

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**



**Inunditos como um modelo sedimentar – identificação na área do  
Gráben Arroio Moirão (RS)**

**LAÍS GABRIELLI LIMA**

**ORIENTADORA:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Pimentel Mizusaki

**CO-ORIENTADOR:**

Prof. Dr. Rualdo Menegat

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Elirio Toldo Junior

Prof. Dr. Anderson Maraschin

Prof. Dra. Cassiana Michelin

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do título  
de Mestre em Geociências

**Porto Alegre, 2016**

CIP - Catalogação na Publicação

Gabrielli Lima, Laís  
Inunditos como um modelo sedimentar - identificação  
na área do Gráben Arroio Moirão (RS) / Laís Gabrielli  
Lima. -- 2016.  
74 f.

Orientador: Ana Maria Pimentel Mizusaki.  
Coorientador: Rualdo Menegat.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências,  
Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto  
Alegre, BR-RS, 2016.

1. Inunditos. 2. Triássico. 3. Gráben Arroio  
Moirão. 4. Estratigrafia. 5. Modelo sedimentar  
efêmero. I. Pimentel Mizusaki, Ana Maria, orient.  
II. Menegat, Rualdo, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Etapas do modelo deposicional do tipo inunditoss (baseado em Postma, 2014). ....	11
Figura 2 - Mapa de localização do Gráben Arroio Moirão com indicação dos locais onde foram realizados os perfis colunares (modificado de Ketzer, 1997).....	14
Figura 3 - Carta estratigráfica da Bacia do Paraná (extraído de Milani, 2007).....	16
Figura 4 - Fluxograma da metodologia utilizada. ....	24
Figura 5 - A) Arenito de granulometria grossa com estratificação plano-paralela (marcada por setas brancas) e gradação normal intraestratal; B) Arenito muito fino com estratificação plano- paralela (marcada por setas brancas) e gradação normal intraestratal; C) Arenito conglomerático com seixos e grânulos e estratificação plano-paralela, normal, intraestratal; D) Lamito com laminação, planos de fraqueza são indicados pelas setas brancas. ....	27
Figura 6 - A) Siltito com laminação, por vezes, incipiente (setas brancas); B) Conglomerado matriz-suportado, monomítico, com estratificação cruzada tangencial incipiente (linhas brancas); C) Arenito grosso a conglomerático de seixos com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo com veios de quartzo (setas amarelas); D) Arenito conglomerático de grânulos e seixos, estratificação cruzada tangencial e lag basal (linhas amarelas). ....	28
Figura 7 - A) Arenito médio a muito grosso com estratificação cruzada tangencial (inndicada por setas amarelas); B) Siltito maciço; C) Arenito com granulometria variando de fina a grossa, estratificação cruzada plano-paralela (setas amarlas) e a maior das duas superfícies de acreção lateral encontradas no gráben (linhas brancas); D) Arenito variando de médio a muito grosso, maciço.....	29
Figura 8. Conglomerado de blocos, intraformacional, aparentemente maciço (blocos indicados por setas pretas). ....	30
Figura 9 - Arcabouço Estratigráfico para o setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão, RS. ....	31
Figura 10. Camada de lamito com presença extensiva de caulinita, caracterizada pelas técnicas de DRX (difratograma típico da caulinita) e MEV destacando caulinita (K) tipo “booklet”.....	33

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Quadro estratigráfico sintético para o Triássico da Bacia do Paraná.....	20
--	----

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	III
LISTA DE QUADROS .....	IV
SUMÁRIO.....	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. Introdução .....	9
1.1 O que são Inunditos? .....	10
2. Localização da área de estudo – Gráben do Arroio Moirão.....	13
3. Bacia do Paraná e o Gráben do Arroio Moirão .....	14
4. Métodos de estudo .....	23
5. Resultados obtidos .....	26
5.1. Fácies e perfis colunares .....	26
5.2. Arcabouço estratigráfico .....	30
5.3. Modelo sedimentar: inunditos .....	32
5.4 Litologias.....	33
6. CONCLUSÕES .....	34
7. REFERÊNCIAS .....	35
8. Carta de submissão.....	38
9. Artigo: INUNDITOS COMO MODELO DEPOSICIONAL NO TRIÁSSICO DA BACIA DO PARANÁ: UM EXEMPLO NO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO (RS).....	39

## RESUMO

Os depósitos triássicos da Bacia do Paraná no Brasil ocorrem somente no estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente, diretamente sobre a porção centro-sul do Escudo Sul-Rio-Grandense entre os paralelos 30°45''e 31°15''S e os meridianos 52°45''e 53°15''W. Com o objetivo de definir o modelo sedimentar do tipo inundito para os depósitos triássicos contidos no setor nordeste do Gráben Arroio Moirão realiza-se aqui uma abordagem em termos de estratigrafia de seqüências. Para tanto, aplicou-se técnicas de mapeamento geológico de rochas sedimentares, levantamento de seis perfis colunares e coleta de amostras de rochas para análises. Com isso, foram definidas dezoito fácies, oito sucessões de fácies, sete superfícies-chave e dois marcadores estratigráficos, o que corroborou com a elaboração do arcabouço estratigráfico para a região de estudo, bem como, com a proposição do modelo deposicional do tipo inundito. As litologias encontradas na região são invariavelmente mal selecionadas, têm grãos angulosos a subangulosos e possuem geometrias em lençóis ou tabulares, características típicas de tal modelo sedimentar. O modelo de inunditos consiste em fluxos subaquosos episódicos progradantes de baixa densidade que com o passar do tempo passam a desenvolver canais efêmeros, que, por sua vez, ocorrem rapidamente por meio de feições rasas e desconfinantes. Há então a etapa transgressiva, quando o nível de base sobe e o fluxo é afogado e, posteriormente, ocorre exposição subaérea. Assim, deposita-se a seqüência sedimentar clássica do modelo tipo inundito: a sucessão de fácies granodecrescente ascendente com depósitos tabulares e em lençóis de conglomerados, maciços ou com estratificação cruzada tangencial, intercalados com camadas de arenitos grossos a conglomeráticos, maciços, ou com estratificação cruzada tangencial, por vezes com intraclastos argilosos, seguidos por depósitos tabulares e em lençóis de arenitos de granulometria média a grossa, maciços ou com estratificação cruzada tangencial, cruzada tabular ou plano-paralela, podendo também conter intraclastos argilosos. Quando há o desconfinamento, depositam-se arenitos muito finos a finos com laminação plano-paralela de fluxo superior, maciços ou com estratificação cruzada de baixo ângulo. Após, têm-se os depósitos tabulares de siltitos e lamitos com laminação plano-paralelo ou maciço, com intercalações de níveis micáceos e feições de exposição subaérea no topo.

**Palavras-chave:** inunditos, Triássico, Gráben Arroio Moirão

## ABSTRACT

In Brazil, the Triassic deposits of the Paraná Basin only occur in the state of Rio Grande do Sul, more precisely, over the south-central portion of the Sul-Rio-Grandense Shield between the parallels 30°45 'and 31°15' S and 52°45 meridians " and 53°15 "W. In order to define the sedimentary model inundito type for Triassic deposits contained in the northwest sector of the Arroio Moirão Graben is held here an approach in terms of sequence stratigraphy. In selected outcrops, by applying geological mapping techniques it was proposed columnar profiles, photographic documentation and the sampling of the units for further analysis. The columnar profiles allowed the recognition of eighteen facies, eight successions of facies, seven key surfaces and two stratigraphic markers, which corroborated with the development of the stratigraphic framework for the study area as well, with the proposition of the a depositional inundite type model, since the lithology found in the region are invariably bad selected, have angular grains subangular and have geometries sheets or tabular, typical features such sediment model with which it is to subaqueous episodic progradational flows low density with the passage of time. They go on to develop ephemeral channels, which, in turn, occur rapidly through shallow desconfidentes features after they have to transgressive step, when the base level rises and the flow is drowned subsequently occurs subaerial exposure. So is deposited classic sedimentary inundite type model: the succession of fining upward facies with tabular deposits and conglomerates sheets, massive or tangential cross bedding, interspersed with layers of coarse to conglomeratic sandstones, massive or cross-stratification tangential, sometimes with clayey intraclasts, followed by tabular deposits and sheets of medium grained sandstones thick, massive or tangential cross bedding, cross-tabular or plane-parallel, and may also contain clay intraclasts. When there is desconfinamento, deposited in very thin sandstones fine with a parallel lamination higher flow, solid or cross-bedding of low angle. Then, there are the tabular deposits siltstones and mudstones with lamination plane-parallel or massive, interlayered with micaceous levels and subaerial exposure features at the top.

**Key-words:** inundites, Triassic, Arroio Moirão Graben.

### **Estrutura da dissertação**

Esta dissertação consta de um capítulo introdutório onde são apresentados dados que corroboram que os inunditos consistem em um modelo sedimentar possível de reconhecimento no registro geológico. São exemplificadas as características dos mesmos com a proposição deste modelo sedimentar para o setor noroeste do Gráben Arroio Moirão, RS. Complementa a dissertação, carta de submissão e manuscrito submetido a periódico.



## 1. Introdução

Os inunditos clássicos são depósitos de fluxos de baixa densidade, de caráter episódico e com características próprias, de acordo, com o tipo de processo sedimentar envolvido (Della Fávera, 1984; Seilacher, 1991). Conhecendo-se bem essas características, pode-se dizer que é um modelo sedimentar de fácil identificação, entretanto, são raras as citações na bibliografia. Modelos de inunditos tem sido descritos: na borda oeste da Bacia do Parnaíba (Andrade *et al.*, 2014), na Bacia de Almada (Molinari, 2005), na Bacia do Recôncavo (Guerra & Borghi, 2003) e na porção centro-oeste da Argentina (Zavala *et al.*, 2005). Verifica-se que para o seu perfeito entendimento devem ser não só aprimoradas como também reconhecidas e propostas novas características que permitam a consolidação do modelo sedimentar do tipo inunditos. Assim, com esse modelo sedimentar bem definido e caracterizado, seu reconhecimento no registro geológico será facilitado, bem como, o entendimento dos processos atuantes.

Uma área que pode exemplificar e caracterizar o modelo de inunditos é o setor noroeste do Gráben Arroio Moirão (RS). Trata-se de um relicto com preservação das unidades triássicas da Bacia do Paraná, situado sobre a porção centro-sul do Escudo Sul-Rio-Grandense, entre os paralelos 30°45"e 31°15"S e os meridianos 52°45"e 53°15"W.

A sedimentação encontrada nessa região é predominantemente pelítica-arenosa identificando-se principalmente arenitos, siltitos e lamitos de coloração avermelhada, invariavelmente mal selecionados, com grãos angulosos a subangulosos e intensa oxidação, por vezes, com intraclastos argilosos. São observados, embora pontualmente, conglomerados.

Estas características sugeriram que a região sudoeste do gráben em questão pudesse ser escolhida para o estudo dos inunditos, já que as litologias e outras feições são comuns neste tipo de ambiente. Esta região já havia sido detalhada do ponto de vista sedimentar e estratigráfico, porém com a proposição de outros modelos sedimentares, como o fluvial (Ketzer, 1997).

Assim, o objetivo final é a definição do arcabouço estratigráfico para o setor noroeste do Gráben Arroio Moirão, visando uma melhor compreensão do desenvolvimento tectono-sedimentar da região. Espera-se ainda, vincular as características sedimentares encontradas com as dos depósitos sedimentares do tipo inunditos, afim de propor este modelo sedimentar para esta região do gráben, bem como, consolidar o modelo de inunditos, que é pouco referido na bibliografia.

## 1.1 O que são Inunditos?

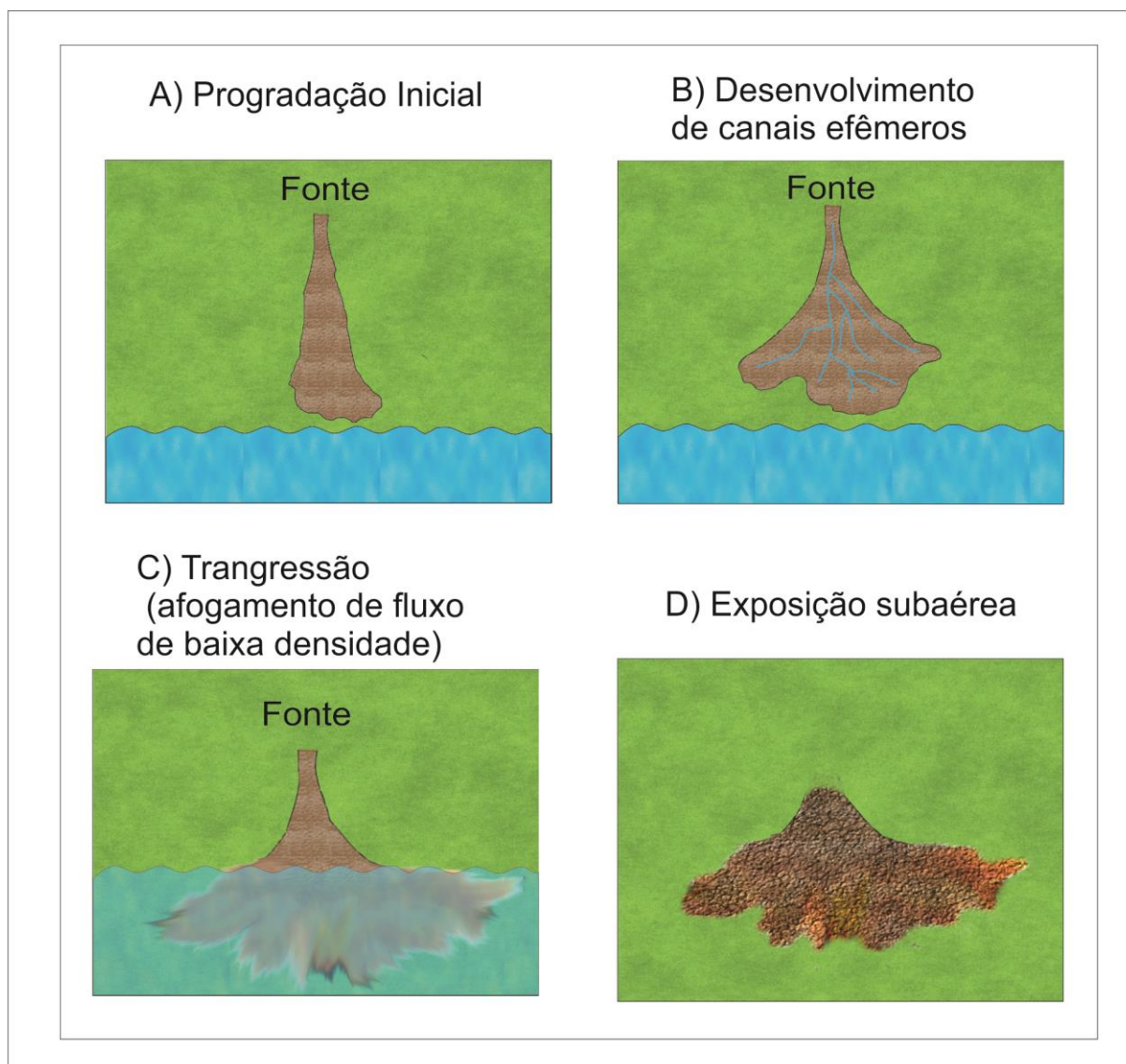
O modelo sedimentar inunditos consiste em fluxos subaquosos de baixa densidade que carregam sedimentos de maneira bipartida, destacando-se que esses fluxos ocorrem de maneira episódica no tempo geológico. Em inunditos, o sistema deposicional tem suas variações controladas principalmente pelo clima, onde enxurradas periódicas podem lavar o substrato de forma repentina, erodindo o material disponível da área fonte e, gerando os fluxos subaquosos de baixa densidade. Esses fluxos vão perdendo energia ao longo do trajeto, e assim, depositando o material que anteriormente estava sendo transportado. Portanto, trata-se de um processo repentino e episódico, um fluxo de baixa densidade que tem como características, depósitos com grãos mal selecionados e gradação normal intraestratal. A má seleção tem sido invariavelmente observada, tanto nas fácies finas como grossas, enquanto que a gradação normal intraestratal é verificada em quase todas as fácies (Lima, 2014).

