 111-129.
- Bonaparte, J. F. 1996. Late Jurassic vertebrate communities of eastern and western Gondwana. *Geores. Forum*, 1: 427-432.
- Bortoluzzi, C. A. 1974. Contribuição à geologia da Região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, 4: 1-101.
- Da-Rosa, Á. A. S. & Faccini, U. F. 2005. Delimitação de blocos estruturais de diferentes escalas em seqüências mesozóicas do Estado do Rio Grande do Sul: implicações bioestratigráficas. *Gaea-Journal of Geoscience*, 1(1): 16-23.
- Dentzien-Dias, P. C., Schultz, C. L. & Bertoni-Machado, C. 2008. Taphonomy and paleoecology inferences of vertebrate ichnofossils from Guará Formation (Upper Jurassic), southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 25: 196-202.
- De Santa Ana, H., Goso, C. & Daners, G. 2006. Cuenca Norte: estratigrafia del Carbonífero y Pérmico. *In: Veroslavsky, G., Ubilla M. & Martínez, S. (Eds). Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología, Paleontología y Recursos Minerales, Paleozoico*. Dirac, p. 147-208.
- Dias-da-Silva, S., Sengupta, D. P., Cabreira, S. F. & Da Silva, L. R. 2012. The presence of Compsoceps (Brachyopoidea: Chigutisauridae) (Late Triassic) in southern Brazil with comments on chigutisaurid palaeobiogeography. *Palaeontology*, 55(1): 163-172.
- Dias-da-Silva, S., Pinheiro, F., Da-Rosa, Á. A. S., Martinelli, A. G., Schultz, C. L., Silva-Neves, E. & Modesto, S. P. 2017. Biostratigraphic reappraisal of the Lower Triassic Sanga do Cabral Supersequence from South America, with a description of new material attributable to the parareptile genus Procolophon. *Journal of South American Earth Sciences*, 79: 281-296.
- Faccini, U. F. 1989. *O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul: uma análise sob o ponto de vista das Sequências Depositionais*. Porto Alegre, 130p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Faccini, U. F. 2000. *Estratigrafia do permo-triássico do Rio Grande do Sul: estilos deposicionais*.

onais versus espaço de acomodação. Porto Alegre, 220p. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Francischini, H., Dentzien-Dias, P. C., Fernandes, M. A. & Schultz, C. L. 2015. Dinosaur ichnofauna of the Upper Jurassic/Lower Cretaceous of the Paraná Basin (Brazil and Uruguay). *Journal of South American Earth Sciences*, 63: 180-190.

Francischini, H., Sales, M. A. F., Dentzien-Dias, P. C. & Schultz, C. L. 2018. The Presence of Ankylosaur Tracks in the Guará Formation (Brazil) and Remarks on the Spatial and Temporal Distribution of Late Jurassic Dinosaurs. *Ichnos*, 25(2-3): 177-191.

Freire, T. M. 2018. *Caracterização faciológica do Arenito Pedreira*. Porto Alegre, 75p. Monografia de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Gordon Jr., M. 1947. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Notas Preliminares e Estudos*, 38: 1-20.

Horn, B. L. D., Melo, T. P., Schultz, C. L., Phillip, R. P., Kloss, H. P. & Goldberg, K. 2014. 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*, 55: 123-132.

Horn, B. L. D., Goldberg, K. & Schultz, C. L. 2018a. Interpretation of massive sandstones in ephemeral fluvial settings: a case study from the upper Candelária sequence (upper Triassic, Paraná Basin, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 81: 108-121.

Horn, B. L. D., Goldberg, K. & Schultz, C. L. 2018b. A loess deposit in the Late Triassic of southern Gondwana, and its significance to global paleoclimate. *Journal of South American Earth Sciences*, 81: 189-203.

Jelinek, A. R., Philipp, R. P. & Chemale Jr., F. 2013. Evolução termotectônica do Cinturão

Dom Feliciano no RS e SC a partir da integração da análise por traços de fissão em apatita e da geologia estrutural. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 14., 2013. *Boletim de Resumos Expandidos*. Chapada dos Guimarães, SBG.

Jelinek, A. R., Philipp, R. P., Chemale Jr., F., Faccini, U. F., Viana, A. R. & Lavina, E. L. C. 2014. The tectonic-thermal history of the Southern Brazillian Shield and the relation to the depositional history of Paraná Basin. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THERMOCHRONOLOGY, 1., Chamonix. Abstract Book. Chamonix, v. 1.

Langer, M. C., Ramezani, J. & Da-Rosa, Á. A. S. 2018. U-Pb age constraints on dinosaur rise from south Brazil. *Gondwana Research*, 57: 133-140.

Leonardi, G., Carvalho, I. S. & Fernandes, M. A. 2007. The desert ichnofauna from Botucatu Formation (upper- Jurassic- lower Cretaceous). In: Carvalho, I. S. (Ed. ). *Paleontologia: Cenários de Vida*. Rio de Janeiro, Interciência, p. 379-392.

Machado, J. L. F. 2005. Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. São Leopoldo, 124p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Milani, E. J. 2000. Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana sul-ocidental e a evolução geológica da Bacia do Paraná. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (Eds. ). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Ed. UFRGS, p. 275-302.

Milani, E. J., Henrique, J., Melo, G., Souza, P. A., Fernandes, L. A. & França, A. B. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15: 265-287.