Como segundo agente controlador, destaca-se a tectônica local, responsável pelo soerguimento ou subsidência da área fonte, contribuindo ou restringindo, respectivamente, o aporte sedimentar. Fluxos de baixa densidade com aporte sedimentar abundante e contínuo tenderiam a progradar, em contrapartida, se o aporte sedimentar for restringido, os fluxos de baixa densidade tendem a retrogradar, onde haveria um momento de fluxos definhantes (Zavala *et al.*, 2011).

Logo, o conjunto de processos envolvidos irá gerar uma sucessão de fácies típicas, com quatro etapas (Fig. 1) distintas bem marcadas:

- (a) progradação inicial;
- (b) desenvolvimento de canais efêmeros;
- (c) transgressão;
- (d) exposição subaérea.

Essas etapas são bem definidas nas sucessões de fácies porque apresentam processos sedimentares distintos, o que possibilita sua caracterização e distinção.



**Figura 1- Etapas do modelo deposicional do tipo inunditos (baseado em Postma, 2014).**

Os processos sedimentares específicos das quatro etapas apresentadas na figura 1, permitem a geração de fácies características. A primeira etapa decorre da progradação inicial do fluxo de baixa densidade, que domina a carga de fundo, e as fácies características são:

(A) conglomerados, maciços ou com estratificação cruzada tangencial, mal selecionados, intercalados com arenitos grossos a conglomeráticos, maciços ou com estratificação cruzada tangencial, também mal selecionados; ambos podem conter intraclastos argilosos que se associam ao retrabalhamento do topo da sucessão da inundação anterior. Após, instala-se a etapa de forma o de canais efêmeros desconfinantes que tem depósitos com geometrias tabulares, lenticulares e em lençol que se registram como fácies:

(B) arenitos com granulometria variando de grossa a média, com estratifica o cruzada tangencial, cruzada planar, maciços ou com estratifica o plano-paralela, podendo ter

intraclastos argilosos, mal selecionados. Ainda nessa etapa, quando o fluxo tem um desconfinamento considerável (Stear, 1985), as fácies gradam para arenitos muito finos a finos com laminação plano-paralela de fluxo superior, maciços ou com estratificação cruzada de baixo ângulo, mal selecionados. Em seguida, na etapa transgressiva mudam as condições de sedimentação e um evento transgressivo se inicia, caracterizado por fácies:

(C) finas como siltitos e lamitos com laminação plano-paralela ou maciços, mal selecionados, que podem se intercalar com:

(D) níveis micáceos que se originam devido a formação de plumas de flotação, que ocorre quando o fluxo de baixa densidade é “afogado” pelo lago transgressivo. São formados vórtices que irão separar-se do fluxo principal gerando as plumas de flotação, responsáveis pelo processo de decantação das micas.

Para finalizar a sucessão de fácies ideal para esse modelo, sobreposta a esse pacote de fácies características, há uma etapa em que ocorre a interrupção da sedimentação. Observam-se assim feições de exposição subaérea (gretas de contração, raízes, paleoalterações) devido ao rebaixamento de nível de base, o que caracteriza interrupção das chuvas torrenciais (fator controlador do modelo), ou/e ainda, mudanças tectônicas, como por exemplo, no soerguimento da área fonte (restrição sedimentar). Nessa etapa final evidencia-se o caráter episódico do modelo, salientando-se que essas etapas resultam em uma sucessão de fácies granodrecrescente ascendente com litologias específicas, resultado dos processos envolvidos.

Ainda, é importante salientar que as fácies do modelo sedimentar inunditos possuem características diagnósticas. Em relação a geometria das fácies, estas são sempre tabulares, lenticulares ou em lençol. Isso ocorre porque depósitos do tipo inunditos são desconfinantes e não tem incisão vertical significativa, ainda, o tempo envolvido é insuficiente para migração lateral. Consequentemente a fase de formação de canais terá baixa taxa de migração, portanto, barras de acreção lateral são pontuais, ou, por vezes, ausentes. Estas características citadas, entre outras, permitem a distinção entre inunditos e modelos fluviais clássicos (Miall, 1996). Outras características passíveis de observação em depósitos de inunditos são (Della Fávera, 1984; Seilacher, 1991):

(A) superfícies-chave (discordâncias e diastemas) entre os ciclos deposicionais;

(B) feições diagnósticas de interrupção na sedimentação como: marcas de raízes, gretas de contração e paleoalterações, situação geológica que condiz com o caráter episódico do modelo;

(C) sedimentos invariavelmente mal selecionados (granulometria variando de grossa a fina) em função do fluxo bipartido e da significativa turbidez;

(D) depósitos sedimentares com grãos angulosos e/ou subangulosos, fato decorrente do tipo de fluxo e do seu curto tempo de transporte;

(E) abundância de intraclastos de argila e silte, isso, porque ao finalizar um ciclo de inundação ocorre a deposição de finos (siltitos e lamitos). Estas litologias de final de ciclo de inundação serão erodidas pelo ciclo de inundação subsequente, ocasionando a formação de intraclastos argilosos e siltícos presentes nas litologias basais grossas (conglomerados, arenitos) do novo ciclo de inundação;

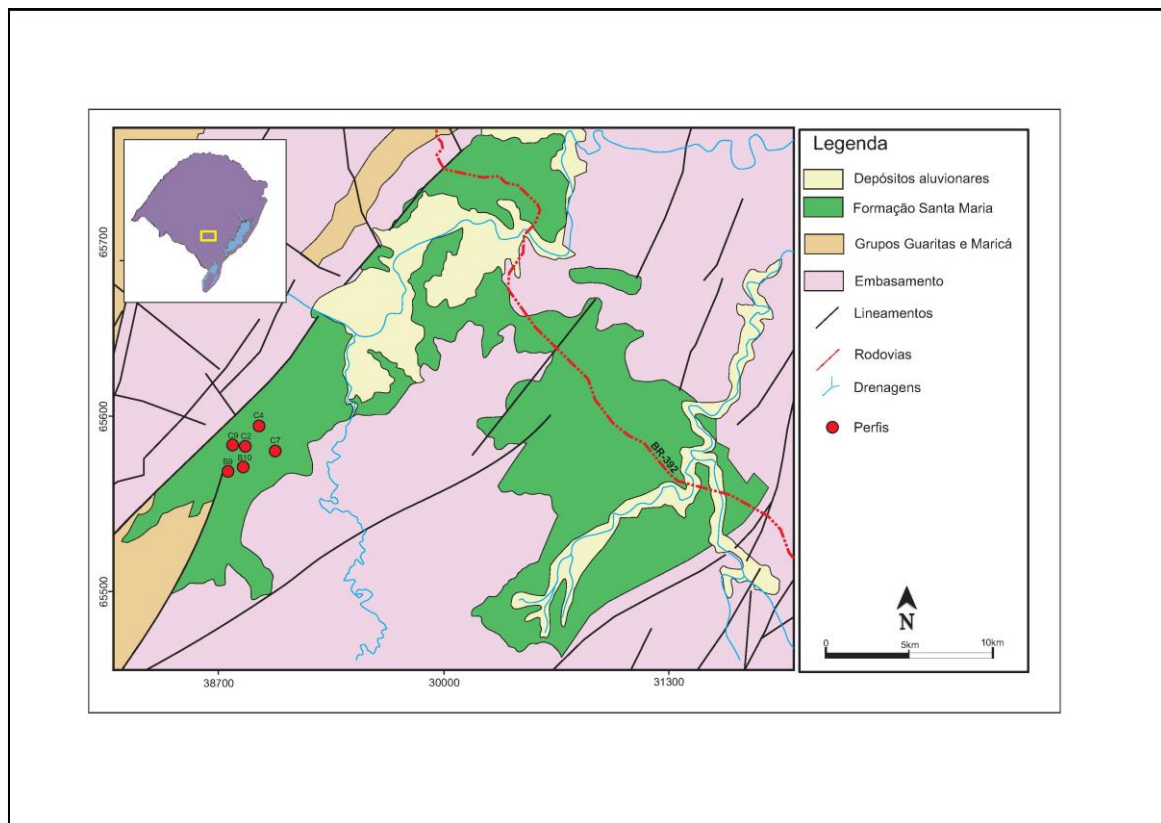
(F) empilhamento de sucessões de fácies granodecrescentes ascendentes geradas pelas etapas de progradação inicial de fluxo, formação de canais efêmeros, lago transgressivo e exposição subaérea;

(G) arcabouço estratigráfico evidenciando a progradação do sistema, com exceção para fluxos definhantes;

(H) sistema deposicional com disposição espacial radial.

## **2. Localização da área de estudo – Gráben do Arroio Moirão**

Para realização desse trabalho foi selecionado o setor noroeste do Gráben Arroio Moirão, que compreende as coordenadas: 30°45", 31°15"S, 52°45"e 53°15"W, entre as cidades de Santana da Boa Vista e Canguçu no estado do Rio Grande do Sul. Essa feição geológica é considerada como um relicto da porção sul da Bacia do Paraná pois contem rochas sedimentares mesozoicas do Grupo Rosário do Sul (Triássico), incluindo siliciclásticas da Formação Santa Maria e Formação Sanga do Cabral (Ketzer, 1997). O gráben é uma depressão de forma alongada com 30 x 95 km na direção N30°E (Fig. 2) balizada por falhas com orientação NE-SW. No seu limite leste ocorre a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu (Zona de Falha Dom Feliciano) e, no oeste a Zona de Falha Açotéia – Piquiri. Supõe-se que o conjunto destas falhas NE-SW sejam herdadas do embasamento sendo posteriormente reativadas e gerando a atual estruturação.



**Figura 2 - Mapa de localização do Gráben Arroio Moirão com indicação dos locais onde foram realizados os perfis colunares (modificado de Ketzer, 1997).**

A porção noroeste do Gráben Arroio Moirão foi selecionada para o estudo pois consiste em uma das bordas do gráben e apresenta excelente condição para o registro e preservação dos processos tectono-estratigráficos que foram atuantes. Sugere-se que, neste contexto de borda de bacia/gráben temos a tectônica mais atuante com soerguimentos e abatimentos de blocos. Como a tectônica e o clima são os dois principais agentes controladores de depósitos do tipo inunditos, torna-se mais fácil definir as características do modelo sedimentar em questão ao observar bordas da estrutura, onde há disponibilidade de material sedimentar e o transporte é facilitado.

### **3. Bacia do Paraná e o Gráben do Arroio Moirão**

O Gráben Arroio Moirão é um relicto da Bacia do Paraná com sedimentação triássica sendo seu contexto tectono-estratigráfico relacionado com o da bacia em questão.

De forma geral, a Bacia do Paraná é uma bacia intraplaca, desenvolvida no interior do Gondwana, composta, de acordo com Milani (1997), por um espesso pacote vulcano-

sedimentar, no qual são registradas seis unidades de ampla escala (Fig. 3), também denominadas Supersequências (Vail, 1977): Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), *Gondwana* I (Carbonífero-Eotriássico), *Gondwana* II (Meso a Neotriássico), *Gondwana* III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). Cada supersequência envolve intervalos temporais de algumas dezenas de milhões de anos sendo envelopadas por superfícies de discordância (Milani *et al.*, 2007; Reis *et al.*, 2013).

As três primeiras supersequências (Rio Ivaí, Paraná e *Gondwana* I) têm sucessões sedimentares que definem ciclos transgressivo-regressivos ligados às variações relativas do nível do mar no Paleozoico. As demais correspondem a pacotes continentais com rochas vulcânicas associadas, geradas após o “fechamento” do Gondwana para as incursões marinhas. A supersequência Bauru é considerada por muitos autores como posterior à Bacia do Paraná, visto que, com o evento vulcânico da Formação Serra Geral, a Bacia teve compensações isostáticas finalizando o seu ciclo.

Ao detalhar um pouco mais a evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná, observa-se que o início de sua sedimentação ocorreu no Neo-Ordoviciano com a Supersequência Rio Ivaí, quando a subsidência se instalou porque as zonas de fraqueza do embasamento foram reativadas sob o campo compressional originado na borda do continente pela Orogenia Oclóyica (Ramos, 1986). A Supersequência Rio Ivaí é constituída por rochas sedimentares das formações Alto Garças, Iapó e Vila Maria. O topo dessa Supersequência é marcado pela discordância neossiluriana (Milani, 1997).

Após, deposita-se a Supersequência Paraná, devoniana, caracterizada por ter uniformidade faciológica e espessura variável, visto que, foi afetada por sucessivos eventos erosivos que ocorreram entre o final do Neodevoniano e o Carbonífero Médio. Em seu topo, identifica-se a discordância neodevoniana, cujo hiato é de cerca de 70 Ma e sua origem tem sido relacionada com fatores tectônicos ligados à Orogênese Herciniana. Além desse, outro fator decisivo para a ausência de registro consiste na formação dos mantos de gelo polares devido ao auge da glaciação (Milani, 1997).

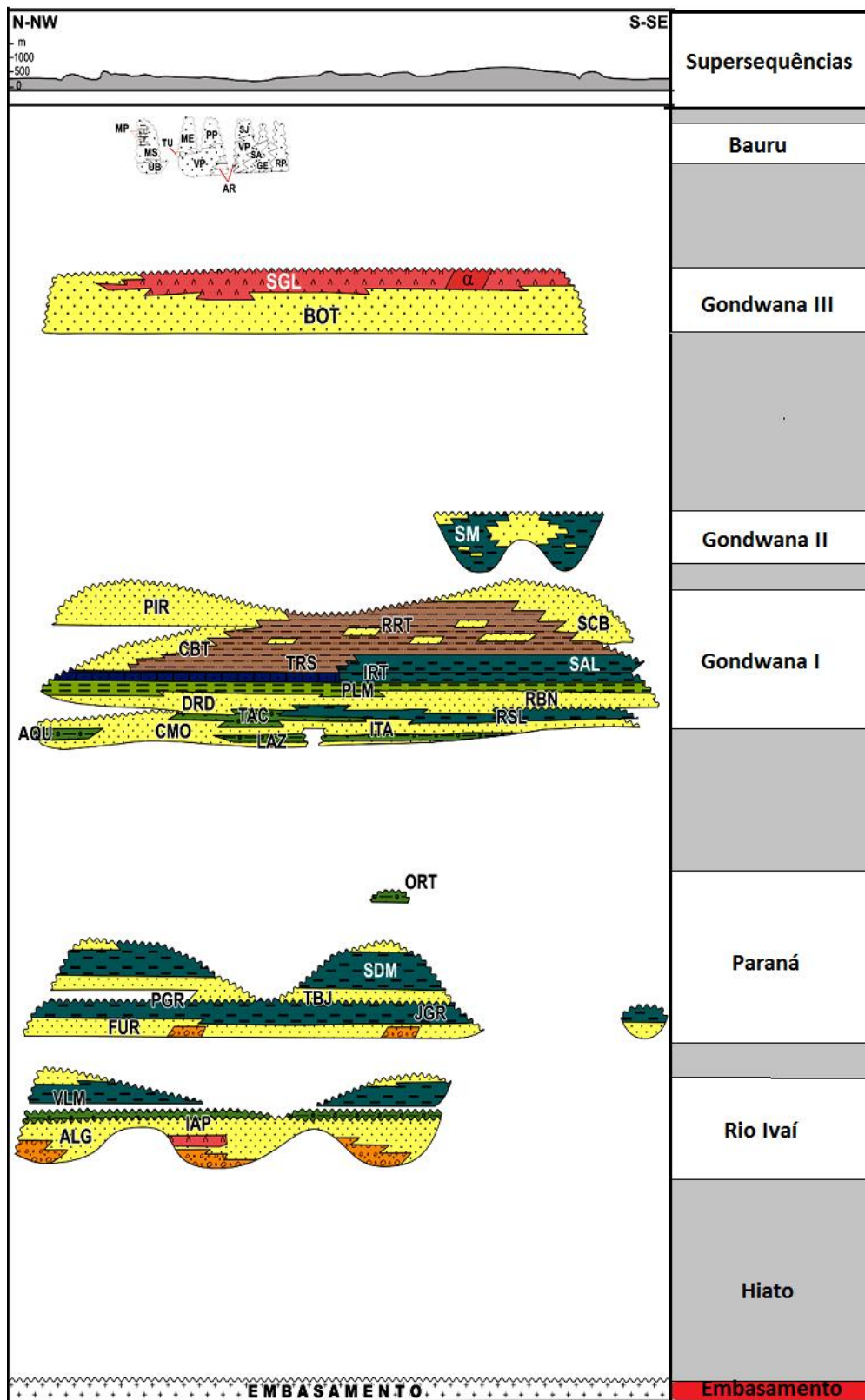


Figura 3 - Carta estratigráfica da Bacia do Paraná (extraído de Milani, 2007).

Quando houve a migração do *Gondwana* para o norte, no final do Westfaliano, parte terminal do Moscoviano (Gradstein, 1995), a sedimentação foi retomada. Deu-se a



acumulação da Supersequência *Gondwana* I que foi acompanhada de um progressivo fechamento da Bacia do Paraná com as incursões marinhas provenientes de oeste. O pacote sedimentar que se instalou acima da discordância neodevoniana materializa um ciclo transgressivo-regressivo completo tendo alcançado as condições de máxima inundação no Artinskiano. Nesse ciclo ocorreu a invasão e posterior saída do Panthalassa sobre o interior do *Gondwana* (Milani, 1997). Vale ainda salientar que sua porção basal consiste em sedimentação relacionada ao degelo do manto polar e no seu ciclo, encontram-se por exemplo, diamictitos. Logo, quando encerradas as incursões marinhas o caráter intracratônico da bacia foi paulatinamente sendo assumido, e essa acabou por ser aprisionada no interior árido do *Gondwana* mesozoico.

No período Triássico ocorreu uma distensão generalizada na porção sul do paleocontinente *Gondwana*, nesse contexto depositou-se a Supersequência *Gondwana* II (Milani, 1997). Essa tem ocorrência restrita às porções gaúcha e uruguaia da bacia e consiste em registros sedimentares que serão preservados nas bacias tipo gráben, como por exemplo, o Gráben Arroio Moirão, onde dominam sedimentos pelíticos-arenosos. Ou seja, o contexto geológico e estratigráfico do abrangeria a parte sul da Pangeia, mais precisamente, o *Gondwana* (Gradstein, 1995). Então, com o Triássico houve o máximo desenvolvimento da Pangeia, e ainda, sua consolidação, o que resultou em um soerguimento generalizado de massas continentais. Assim, o Triássico caracterizou-se por um nível de base relativamente baixo, clima árido e semiárido, e uma sedimentação continental (Zerfass, 2003).

Após a deposição desse pacote registrou-se a maior lacuna de sedimentação na Bacia do Paraná, hiato que inicia no Noriano e estende-se até o Kimmeridgiano. Sobre essa superfície depositou-se a Supersequência *Gondwana* III, que consiste em depósitos que representam extensos campos de dunas, Formação Botucatu, instalados a partir do final do Jurássico (Thitoniano) e que são sucedidos pelas rochas basálticas do eocretáceo, que por sua vez, são relacionadas aos momentos iniciais de ruptura do paleocontinente devido a evolução do oceano Atlântico Sul. Assim, com a Formação Serra Geral, finalizam-se os eventos de acumulação extensiva no interior do megacontinente.

Quanto a estruturação da Bacia do Paraná, Holz *et al.* (2006) realizou estudos básicos em ampla escala na bacia, ressaltando que as principais estruturas regionais são dois sistemas de falhas de NE e SW e direções NW e SE. Tais orientações de estruturas também são encontradas na região do Gráben Arroio Moirão e o gráben insere-se no contexto estratigráfico da Supersequência *Gondwana* II (triássica) de Milani (1997), tratando-se de uma unidade “gonduânica”.

Considerando o Triássico no Rio Grande do Sul, a sedimentação pode estar relacionada diretamente com o Sistema Orogênico Gonduanides (Holz *et al.* 2006). Esse sistema estava instalado em uma zona convergente tipo Andina na margem do Panthalassa. Os registros da orogênese que se estendia na margem leste do Gondwana se encontram hoje na América do Sul e Austrália.

Portanto, a deposição no Triássico Inferior deu-se em uma larga bacia aluvial que se estenderia do oeste da América do Sul até a África. Já a sedimentação no Triássico Médio/Superior, teria ocorrido dentro de uma série de bacias tectonicamente controladas, na forma de bacias riftes intracontinentais geradas por reativação de estruturas Pan-Africanas do Cinturão Damara (Proterozoico Superior), a extensão começou na porção Africana. Com a continuidade da extensão, os segmentos de falha cresceram e novos segmentos desenvolveram-se e interligaram-se. Posteriormente, a extensão sofreu propagação em direção à parte sul-americana, gerando os segmentos com direção NW-SE. Após esse evento, os segmentos NW- SE do tipo A evoluíram para falhas normais, relacionadas com o desenvolvimento de uma bacia rifte, representada pela Supersequência Santa Maria (Ladiniano a Rético ou Eojurássico) (Zerfass *et al.* 2004).

Duas populações de fraturas com direção NW-SE foram definidas: as fraturas do tipo A, que têm significado estatístico na Supersequência Sanga do Cabral, possuem azimuth variando entre 280° - 290°. As fraturas do tipo B, que são estatisticamente importantes em todas as unidades mesozoicas estudadas, da Supersequência Sanga do Cabral à Formação Serra Geral, possuem azimuth variando entre 310° - 320°, sendo interpretadas como segmentos secundários ligados a um sistema anastomosado (Zerfass, 2003).

Dessa forma, observaram-se duas fases distintas de sedimentação no sul da América do Sul durante o Triássico: as amplas bacias aluviais do Eotriássico, representadas pela Formação Sanga do Cabral e as bacias extensionais do Meso e Neotriássico, reconhecidas por meio da Formação Santa Maria.

Em síntese, o período Triássico (Quadro 1) é representado por duas formações, a Sanga do Cabral (Induano) e a Santa Maria (Ladiniano a Rético ou Eojurássico). A primeira tem cerca de 100 m de espessura, e é composta por depósitos fluviais de baixa sinuosidade. Apresenta uma paleofauna de tetrápodes (família *Procolophonidae*), que sugere idade induana (Ruban *et al.*, 2009) e não possui sequências de frequência mais alta. Sua área-fonte constituiu-se de terrenos sedimentares soerguidos na região periférica do sistema Gonduanides (Zerfass, 2003).

A segunda corresponde a um pacote pelítico que ocorre exclusivamente no Rio Grande do Sul, estendendo-se também para o Uruguai no caso dos estratos eotriássicos. Na Formação Santa Maria, o estudo de répteis reconheceu a maioria dos grupos presentes atualmente (*Dicynodontia*, *Cynodontia*, *Pseudosuchia*, *Rhynchocephalia* e *Saurischia*). Foram também encontradas plantas fósseis e invertebrados (*Crustacea* e *Insecta*). Segundo Zerfass (2003), que faz uma abordagem de cunho tectônico, a supersequência é subdividida em sequências de terceira ordem, quais sejam: Santa Maria 1 (Ladiniano); Santa Maria 2 (Carniano a Eonoriano); e Santa Maria 3 (provavelmente posicionada no Rético ou Eojurássico). A área-fonte da Supersequência Santa Maria estava relativamente mais próxima que a da Supersequência Sanga do Cabral e consistia em rochas do embasamento soerguido, mais precisamente, rochas do Escudo Sul-Rio-Grandense e Uruguaio.

Em 1977, foi proposta a primeira subdivisão bioestratigráfica para a Formação Santa Maria. Foram reconhecidas três cenozonas (*Therapsida*, *Rhynchocephalia* e *Dicroidium*). As duas primeiras, baseadas em répteis e com extensão lateral considerável, ao passo que a última apóia-se em plantas fósseis e tem caráter fortemente local. Ainda foram correlacionadas essas zonas e a fauna triássica da Argentina com as da Formação Santa Maria, resultando em um posicionamento entre o Mesotriássico e o Neotriássico (Barberena & Bortoluzzi, 1977).

Em subsuperfície, a Supersequência *Gondwana* II exhibe em sua base, depósitos pelíticos sobrepostos aos arenosos, sendo que o contato entre esses é abrupto. Isso reflete uma "transgressão lacustre" sobre a discordância que marca o topo da Supersequência *Gondwana* I. Essa evidência poderia ser indicativa de alta taxa de subsidência, com posterior cenário de bacia faminta (Milani *et al.* 1998). No Rio Grande do Sul, o conjunto pelitos lacustres/progradações arenosas é recoberto em contato abrupto pelos arenitos da Formação Botucatu.

O cenário da Formação Santa Maria do Meso ao Neotriássico está relacionado com a formação de grábens distensivos assimétricos. A ciclicidade dos eventos deposicionais, intercalando pelitos lacustres e arenitos fluviais, ocorreu devido às variações do nível de base, como respostas aos pulsos de subsidência, combinadas com variações climáticas. Esse pacote sofreu uma forte erosão relacionada com a deflação eólica ligada à Formação Botucatu, impossibilitando uma correlação do contexto paleofisiográfico do Meso ao Neotriássico na Bacia do Paraná (Milani *et al.* 1998).

A Formação Santa Maria é subdividida em duas sequências deposicionais, denominadas de sequências Santa Maria 1 e 2. A Sequência Santa Maria 1, possui cerca de

150 m de espessura e aflora na região central do Rio Grande do Sul. Consiste predominantemente de argilitos e arenitos médios a finos contendo intraclastos pelíticos, sendo estes uma característica marcante da sequência. Além disso, contém conglomerados subordinados, sendo estes interpretados como canais de baixa sinuosidade que foram sucedidos por sistemas deltaicos e lacustrinos rasos (Ruban *et al.* 2009). Fósseis de répteis como dicinodontes, cinodontes e tecodontes sugerem idade Ladiniana (Schultz *et al.* 1995). É sobreposta pela Sequência Santa Maria 2, e a superfície limitante é uma desconformidade ocorrida no Ladiniano (topo do Mesotriássico).