Mountney, N., Howell, J., Flint, S. & Jerram, D. A. 1999. Climate, sediment supply and tectonics as control on the deposition and preservation of aeolian-fluvial Etjo Sandstone Formation, Namibia. *Journal of the Geological Society*, Londres, 156: 771-777.

- Nowatzki, C. H. & Kern, H. P. 2000. The eolianites between Sanga do Cabral and Botucatu formations in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 72(2): 247-256.
- Oliveira, C. H. E., Jelinek, A. R., Chemale Jr, F. & Bernet, M. 2016. Evidence of post-Gondwana breakup in Southern Brazilian Shield: Insights from apatite and zircon fission track thermochronology. *Tectonophysics*, 666: 173-187.
- Perea, D., Soto, M., Veroslavsky, G., Martínez, S. & Ubilla, M. 2009. A Late Jurassic fossil assemblage in Gondwana: Biostratigraphy and correlations of the Tacuarembó Formation, Parana Basin, Uruguay. *Journal of South American Earth Sciences*, 28: 168-179.
- Philipp, R. P., Schultz, C. L., Kloss, H. P., Horn, B. L. D., Soares, M. B. & Basei, M. A. S. 2018. Middle Triassic SW Gondwana paleogeography and sedimentary dispersal revealed by integration of stratigraphy and U-Pb zircon analysis: The Santa Cruz Sequence, Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 88: 216-237.
- Reis, A. D. 2020. *O sistema fluvial distributivo da Formação Guarú, Jurássico Superior, Gondwana Ocidental*. Porto Alegre, 147p. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Reis, A. D., Scherer, C. M. S., Amarante, F. B., Rossetti, M. M. M., Kifumbi, C., Souza, E. G., Ferronato, J. P. F. & Owen, A. 2019. Sedimentology of the proximal portion of a large-scale, Upper Jurassic fluvial-aeolian system in Paraná Basin, southwestern Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 95: 102248.
- Rossetti, L., Lima, E. F., Waichel, B. L., Hole, M. J., Simões, M. S. & Scherer, C. M. S. 2018. Lithostratigraphy and volcanology of the Serra Geral Group, Paraná-Etendeka Igneous Province in Southern Brazil: Towards a formal stratigraphical framework. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 355: 98-114.
- 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. *Comun. Mus. Ci. Tecno PUCRS Ci. Terra*, 1: 43-50.
- Scherer, C. M. S. 2002. Preservation of aeolian genetic units by lava flow in the Lower Cretaceous of the Paraná Basin, southern Brazil. *Sedimentology*, 49: 97-116.
- 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. (Eds. ). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Ed. UFRGS, p. 335-354.
- Scherer, C. M. S. & Goldberg, K. 2007. Palaeowind pattern during the latest Jurassic Cretaceous in Gondwana: Evidence from aeolian cross-strata of the Botucatu Formation, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 250: 89-100.
- Scherer, C. M. S. & Lavina, E. L. C. 2006. Stratigraphic evolution of a fluvial-aeolian succession: The example of the Upper Jurassic—Lower Cretaceous Guarú and Botucatu formations, Paraná Basin, Southernmost Brazil. *Gondwana Research*, 9: 475-484.
- Schneider, R. L., Mühlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R. A., Daemon, R. F. & Nogueira, A. A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. Anais... Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 41-66.
- Schultz, C. L., Martinelli, A. G., Soares, M. B., Pinheiro, F. L., Kerber, L., Horn, B. L. D., Pretto, F. A., Müller, R. T. & Melo, T. P. 2020. Triassic faunal successions of the Paraná Basin, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 104: 102846.
- Soares, A. P., Soares, P. C. & Holz, M. 2008. Correlações estratigráficas conflitantes no limite Permo-Triássico no Sul da bacia do Paraná: o contato entre duas seqüências e implicações na configuração espacial do

aquífero Guarani. *Rev. Pesqui. em Geociências*, 35: 115-133.

Soares, M. B., Schultz, C. L. & Horn, B. L. D. 2011b. New information on *Riograndia guai-bensis* Bonaparte, Ferigolo & Ribeiro, 2001 (Eucynodontia, Tritheledontidae) from the late Triassic of southern Brazil: anatomical and biostratigraphic implications. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(1): 329-354.

Soares, P. C. 1975. Divisão estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 5: 251-267.

Stanistreet, I. G. & Stollhoffen, H. 1999. Onshore equivalents of main Kudu gas reservoir in Namibia. In: Cameron, N. D., Bate, R. H. & Clure, V. E. (Ed.). *The oil and gas habitats of the South Atlantic*. Londres, Geological Society, Special Publication, 153: 345-363.

Thiede, D. S. & Vasconcellos, P. M. 2010. Parana flood basalts: Rapid extrusion hypothesis confirmed by new  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  results. *Geology*, 38(8): 747-750.

Wanke, A., Stollhofen, H., Stainistreet, I. G. & Lorenz, V. 2000. Karoo unconformities in NW-Namibia and their tectonic implications. *Communications of the Geological Survey of Namibia*, 12: 259-268.

Zerfass, H., Lavina, E. L. C., 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 palaeogeography and palaeoclimate. *Sedimentary Geology*, 161: 85-105.

Zerfass, H., Chemale Jr, F., Schultz, C. L. & Lavina, E. L. C. 2004. Tectonics and sedimentation in South America during Triassic. *Sedimentary Geology*, 166: 265-292.