A Sequência Santa Maria 2, também aflorante na porção contígua à bacia na Depressão Periférica do Rio Grande do Sul, tem espessura de cerca de 50 m. Em sua porção inferior, possui arenitos também interpretados como canais de baixa sinuosidade. Em sua porção superior, consiste em argilitos relacionados a um sistema lacustre raso. São encontrados fósseis de restos de répteis, plantas, peixes, insetos, e crustáceos. Os répteis são rincosauros, cinodontes e os primeiros dinossauros, que indicam a idade Carniano/Noriano Inferior (Schultz *et al.*, 1995). O limite superior é a desconformidade que separa essa sequência do Membro Caturrita (Noriano) e da Formação Botucatu (Cretáceo Inferior). Esse hiato possui idade Noriano/Carniano (Ruban *et al.* 2009). O Graben Arroio Moirão preserva unidades da Sequência Santa Maria 2 (Santos, 2016).

Abaixo (Quadro 1) segue a síntese da estratigrafia de sequências para o Triássico da Bacia do Paraná, com base em Zeffass (2003), Ruban *et al.* (2009) e Milani (2007).

Geocronologia		Litologias	Litoestratigrafia	Zeffass (2003)		Ruban (2009)	Milani (2007)
Período	Idade			Supersequência	Sequência de 2ª ordem	Sequência Depositional	Supersequência
Cretáceo			Formação Serra Geral				Gondwana III
			Formação Botucatu				
Jurássico		Hiato					
Triássico	Rético		Formação Caturrita	Supersequência Santa Maria	Santa Maria 3	"Membro Caturrita"	Gondwana II * Inclui Membro Caturrita
	Noriano		Formação Santa Maria		Santa Maria 2	Santa Maria 2	
	Carniano				Santa Maria 1	Santa Maria 1	
	Ladiniano		Membro Alemoa				
	Anisiano		Membro Passo das Tropas				
Olenekiano	Hiato	Formação Sanga do Cabral	Supersequência Sanga do Cabral			Gondwana I	

**Quadro 1 - Quadro estratigráfico sintético para o Triássico da Bacia do Paraná (extraído de Lima, 2014).**

O quadro 1 exemplifica a dificuldade em relação a “estratigrafia das unidades isoladas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense”. Além dos autores ali exemplificados, outros trabalhos acerca dos relictos sobre o Escudo Sul- Rio-Grandense foram realizados, como por exemplo, os estudos pioneiros de Franco (1944) e Leinz *et al.* (1945) que inseriram essas rochas sedimentares na série Camaquã. Posteriormente, Tessari & Picada (1966) propuseram que essas litologias seriam denominadas de “Formação Caneleiras”, e atribuíram a essas uma idade devoniana, baseada nas relações de campo e seu conteúdo fóssilífero, mais precisamente, a presença de impressões de folhas e caules considerados de idade paleozoica.

Quando descartada a correlação com a série Camaquã do Eopaleozoico, restou a possibilidade de correlacionar a Formação Caneleiras com a porção basal da seção goduânica, ou seja, com o Grupo Itararé (Eopermiano). Tal fato é possível pois o Grupo Itararé está assentado sobre o embasamento cristalino, assim como a Formação Caneleiras, portanto, eles deviam ter no máximo idades contemporâneas. Essa afirmação baseava-se nos princípios estratigráficos da época da "estratigrafia de camadas de bolo". Porém, essa proposição também foi eliminada por não haver relações de contato muito claras, através de evidências regionais, geomorfológicas, estudo de ambiente deposicional das duas sequências, grau de diagênese, intensidade do tectonismo e, por fim, o conteúdo fóssilífero (Tessari & Picada, 1966).

Na década de oitenta, Jost (1981) identificou para a “Formação Caneleiras” vertebrados fósseis característicos do Triássico denominados *Scaphonyx fisheri*, assim, refutava-se a idade devoniana e verificava-se uma idade Mesozoica. Com esse novo cenário, houve a proposição de novas hipóteses de correlação da Formação Caneleiras com a seção goduânica da Bacia do Paraná. Exemplificando-se, na década de noventa, foram retomadas as discussões acerca da formação em questão, e a idade Triássica não era mais discutível, entretanto, incoerências nas fácies sugeriam que a Formação Caneleiras correspondesse, na realidade, a várias unidades litoestratigráficas.

Menegat & Scherer (1993) reforçaram o posicionamento estratigráfico no Permo-Triássico e definiram que o ambiente tectônico em questão não era compatível com as unidades pré-goduânicas (Grupo Camaquã) mas sim com as condições tectônicas da Bacia do Paraná ao correlacionarem a Formação Caneleiras com unidades do tipo *red beds* do Permo-Triássico da Bacia do Paraná, na região de Encruzilhada do Sul (RS)

Ainda, Menegat *et al.* (1995) fez uma abordagem de cunho tectono-estratigráfico e procurou integrar parte das unidades isoladas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense (Formação Caneleiras) na região de Encruzilhada do Sul (RS). Foram caracterizadas duas sequências

deposicionais que puderam ser correlacionadas com a Formação Rio Bonito e com as formações Rio do Rasto e Sanga do Cabral.

Enfim, verifica-se que o termo “Formação Caneleiras”, desde a década de noventa vem sendo substituído pelas respectivas formações gonduânicas da Bacia do Paraná.

Mais especificamente, quanto ao Gráben Arroio Moirão, um dos relictos anteriormente inserido na "Formação Caneleiras", esse registra unidades triássicas da Supersequência Gondwana II de Milani (2007) da Bacia do Paraná, mais precisamente, a Formação Santa Maria (Cardoso, 2016).

Horn *et al.* (2014) define uma nova sequência de terceira ordem para a Formação Santa Maria, ao estudar os relictos da bacia do Paraná.

E ainda, a cerca dos trabalhos desenvolvidos no Gráben Arroio Moirão, Ketzer (1997) identificou ortoconglomerados, paraconglomerados, conglomerados intraformacionais e arenitos estratificados e, com base, na associação de fácies definiu um ambiente deposicional aluvial, denominando o pacote de Sequência I. O autor também identificou arenitos basais e "ritmitos" (definidos como uma alternância de arenitos e siltitos, finalizando com pelitos laminados no topo da sequência). Essas litologias foram inseridas nos sistemas fluvial entrelaçado e lacustre, e corresponderiam a denominada Sequência II (Ketzer, 1997).

Também é sugerido por Ketzer (1997) duas hipóteses acerca da interpretação das fácies em questão:

(A) a fácies ritmito poderia ser relacionada à presença de lagos de água muito rasa, que, eventualmente, secam e se vinculam a correntes de turbidez, ou ainda, por Della Fávera (1984), como “inunditos clássicos”;

(B) os ritmitos estariam associados lateralmente com depósitos fluviais, ou não, no primeiro caso, compondo um conjunto *crevassy splay*, planície de inundação e canal fluvial; no segundo, sendo equivalentes a frentes deltaicas tipo “*flysch*” (Della Fávera, 1980).

Por conseguinte, o autor não tinha evidências suficientes na época para optar por uma destas duas hipóteses, entretanto, algumas evidências já apontavam para o modelo deposicional do tipo inunditos, que agora tem o entendimento acerca dos seus processos atuantes comentados em Zavala (2011).

Ainda, salienta-se que compreendendo o modelo deposicional inunditos, seus processos, suas etapas, e, tendo posse de novas evidências de campo, pode-se assumir que o modelo em questão é compatível com uma sucessão de fácies granodrecrescente ascendente, composta por distintos tipos litológicos (conglomerados, arenitos, siltitos, lamitos), e não apenas por uma fácies denominada de "ritmitos".

Ao considerar a bioestratigrafia, Horn *et al.* (2015) identifica na porção mais ao norte do Gráben Arroio Moirão a presença do fóssil-índice da Biozona de *Hyperodapedon* que ocorre na Supersequência Santa Maria, confirmando a idade triássica ao trabalhar com estes rincossauros. Também é registrado, no gráben, a presença de rochas vulcânicas, como a Formação Passo das Carretas, correlata à Formação Serra Geral (Figueiró *et al.* 1996) e subvulcânicas, como corpos fonolíticos relacionados com a Suíte Piratini, que ocorrem como *plugs* e *necks* (Machado, 2014).

#### **4. Métodos de estudo**

A metodologia utilizada neste trabalho pode ser dividida em três etapas principais (Fig. 4): pesquisa bibliográfica, atividades de campo, atividades de laboratório, além do tratamento dos dados e confecção desta dissertação.

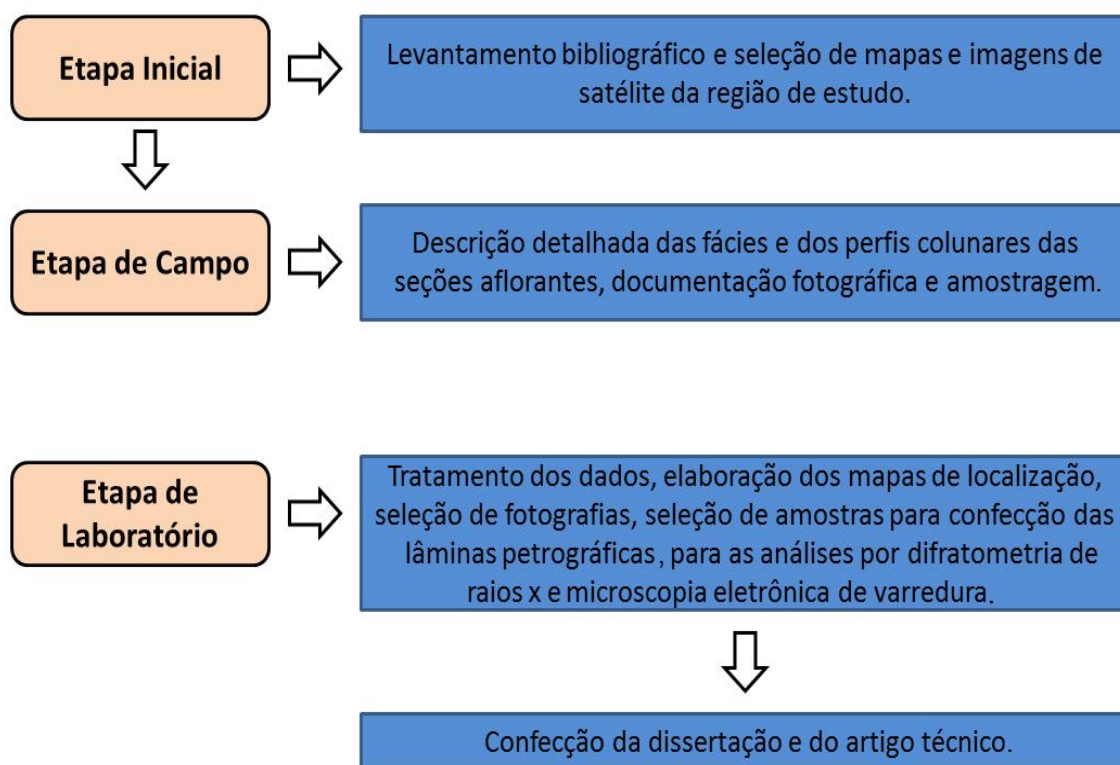
A etapa inicial foi destinada ao levantamento bibliográfico de artigos técnico-científicos nacionais e internacionais, teses e dissertações que discutem sobre o modelo sedimentar do tipo inunditos e modelos sedimentares episódicos. Paralelamente também foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a Bacia do Paraná, a Formação Santa Maria e o Gráben Arroio Moirão. Nesta etapa ainda foram realizadas: seleções de fotos aéreas, das imagens de satélite e dos mapas topográficos das regiões selecionadas para o estudo.

Em um segundo momento foram realizados trabalhos de campo segundo a técnica de mapeamento geológico (Lisle *et al.* 2014) no local selecionado para o estudo. Foram definidos dez pontos alvo para levantamento de seções colunares, todos na carta de Pinheiro Machado (RS), setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão. Nestes pontos, foram recolhidos diversos dados geológicos, através da descrição detalhada das unidades aflorantes e levantamento de perfis colunares, documentação fotográfica, e coleta de amostras de rochas para análises futuras.

Por fim, foi desenvolvido um trabalho em laboratório que englobou o tratamento dos dados de campo e a elaboração de mapa de ponto no software ArcGis e do arcabouço estratigráfico no software Adobe Illustrator CS6, bem como, a digitalização dos perfis que o compõe. Com os dados adquiridos no trabalho de campo, bem como, as descrições dos afloramentos, a identificação e caracterização das fácies, o levantamento dos perfis colunares e a geração do arcabouço estratigráfico, conjuntos com os resultados das técnicas

laboratoriais, a difratometria de raios X, a petrografia e a microscopia eletrônica de varredura, foi possível propor o modelo sedimentar inunditos para a região de estudo.

Na terceira etapa, as amostras coletadas na fase de campo foram descritas (macro e microscopicamente) e fotografadas em detalhe. Com base nas descrições foram selecionadas as amostras para serem analisadas por técnicas petrográficas, de difratometria de raios X (DRX), e de microscopia eletrônica de varredura (MEV).



**Figura 4 - Fluxograma da metodologia utilizada.**

As lâminas petrográficas foram confeccionadas de acordo com a metodologia usual. As amostras de rochas sedimentares foram impregnadas com resina de cor azul visando facilitar a identificação da porosidade. As lâminas petrográficas foram descritas com um microscópio Leitz Laborluz 12 (com aumentos variando entre 2,5 x e 50 x) utilizando-se técnicas de luz natural e luz polarizada e fotomicrografadas.

Para a técnica da difração de raios X (DRX) foram utilizadas as frações finas separadas dos sedimentos ( $FF < 2 \mu m$ ). O difratômetro usado foi um Siemens D5000 Diffraktometer do Laboratório de Difratometria de Raios X do Instituto de Geociências da



Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As condições do difratômetro foram radiação  $K\alpha Cu$ , 40 kV, 30 mA de corrente de filamento e intervalo de 2 a  $72^\circ$  ( $2\theta$ ).

Para a separação da fração fina ( $FF < 2 \mu m$ ) das amostras de rochas sedimentares previamente selecionadas foram aplicados os procedimentos descritos por Alves (1987). Neste protocolo, as amostras são pulverizadas em um gral de ágata e cinco gramas do pó resultante são dispersos em 50 mL de água destilada e submetidos ao ultra-som, na presença de uma solução de pirofosfato de sódio (atua como defloculante). Na solução resultante, com o auxílio da centrífuga, separou-se a  $FF < 2 \mu m$ . Esta fração é depositada em duas lâminas de vidro nas quais os argilominerais são orientados segundo a técnica do esfregaço (Gibbs, 1965). As lâminas assim preparadas são secas em condições naturais.

Para a identificação dos argilominerais, analisou-se inicialmente uma destas lâminas (denominadas normais). A outra lâmina foi colocada num dessecador contendo etilenoglicol ( $CH_2OHCH_2OH$ ). O dessecador foi colocado em estufa aquecida a  $60^\circ C$  por 8 horas, obtendo-se então a amostra/lâmina glicolada para verificar a existência ou não de argilominerais expansivos. Após a análise desta segunda lâmina no difratômetro, procedeu-se seu calcinamento por 2 horas em um forno a  $500^\circ C$  com o objetivo de se obter a amostra/lâmina calcinada. Esta auxilia na avaliação dos argilominerais que colapsam a sua estrutura nestas condições, permitindo uma identificação mais precisa. A partir da análise conjunta dos difratogramas obtidos com a amostra natural, glicolada e aquecida e da comparação deles com padrões do banco de dados do computador (PDF2) através do programa *Diffraction Plus*<sup>®</sup> Siemens-Bruker-Axs, é possível, reconhecer os argilominerais presentes na  $FF < 2 \mu m$ .

Quando o MEV, a preparação dos fragmentos seguiu o procedimento descrito por Mizusaki (1986) onde os fragmentos milimétricos de rocha são colados (com fita dupla face) em porta amostras especiais (dimensões de aproximadamente 5x6 mm) e metalizados. Na metalização, a preparação é recoberta com uma película metálica de ouro, com espessura média de 100 Å, o que a torna superficialmente condutora.

As amostras foram analisadas em aumentos variáveis e fotodocumentadas com um microscópio eletrônico de varredura PHILIPS modelo XL30, pertencente ao Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da UFRGS. Associado ao MEV foi utilizado o EDS (Energy Dispersive X - Ray Spectrometer) que permite obter dados químicos semi-quantitativos.

## 5. Resultados obtidos

### 5.1. Fácies e perfis colunares

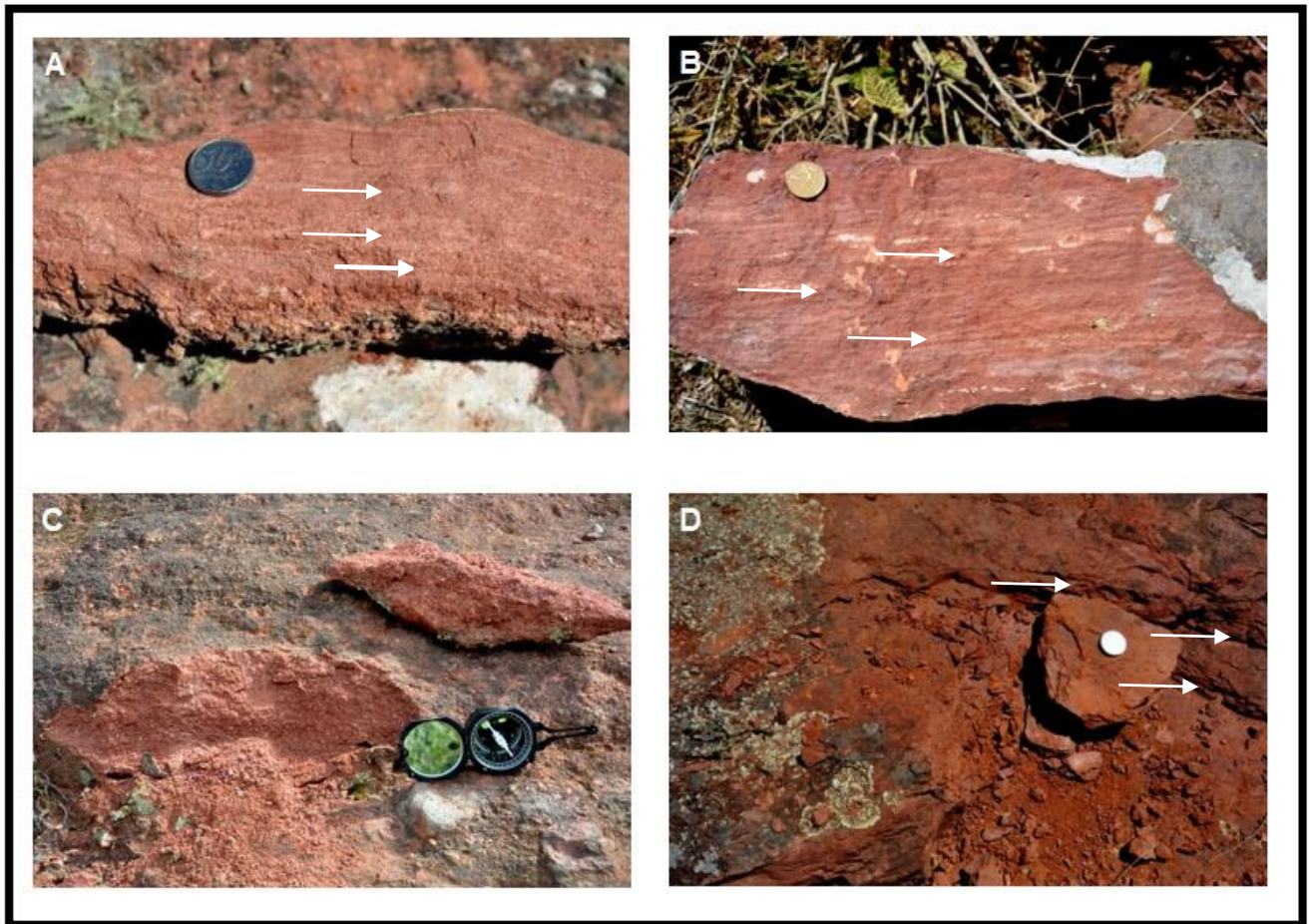
Com o presente trabalho foram reconhecidas 18 fácies, sendo algumas representadas nas figuras 5, 6, 7, 8 destacando-se que as litologias têm características semelhantes:

- (A) baixo grau de seleção (fácies invariavelmente mal selecionadas);
- (B) predomínio de grãos subangulares a angulares, raramente subarredondados;
- (C) litologias com texturas médias e grossas e composição quartzo-feldspática;
- (D) camadas com formas tabulares e em lençol.

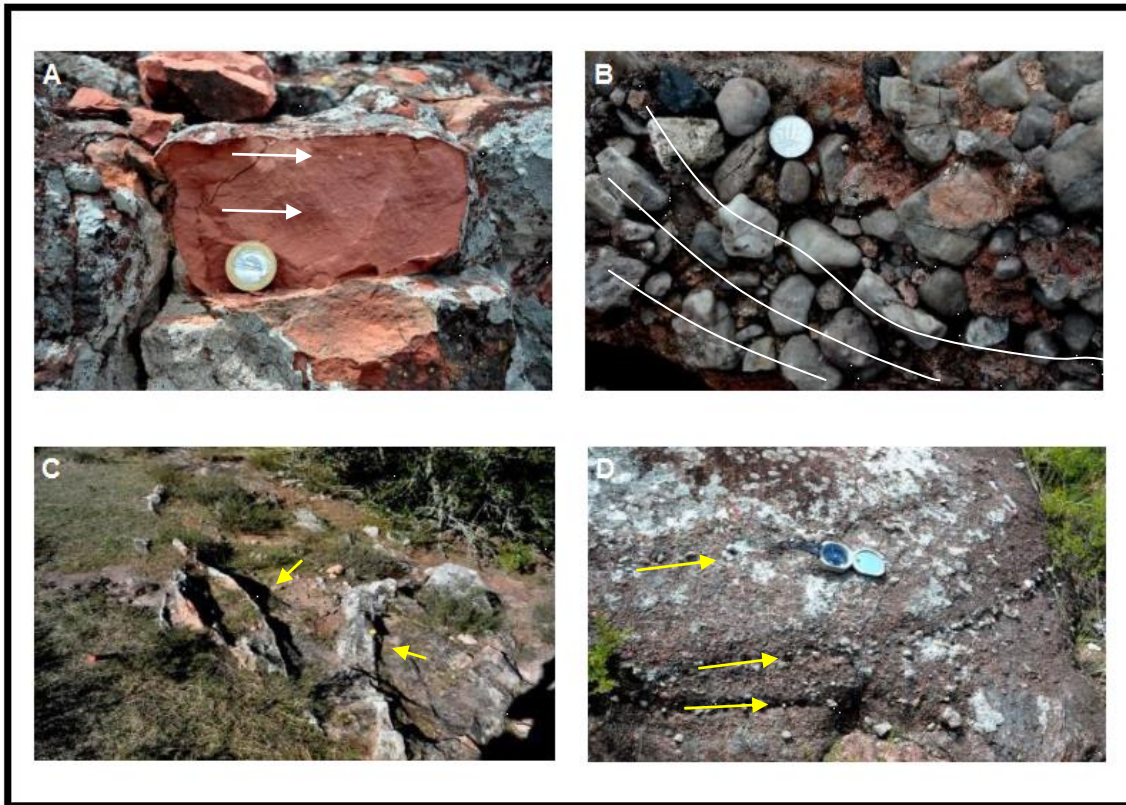
Por vezes, foram encontradas essas feições nas fácies:

- (A) paleoalterações;
- (B) intraclastos argilosos;
- (C) níveis micáceos;
- (D) pontuais e pouco espessas superfícies de reativação por acreção lateral (apenas duas exposições foram encontradas, sendo que, a feição mais espessa tem 70 cm de espessura).

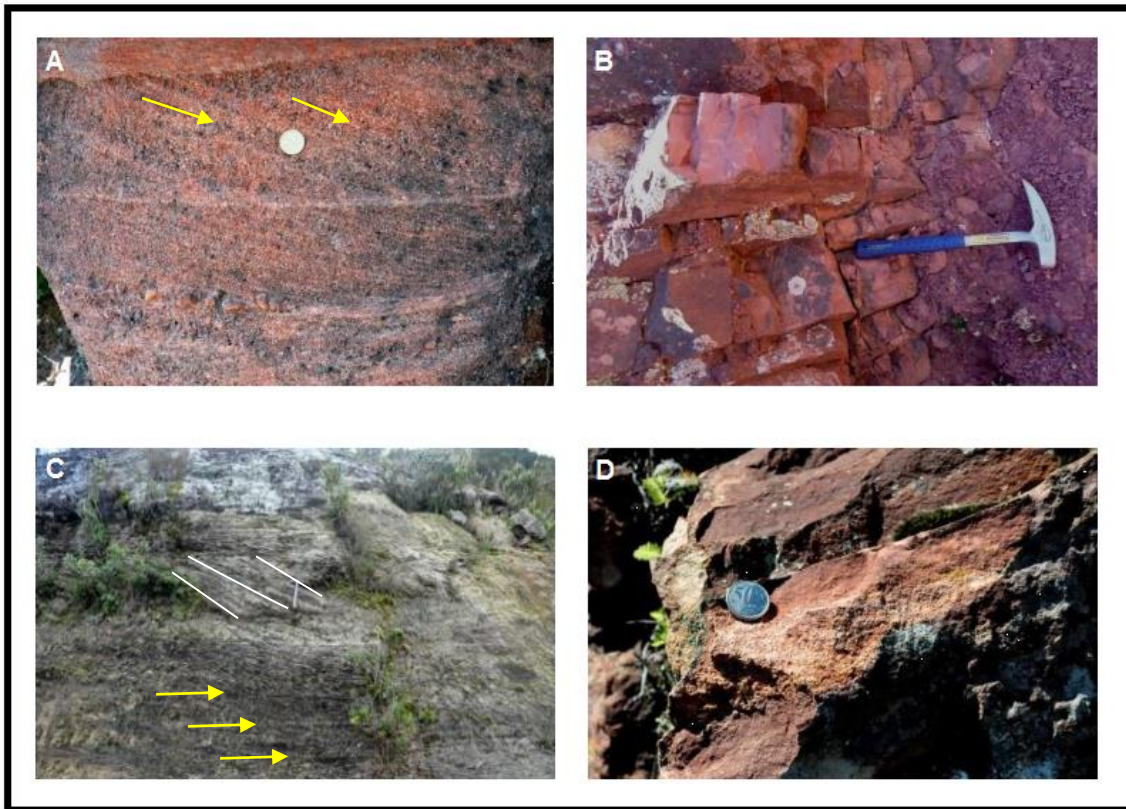
Essas fácies (Figs. 5, 6, 7, 8) se dispõem em seis perfis colunares, C9, B9, B10, C2, C4 e C7, que representam o resultado do mapeamento sedimentar em seções aflorantes na porção sudoeste do Gráben Arroio Moirão. Todos os perfis são compostos por grupos de sucessões de fácies granodecrescentes ascendentes limitados por superfícies-chave de boa continuidade lateral. Dentro desses ciclos, ainda temos as sucessões de fácies que os compõem sendo todas identificadas como granodecrescentes ascendentes e limitadas por superfícies-chave locais. Em ambos os casos as superfícies são de não deposição ou/e erosão demarcando um momento de interrupção na sedimentação. O perfil colunar mais espesso e representativo tem 49,25 m e a sucessão de fácies mais espessa tem 14,5 m. Em vista disso, pode-se supor que foram eventos possantes de sedimentação, que cessavam seu registro periodicamente, uma vez que esses eventos são separados por superfícies-chave de não deposição ou/e erosão.



**Figura 5 - A) Arenito de granulometria grossa com estratificação plano-paralela (marcada por setas brancas) e gradação normal intraestratal; B) Arenito muito fino com estratificação plano-paralela (marcada por setas brancas) e gradação normal intraestratal; C) Arenito conglomerático com seixos e grânulos e estratificação plano-paralela, normal, intraestratal; D) Lamito com laminação, planos de fraqueza são indicados pelas setas brancas.**



**Figura 6 - A) Siltito com laminação, por vezes, incipiente (setas brancas); B) Conglomerado matriz-suportado, monomítico, com estratificação cruzada tangencial incipiente (linhas brancas); C) Arenito grosso a conglomerático de seixos com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo com veios de quartzo (setas amarelas); D) Arenito conglomerático de grânulos e seixos, estratificação cruzada tangencial e lag basal (linhas amarelas).**



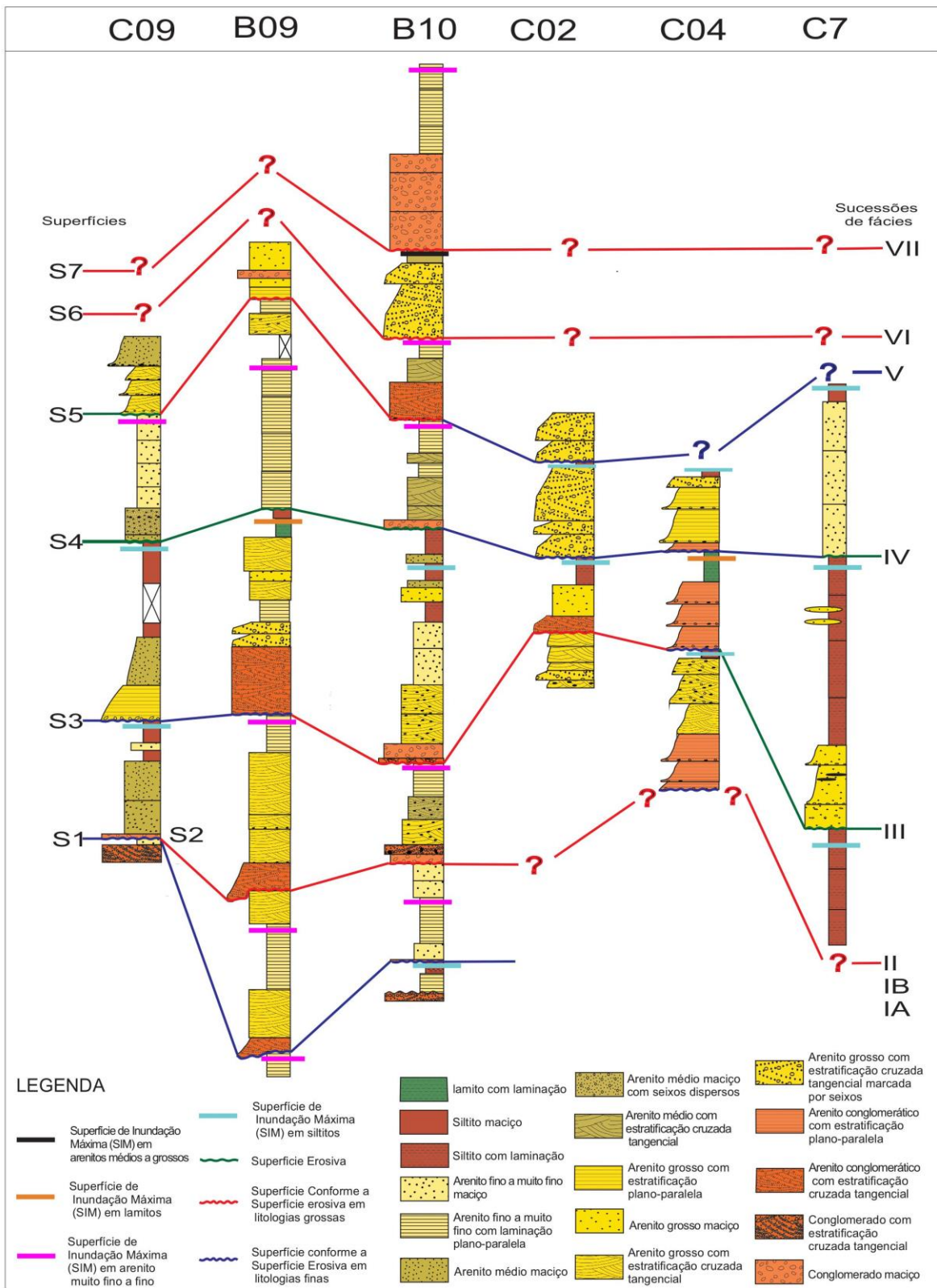
**Figura 7 - A) Arenito médio a muito grosso com estratificação cruzada tangencial (inndicada por setas amarelas); B) Siltito maciço; C) Arenito com granulometria variando de fina a grossa, estratificação cruzada plano-paralela (setas amarlas) e a maior das duas superfícies de acreção lateral encontradas no gráben (linhas brancas); D) Arenito variando de médio a muito grosso, maciço.**



**Figura 8. Conglomerado de blocos, intraformacional, aparentemente maciço (blocos indicados por setas pretas).**

## **5.2. Arcabouço estratigráfico**

Os seis perfis colunares corroboraram a proposta do arcabouço estratigráfico (Fig. 9) para a região sudoeste do Gráben Arroio Moirão, onde foram definidas oito sucessões de fácies granodecrescentes ascendentes (IA, IB, II, III, IV, V, VI e VII) que tem como limitantes sete superfícies chave: algumas com boa continuidade lateral (S1, S2, S3, S4, S5) e outras de caráter local (S6 e S7), ambas são resultantes de um momento transgressivo (afogamento) e posterior exposição subaérea, o que as difere é a escala. As superfícies são passíveis de reconhecimento devido o contato abrupto das litologias, e por vezes, por contato erosivo, associado ou não, com a presença de intraclastos argilosos. Então, com o arcabouço definido foi possível precisar o modelo sedimentar para a região em questão, pois o entendimento dos processos sedimentares tornou-se mais claro, bem como, o entendimento da dinâmica da área, e assim, do modelo sedimentar vigente.



**Figura 9 - Arcabouço Estratigráfico para o setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão, RS.**

### 5.3. Modelo sedimentar: inunditos

Com o arcabouço sedimentar definido e os processos sedimentares compreendidos, a definição do modelo sedimentar inunditos clássico foi estabelecida. Esse tipo de modelo trata-se de um fluxo subaquoso episódico de baixa densidade que carregam partículas da área fonte até perder sua competência, e, assim, ocorrer a deposição. Porém, por ser um fluxo de baixa densidade bipartido, ou seja, compreender carga de tração e suspensão, não há uma boa segregação das partículas, logo, a má seleção é evidente. Ainda, esse tipo de fluxo sedimentar tem como característica grãos com baixo arredondamento, visto que, esse evento é episódico que não envolve muito tempo de transporte, bem como, as partículas não interagem muito.

Esse modelo compreende quatro etapas de sedimentação principais:

- (a) progradação inicial;
- (b) formação de canais;
- (c) transgressão;
- (d) exposição subaérea.

A etapa inicial ocorre devido a progradação do fluxo de baixa densidade e domina a carga de fundo (etapa progradação inicial). Ocorrem conglomerados, maciços ou com estratificação cruzada tangencial, mal selecionados, intercalados com arenitos grossos a conglomeráticos, maciços, ou com estratificação cruzada tangencial, também mal selecionados, ambos podem conter intraclastos argilosos que provém do retrabalhamento do topo da sucessão de inundações anteriores.

Sucedendo essa etapa ocorre a formação de canais efêmeros que tendem a se desconfinar, as fácies resultantes da etapa de formação de canais são arenitos grossos e médios com estratificação cruzada tangencial, cruzada planar, maciços ou com estratificação plano-paralela, podendo ter intraclastos argilosos, mal selecionados. Quando o fluxo tem um desconfinamento considerável, as fácies passam para arenitos muito finos a finos com laminação plano-paralela de fluxo superior, maciços ou com estratificação cruzada de baixo ângulo, mal selecionados com formas de leito tabulares e em lençol.

Acima dos depósitos de formação de canais desconfinados, há depósitos que registram mudanças nas condições de sedimentação. Este pacote de sedimentação registra uma transgressão, essa é caracterizada por depósitos finos como siltitos e lamitos com laminação plano-paralela ou maciços, mal selecionados, que podem se intercalar com níveis

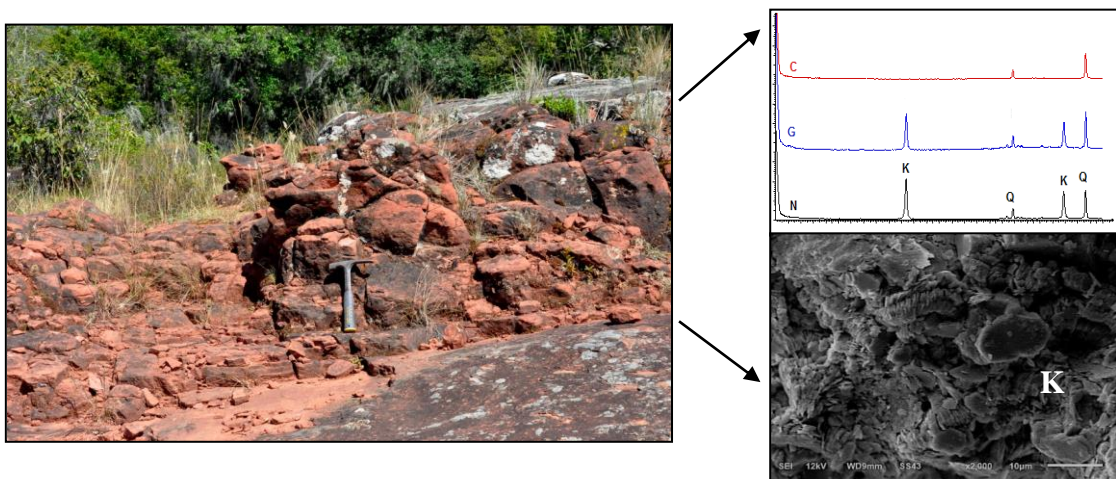


micáceos. Esses níveis se originam devido a formação de plumas de flotação, isso ocorre quando o fluxo de baixa densidade é afogado pelo lago transgressivo, assim, forma vórtices que irão se separar do fluxo principal gerando as plumas de flotação que são responsáveis pelo processo de decantação das micas.

A última etapa da sucessão de fácies ideal para esse modelo consiste na exposição subaérea, feições dessa nova condição (rebaixamento de nível de base) são visíveis, nesse caso, paleoalterações. Nesse momento, ocorrem mudanças nos fatores controladores (clima e tectônica) do modelo sedimentar, ou seja, parada das chuvas torrenciais ou/e parada no soerguimento da área fonte. Esse é mais um fator que evidencia o caráter episódico do modelo.

## 5.4 Litologias

As 18 fácies encontradas apresentam comumente geometria tabular ou em lençol, coloração avermelhada, má seleção, cimentação por óxido de ferro. Por vezes, as fácies apresentam intraclastos argilosos de dimensões variadas, dispersos, ou fazendo parte de pavimentos (*lag*) basais, juntamente, com seixos e grânulos de quartzo. As fácies de granulometria grossa têm composição predominantemente quartzo-feldspática. Já os siltitos apresentam intercalações de níveis micáceos e grânulos de quartzo dispersos. A camada de lamito é predominantemente formada pelo argilomineral caulinita, caracterizada por análises ao microscópio eletrônico de varredura e por difração de raios X (MEV e DRX).



**Figura 10.** Camada de lamito com presença extensiva de caulinita, caracterizada pelas técnicas de DRX (difratograma típico da caulinita) e MEV destacando caulinita (K) tipo “booklet”.

## 6. CONCLUSÕES

Com o auxílio dessas técnicas foi possível propor o modelo inundito para a região sudoeste do Gráben Arroio Moirão, anteriormente caracterizado como fluviais entrelaçados (Ketzner, 1997). Também se propõe uma sessão tipo e caracteriza-se bem esse tipo de modelo, até então pouco referido na bibliografia, para que este seja difundido e tenha seu reconhecimento facilitado. Assim, obteve-se um melhor entendimento da dinâmica sedimentar da área, bem como, definiu-se um arcabouço estratigráfico e um novo modelo sedimentar, que agora, se encontra melhor caracterizado na bibliografia.

## 7. REFERÊNCIAS

- Alves, D.B. 1987. Desenvolvimento da metodologia de preparação de amostras para análise difratométrica de argilominerais no Centro de Pesquisas da Petrobrás. *Boletim Geociências da Petrobras*, 1(2):157-175.
- Andrade, L. S.; Nogueira, A. C. G.; Silva Junior, J. B. C. 2014. Evolução de um Sistema Lacustre Árido Permiano, parte Superior da Formação Pedra de Fogo, Borda Oeste da Bacia do Parnaíba. *Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, 14(4): 3-60.
- Barberena, M. C.; Bortoluzzi, C.A. 1977. Bioestratigrafia preliminar da Formação Santa Maria. *Pesquisas*, 7:111-129.
- Cardoso, D. S., 2016. Identificação de charcoal como evidência da ocorrência de incêndios no Triássico da Bacia do Paraná, *em preparação*.
- Della Fávera, J.C. 1980. Reconhecimento de novas fácies e ambientes deposicionais na Bacia do Parnaíba. Anais, 31º Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, 2: 356-357.
- Della Fávera, J.C. 1984. Eventos de sedimentação episódica nas bacias brasileiras: uma contribuição para atestar o caráter pontuado do registro sedimentar. Anais, 33º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, 1: 489-501.
- Figueiró, J. E. P.; Viero, A. P.; Roisenberg, A. 1996. Aspectos Geoquímicos e Petrogenéticos do Vulcanismo Toleítico Mesozóico da Formação Passo das Carretas, Santana da Boa Vista, RS. . Anais, 39º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, 2: 65-68.
- Franco, R. R., 1944. A faixa estanífera do Rio Grande do Sul. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 44: 5-54.
- Gibbs, R. J. 1965. Error due to segregation in quantitative clay mineral X-ray diffraction mounting technique. *American Mineralogist*, 50: 741-751.
- Guerra, G. S; Borghi, L. F. A. 2003. Fácies Sedimentares Gravitacionais e Deformacionais da Formação Maracangalha em afloramento e sua importância na exploração da Bacia do Recôncavo. *In: Anais, 2o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás, Rio de Janeiro, 2003. Anais*, Rio de Janeiro, IBP. CD ROM, 6p.
- Gradstein, F. M.; Agterberg, F. P.; Ogg, J. G.; Hardenbol, J.; Van Veen, P.; Thierry, J. ; Huang, Z. 1995. A Triassic, Jurassic, and Cretaceous time scale. *SEPM, Special Publication 54*.
- Holz, M.; Kuchle, J.; Philipp, R. P.; Bischoff, A. P.; Arima, N. 2006. Hierarchy of tectonic control on stratigraphic signatures: base-level changes during the early Permian in the Paraná Basin, southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 22 (3): 185-204.
- Horn, B.L.; Schultz, C.L.; Figueiredo, A.E.Q.; Motta, F.A. 2015. Recognition of the *Hyperodapedon* Assemblage Zone (Late Triassic) in a relictual occurrence over the Sul-Rio-Grandense Shield. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18(1):91-96.
- Jost, H. 1981. Geology and metallogeny of the Santana da Boa Vista Region, Southern Brazil. Athens-EUA. Tese de Doutorado, The University of Georgia, 208 p.
- Ketzer, M. 1997. Cronoestratigrafia das unidades gonduânicas preservadas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense (Formação Caneleiras). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 215 p.
- Leinz, V.; Pinagel, H. 1945. A mina de estanho Campinas, Município de Encruzilhada, RS. *Boletim da Divisão de Fomento e. Produção Mineral, DNPM*, Rio de Janeiro, n. 70, 99.
- Lima, L. G. 2014. Análise de fácies e modelos deposicionais de unidades triássicas da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense na região do Graben Arroio Moirão, RS: Em busca de marcadores estratigráficos. Monografia (Graduação) - Instituto de Geociências, Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 93 p.
- Lisle, R.J.; Brabham, P.; Barnes, J. 2014. Mapeamento Geológico; Guia de campo. Porto Alegre, Bookman, 231 p.
- Machado, J. P. S. L., 2014. Estruturação do Graben Arroio Moirão, Santana da Boa Vista, RS: Tectônica e geocronologia. Monografia (Graduação) - Instituto de Geociências, Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 75 p.
- Menegat, R.; Scherer, C.M.S. 1993. Formação Caneleiras (RS): Devoniana ou Permianotriássica?; Critérios para o enquadramento estratigráfico de sequências isoladas sobre o Escudo

Sul-Rio-Grandense. Resumos expandidos, 1<sup>o</sup> Simpósio sobre a cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, Rio Claro(SP). IG/UNESP. 90-93 p.

Menegat, R.; Scherer, C.M.S.; Ketzer, J.M.M.; Caravaca, G. 1995. Discordância entre a Formação Rio Bonito e a Sequência Rio do Rastro/ Sanga do Cabral da Bacia do Paraná na região de Encruzilhada do Sul, RS: Implicações tectônicas. Resumos expandidos, 2<sup>o</sup> Simpósio sobre a cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, Porto Alegre (RS), 42-44 p.

Mial, A. D., 1996. The geology of fluvial deposits: sedimentar facies, basin analysis and petroleum geology. New York, Springer-Verlag, 582pp.

Milani, E. J. 1997. Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu Relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. Porto Alegre, Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 255 p.

Milani, E. J.; Faccini, U. F.; Scherer, C. M. S.; Araújo, L. M.; Cupertino, J. A. 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. *Boletim IG-USP*, São Paulo, n. 29. 125-173.

Milani, E.J.; Thomaz Filho, A. 2000. Sedimentary Basins of South America. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds). *Tectonic Evolution of South America*, Edição Especial, Rio de Janeiro, p. 389-449.

Mizusaki, A. M. P. 1986. A utilização do microscópio eletrônico de varredura no estudo de rochas reservatório de hidrocarbonetos. Seminário de Geologia, Rio de Janeiro, Petrobrás/Depex, 1: 322-331.

Molinari, L; Borghi, L. F. A. 2005. Inunditos em uma Paleo-Ria: Exemplo da Formação Urucutuca em Afloramentos da Bacia de Almada – Bahia. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, 28 (2 ): 194-212

Postma, G., 2014. Generic autogenetic behaviour in fluvial systems: lessons from experimental studies. *Inter. Assoc. Sedimentol. Special publication*, 46:1-18.

Ramos, V.A.; Mpodozis, C.; Kay, S.; Cortes, J.M., Palma, M.A. 1986. Paleozoic terranes of the Central Argentine-Chilean Andes. In: Copyright (eds.) 1986.. *Tectonics*, v.5. p. 855–880.

Reis, G. S.; Mizusaki, A. M. P.; Roisenberg, A.; Rubert, R. R. 2013. Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. *Pesquisas em Geociências*. 41(2): 155-168.

Ruban D. A.; Zeffass H.; Pugatcheve V.I, 2009. Triassic synthems of southern South America (southwestern Gondwana) and the Western Caucasus (the northern Neotethys), and global tracing of their boundaries. *Journal of South American Earth Sciences*. n.28, 155–167.

Schultz, C. L., 1995. Subdivisão do Triássico do Rio Grande do Sul com base em Macrofósseis: problemas e perspectivas. Comunicação do Museu de Ciências e Tecnologia – UBEA/ PUCRS. Série Ciências da Terra, 1:25-32.

Seilacher, A. 1991. Events and their signatures - an Overview. In: G. Einsele, W. Ricken, A. Seilacher (Eds.), *Cycles and events in stratigraphy* (222-226). New York: Springer-Verlag.

Stear, W. M. 1985. Comparasion of the bedform distribution and dynamics of modern and ancient flood deposits in the southwestern Karoo region, South Africa. *Sedimentary Geology*, 45(3-4), 209-230.

Tessari, R. I.; Picada, R. S. 1966. Geologia da quadrícula de Encruzilhada do Sul, Brasil. *Boletim da Divisão de Fomento e Produção Mineral*, Rio de Janeiro, DNMP, n.124, 147 p.

Vail, P.R. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part. 3: Relative Changes of Sea from Coastal Onlap. *AAPG Memoir*. 26, 63-81.

Zavala, C., Ponce, J. J., Arcuri, M., Drittanti, D. , Freije, H.; Asensio, M. 2005. Ancient lacustrine hyperpynites: a depositional model from a case study in the Rayoso Formation (Cretaceous) of west-central Argentina. In: *Journal of Sedimentary Researc*, 2006, v. 76, 41–59. 24p.

Zavala, C.; Arcuri, M.; Di Meglio, M.; Gamero Diaz, H.; Contreras, C. 2011. A genetic facies tract for the analysis of sustained hyperpynal flow deposits. In: R. M. Slatt and C. Zavala. (eds.). 2011. *Sediment transfer from shelf to deep water - Revisiting the delivery system: AAPG Studies in Geology* 61, p. 31–51.


Zeffass, H. 2003. História tectônica e sedimentar do Triássico da Bacia do Paraná (Rio Grande do Sul, Brasil) e comparação geológica com as bacias de Ischigualasto e de Cuyo (Argentina). Tese de

Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS). 191p.

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

## 8. Carta de submissão

Re: comprovante de submissão revista geociências unesp Entrada x

 maurelio@rc.unesp.br  
🔒 para Ana, mim ▾

> Prezada Lais Gabrielli Lima,

Informo que recebemos os originais do artigo "INUNDITOS COMO MODELO DEPOSICIONAL NO TRIÁSSICO DA BACIA DO PARANÁ: UM EXEMPLO NO GRABEN ARROIO MOIRO (RS), submetido a nossa revista. Informo também que o mesmo está sendo encaminhado para análise do corpo consultivo da revista.

Atenciosamente,

Prof Dr. Marcos Aurélio Farias de Oliveira

Editor da Revista Geociências

# 9. Artigo: INUNDITOS COMO MODELO DEPOSICIONAL NO TRIÁSSICO DA BACIA DO PARANÁ: UM EXEMPLO NO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO (RS)

## INUNDITES AS A DEPOSITIONAL MODEL IN THE TRIASSIC OF THE PARANÁ BASIN – AN EXAMPLE IN THE ARROIO MOIRÃO GRABEN (RS)

Laís Gabrielli LIMA<sup>1</sup>, Rualdo MENEGAT<sup>2</sup>, Ana Maria Pimentel MIZUSAKI<sup>1,2</sup>

- (1) UFRGS, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Av. Bento Gonçalves 9500, Campus do Vale, 91509-900 – Porto Alegre (RS). Endereço eletrônico: lais.gabrielli@gmail.com.
- (2) UFRGS, Instituto de Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Av. Bento Gonçalves 9500, Campus do Vale, 91509-900 – Porto Alegre (RS). Endereços eletrônicos: ana.mizusaki@ufrgs.br; rualdo.menegat@ufrgs.br.

Introdução
Localização
Inunditos como Modelo Depositional Sedimentar
Contexto Regional
Localização
Materiais, Métodos e Técnicas
Resultados
Análise de Fácies
Análise de Sucessões de Fácies
Arcabouço Estratigráfico do Gráben Arroio Moirão
Discussão
Modelo Depositional do tipo Inunditos
Conclusões
Agradecimentos
Referências

**RESUMO** – O Gráben Arroio Moirão (RS) é um relicto do Triássico da Bacia do Paraná no embasamento, o Escudo Sul-Rio-Grandense. No setor noroeste do gráben foram reconhecidas características que se associam com um modelo sedimentar do tipo inundito. Foram aplicadas técnicas de mapeamento geológico de rochas sedimentares, sendo selecionados seis afloramentos para levantamento de perfis colunares com a descrição detalhada das unidades, documentação fotográfica e coleta de amostras de rochas para análises. Os perfis colunares permitiram o reconhecimento de dezoito fácies, oito sucessões de fácies, sete superfícies-chave e dois marcadores estratigráficos. A análise de fácies, das associações e das sucessões resultou na definição do arcabouço estratigráfico com proposição de um modelo deposicional do tipo inundito. O modelo atende as características da situação geológica encontrada, ou seja, um sistema composto por fluxos prográdantes de baixa densidade, subaquosos, que geram litologias mal selecionadas, grãos angulosos a subangulosos. O agente transportador não é eficaz na segregação textural, é um evento episódico e não há migração lateral de canais. A etapa de desenvolvimento de canais ocorre rapidamente por meio de feições rasas e desconfinantes que ocasionam depósitos com geometrias em lençóis ou tabulares. Sendo assim, considera-se que seja um modelo deposicional do tipo inundito.

**Palavras-chave:** inundito, Triássico, Gráben Arroio Moirão.

**ABSTRACT**– Relicts of Triassic sedimentation associated to Paraná Basin is registered in the basement, the Sul-Rio grandense Shield, notably called Arroio Moirão Graben. Characteristics associated with an inundite sedimentary model were recognized in the northwestern portion of the graben. In selected outcrops have been performed geological mapping techniques and have been proposed columnar profiles, photographic files and the units sampling for further analysis. Columnar profiles allowed the recognition of eighteen facies, eight successions of facies, seven key-surfaces and two stratigraphic markers. Facies analysis, associations and successions of facies allowed the definition of a stratigraphic framework indicating an inundite depositional model. It is a system composed of low density prograding flows, subaqueous, which generates poorly sorted lithologies, and angular or sub angular grains. Carrier agent is not effective in texture segregation. Moreover, it is a sporadic event and there are no lateral migration channels. Channel development stage occurs rapidly through shallow features and non-confined spaces generating deposits with sheets or tabular geometries. Therefore, we can consider the example herein an inundite depositional model.

**Keywords:** inundites; Triassic; Arroio Moirão Graben.

## INTRODUÇÃO

O modelo sedimentar do tipo inundito (Della Fávera, 1984; Seilacher, 1991), pouco referido na literatura, já foi identificado na borda oeste da Bacia do Parnaíba (Andrade *et al.*, 2014; Araújo, 2015), na Bacia de Almada (Molinari, 2005), na Bacia do Recôncavo (Guerra & Borghi, 2003) e na Bacia Neuquén da Argentina (Zavala *et al.*, 2005). A descrição das características, dinâmica sedimentar e distribuição de fácies desse tipo de modelo são igualmente escassas na literatura (Seilacher, 1991; Della Fávera, 1984; Zavala *et al.*, 2005; Guerra & Borghi, 2003), podendo-se supor que talvez este seja o motivo da pouca identificação desses depósitos no registro geológico.

Ketzer (1997) e Faccini (2000) sugeriram a presença de depósitos de inunditos no Gráben Arroio Moirão, um dos relictos da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense. Porém, ao analisar o intervalo sedimentar aflorante na região, Ketzer (1997) propôs um sistema fluvial entrelaçado perene para tais registros. Trabalhos recentes (Lima, 2014; Borsa, 2015, Rodrigues, 2015) verificaram que várias características das fácies, associações e sucessões de fácies, entre outros parâmetros, dão suporte a modelos de depósitos de inunditos na região do Gráben Arroio Moirão.



A proposta desse trabalho é apresentar os resultados da análise de fácies, sucessões de fácies, modelos e sequências deposicionais, bem como, definir o arcabouço estratigráfico para o setor noroeste do Gráben Arroio Moirão, visando uma caracterização mais detalhada do modelo sedimentar do tipo inundito, até então, pouco reconhecido no registro geológico.

### **INUNDITOS COMO MODELO DEPOSICIONAL SEDIMENTAR**

O modelo sedimentar denominado inundito é um dos vários tipos de depósitos de eventos (Seilacher, 1991). Consiste de pacotes sedimentares originados por fluxos em lençol (*sheetflow*) que adentram rapidamente em corpos lacustres com expressiva carga de fundo, que posteriormente desaceleram em zonas mais profundas e são sucedidos por depósitos de suspensão (Talbot & Allen, 1996; Seilacher, 1991). Os fluxos em lençol originam camadas delgadas e tabulares de areia e silte capeadas por lâminas de lama (*drapes*) resultantes da desaceleração do processo deposicional (Hardie *et al.*, 1978). Della Fávera (1984) denominou-os também de ‘turbiditos de água rasa’, pois esses fluxos episódicos subaquosos de baixa densidade, bipartidos, hiperpicnais, têm como principais fatores controladores o clima e a tectônica (Seilacher, 1991). No caso do clima, supõe-se que chuvas periódicas lavam o substrato e desencadeiam fluxos de inundação, dando início ao transporte subaquoso de baixa densidade fluindo em lagos ou mares (Zavala, 2005). Ao longo do transporte, o fluxo vai desacelerando e depositando sedimentos cada vez mais finos, constituindo sucessões de fácies com padrão granodrecrescente ascendente. Esses fluxos são dominados, nos estágios iniciais, por processos de *sheetflow* seguidos por *shetflood*.

Por sua vez, a tectônica, segundo agente controlador, é responsável pela subsidência da bacia, aumentando ou restringindo o espaço de acomodação e, também, o aporte sedimentar. Caso a sedimentação seja contínua, registra-se um padrão do tipo progracional; já um aporte sedimentar restrito, caracteriza fluxos definhantes, ou seja, retrogradacionais.

Dada a infrequência de descrição mais detalhada de fácies, sucessões de fácies e distribuição de elementos arquiteturais de depósitos de inundação, utiliza-se neste trabalho o modelo adimensional resultante de estudos experimentais de Van Dijk *et al.* (2009) e Postma (2014) e os estudos de fluxos hiperpicnais de Zavala *et al.* (2005, 2011). O conjunto de processos envolvidos em depósitos de inundados gera distintas associações de fácies que representam quatro etapas do evento deposicional (Figura 1):

(A) Progradação inicial, na qual, os fluxos progradantes em lençol (*sheetflow*) se depositam predominantemente como carga de fundo e os depósitos tabulares que se expandem em uma planície de espraiamento;

(B) Formação de canais devido à progressiva agradação do depósito, que eleva o gradiente topográfico da planície inundável;

(C) Transgressão e afogamento com a subida do nível d'água do lago, fluxos de baixa densidade adentram no lago transgressivo, preenchem os canais que extravasam suas margens;

(D) Exposição subaérea devido à descida do nível d'água do lago transgressivo, quando o caráter episódico é assumido.

### **Inserir Figura 1**

Essas etapas se registram por meio de associações de fácies características (Figura 2):

(A) Depósitos tabulares e em lençóis de conglomerados, maciços ou com estratificação cruzada tangencial, intercalados com camadas de arenitos grossos a conglomeráticos, maciços, ou com estratificação cruzada tangencial, intraclastos argilosos;

(B) Depósitos tabulares e em lençóis de arenitos de granulometria média a grossa, maciços ou com estratificação cruzada tangencial, cruzada tabular ou plano-paralela, podendo também conter intraclastos argilosos (B1) (ver Figura 2). Quando há considerável processo de desconfinamento, depositam-se arenitos muito finos a finos com laminação plano-paralela de

fluxo superior, maciços ou com estratificação cruzada de baixo ângulo (B2) (Stear, 1985);

(C) Depósitos tabulares de siltitos e lamitos com laminação plano-paralela ou maciça, com intercalações de níveis micáceos;

Quanto às características peculiares do modelo do tipo inundito quando adentram em lagos transgressivos, na etapa de afogamento e transgressão, Zavala *et al.*(2005) enfatizou:

(1) Presença de níveis micáceos provenientes de plumas de flotação da etapa transgressiva (ver Figura 2).

(2) Camadas são comumente tabulares ou em lençóis;

(3) Ausência de barras de migração lateral e longitudinal, visto que, canais desconfiantes evoluem para uma incisão vertical;

(4) Baixo grau de seleção textural, fácies invariavelmente mal selecionadas;

(5) Grãos angulosos a subangulosos, eventualmente, subarredondados atribuídos ao fato de serem fluxos subaquosos de baixa densidade, conseqüentemente, com pouca interação entre os grãos;

(6) Abundância de intraclastos argilosos, pois ao término de um ciclo de inundação ocorre a deposição de litologias de granulometria mais fina (siltitos e lamitos). Essas litologias serão erodidas pelo ciclo de inundação subsequente, resultando na formação de intraclastos argilosos sempre nas fácies basais de cada ciclo de inundação que se caracterizam por granulometria mais grossa (conglomerados, arenitos grossos);

(7) Empilhamento de sucessões de fácies granodecrescentes ascendentes geradas pelas etapas de progradação inicial de fluxo em lençol (*sheetflow*), formação de canais, lago transgressivo e exposição subaérea;

(8) Ocorrência de superfícies-chave erosivas (discordâncias e diastemas) e suas conformidades correlatas, referentes às interrupções na sedimentação com ou sem erosão associada;

(9) Arcabouço estratigráfico evidenciando a recorrência de ciclos de inundação e variação lateral de fácies;

(10) Sistema deposicional com tendência à disposição lobada.

### **Inserir Figura 2**

#### **CONTEXTO REGIONAL**

*A Bacia do Paraná, constituída por um pacote vulcano-sedimentar Paleozoico-Mesozoico, com cerca de sete mil metros no depocentro, cobre uma área de cerca de 1,7 milhões de km<sup>2</sup>. A bacia estende-se pelo centro-sul do Brasil, norte do Uruguai, nordeste da Argentina, e leste do Paraguai (Figura 3).*

### **Inserir Figura 3**

A evolução tectono-estratigráfica da bacia registra supersequências (Vail, 1977) denominadas, da base para o topo, Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo) (Milani *et al.* 2007) (Figura 4).

### **Inserir Figura 4**

Relictos da sedimentação da Bacia do Paraná são preservados sobre as unidades do Escudo Sul-Rio-Grandense seguindo estruturas geotectônicas herdadas do Pré-Cambriano e reativadas no Triássico (Figura 5).

Esses relictos, também denominados como “registro estratigráfico gonduânico”, têm como sugestão a idade triássica (Jost, 1981; Faccini, 1989, 2000; Menegat & Scherer, 1993; Horn *et al.*, 2014), sendo assim correlacionáveis com a Bacia do Paraná (Menegat *et al.*, 1995). Ketzer (1997) também atribuiu a idade triássica para as litologias pelítico-arenosas do Gráben Arroio Moirão, correlacionando-as as formações Santa Maria e Sanga do Cabral, pertencentes à Supersequência Gondwana II (Milani *et al.*, 2007). Outra evidência foi obtida por Horn *et al.* (2015) quando identificou na porção mais ao norte do Gráben Arroio Moirão a ocorrência do

fóssil-índice da Biozona *Hyperodapedon*, que ocorre na Supersequência Santa Maria. No gráben também ocorrem rochas vulcânicas, designadas como Formação Passo das Carretas, correlata à Formação Serra Geral da Bacia do Paraná (Figueiró *et al.*, 1996) e subvulcânicas, como corpos fonolíticos da Suíte Piratini que ocorrem como *plugsenecks* (Machado, 2014). Já Faccini (1989), ao trabalhar com rochas sedimentares no Gráben Arroio Moirão, identificou como sendo predominantes os depósitos de canais entrelaçados e de planície de inundação, associando-os com as Formações Santa Maria e Sanga do Cabral.

### **Inserir Figura 5**

### **LOCALIZAÇÃO**

O Gráben Arroio Moirão situa-se sobre a porção centro-sul do Escudo Sul-Rio-Grandense (30°45' e 31°15'S e 52°45' e 53°15'W) (Figura 6). Trata-se de uma depressão, com um setor noroeste alongado com eixo de 95 km orientado segundo a direção N30E, e outro setor sudeste, mais equidimensional. Os dois setores são condicionados por falhas e encontram-se contíguos por uma faixa aflorante estreita conformando um eixo transversal de 30 km. Os dois setores são condicionados por falhas com orientação concordante com as falhas que os delimitam, lineamentos NE variando entre N45E / N85E, e, subordinadamente, NW que varia entre N20W / N70W (Ferreira, 2015).

Os limites do gráben, a leste, ocorrem com a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu (Zona de Falha Dom Feliciano) e, aoeste, com a Zona de Falha Açoteia – Piquiri (Fernandes *et al.*, 1995). O conjunto dessas falhas NE-SW foi herdado do embasamento, e, posteriormente, foi reativado, gerando a estruturação atual (Fernandes *et al.*, 1995).

### **Inserir Figura 6**

## ***MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS***

As técnicas de mapeamento geológico de rochas sedimentares e formações superficiais de Lisle *et al.* (2014) e Tucker (2014) foram utilizadas no trabalho de campo. Assim, inicialmente foram definidos seis pontos para levantamento de perfis colunares obtidos por meio de detalhada descrição das unidades aflorantes, documentação fotográfica e coleta de amostras de rochas. Foram definidas fácies, sucessões de fácies, modelos deposicionais, e, por último, o arcabouço estratigráfico, com base nos preceitos de Walker (1990, 1992, 2006), Dalrymple (2010), Posamentier & James (1993), Miall (1990) e Zavala *et al.* (2011).

As amostras coletadas foram descritas macroscopicamente detalhando-se parâmetros texturais, estruturas sedimentares, cor, mineralogia, seleção, arredondamento. Algumas amostras foram selecionadas para análise por petrografia, por difração de raios X e por microscopia eletrônica de varredura. O objetivo das análises foi a melhor caracterização mineralógica, textural e classificação das diferentes litologias presentes na região analisada.

## ***RESULTADOS***

### ***ANÁLISE DE FÁCIES E ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES***

A análise das descrições resultou no reconhecimento de 18 fácies (Quadro 1, conforme Zavala *et al.*, 2005) que apresentam geometria tabular ou em lençol, coloração avermelhada, má seleção, cimentação por óxidos de ferro, granulometria grossa e composição predominantemente quartzo-feldspática. Em contrapartida, os siltitos apresentam intercalações de níveis micáceos e grânulos de quartzo dispersos. Os lamitos são predominantemente formados pelo argilomineral caulinita e grânulos de quartzo. Eventualmente são observados intraclastos argilosos de dimensões variadas (Figura 7A), dispersos, ou fazendo parte de pavimentos (*lags*) basais (Figura 7B), juntamente, com seixos e grânulos de quartzo.

A correlação das 18 fácies e seus respectivos processos sedimentares geradores permitiu a distribuição destas em 6 grupos distintos, valendo-se das formas de leito, definidas conforme a geometria das fácies, e sua estrutura interna com base nos modelos de Postma (2014) e Zavala *et al.* (2005, 2011), sumarizadas no quadro 1:

1) Fácies com estratificação cruzada tangencial, representando formas de leito de dunas 3D, com texturas variando desde fácies conglomeráticas como Cg(t)m e Cg(t) até arenosas, exemplificadas por Acg(t) e Am-mg(t). São resultantes de dois processos: (a) para as fácies conglomeráticas a areno-conglomeráticas, o processo atuante foi segregação textural em fluxos de baixa densidade e transição para correntes trativas, formando associações de fácies e depósitos de progradação de carga de fundo de fluxos de baixa densidade; (b) para as fácies de arenito médio, o processo sedimentar abrange correntes trativas de desaceleração de fluxo dispersivo em morfologias tabulares delgadas formando depósitos e associações de fácies de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros;

2) Fácies com estratificação cruzada tabular, representando leitos com dunas do tipo 2D por meio da deposição dos arenitos finos. São arenitos muito fino a fino, quartzo-feldspáticos, com estratificação cruzada plano-paralela, mal selecionados, Af(cpp). São interpretados como resultantes de processos de correntes trativas de desaceleração de fluxos dispersivos com morfologias tabulares delgadas, formando associações de fácies e depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros;

3) Fácies maciças, variando desde conglomerados a arenitos e uma fácies de granulometria fina. Os conglomerados são de dois tipos: um intraformacional de blocos argilosos, maciço, Cg(m)i; e outro seixoso a granuloso, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, Cg(m). Os arenitos apresentam-se como: conglomerático, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, Acg(m); médio a grosso, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, Am-g(m); muito fino

a fino, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, Amf-F(m). O siltito é maciço com grânulos de quartzo, mal selecionado, St(m);

4) Fácies com estratificação cruzada de baixo ângulo representando formas de leitos de dunas 2D, representada por arenitos grossos. São arenitos com estratificação cruzada de baixo ângulo, quartzo-feldspáticos e mal selecionados, Ag(bxa). Essa fácies foi interpretada como resultante de processos de correntes trativas de rápida dispersão, resultando em morfologias delgadas e tabulares;

5) Fácies com gradação normal representando formas de leitos tabulares, com arenitos muito finos a médios, quartzo-feldspáticos, com gradação normal, mal selecionados, Amf-m(gn). Foram interpretadas como resultantes de processos de desaceleração de fluxos de baixa densidade;

6) Fácies com estratificação ou laminação plano-paralela, representando formas de leitos tabulares, cujas texturas variam desde conglomeráticas a lamosas. São representadas por: arenito conglomerático, quartzo-feldspático, com estratificação plano-paralela, mal selecionado, Acg(lpp); e arenito médio a grosso, quartzo-feldspático, com estratificação plano-paralela, mal-selecionado, Am-g(lpp). Esses arenitos representam o resultado de processos de dispersão em regime de fluxo inferior com morfologias tabulares. Esse grupo também apresenta um arenito médio a fino, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela, mal selecionado, Amf-f(lpp), cujo processo deposicional é de dispersão em regime de fluxo superior com morfologias tabulares. Essas três fácies arenosas são interpretadas como depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros. Há ainda um conjunto de fácies finas, cujos siltitos apresentam laminação plano-paralela com grânulos de quartzo eventuais, mal selecionados, por vezes, com níveis micáceos, St(lpp), representantes de suspensão e plumas de flotação geradas pela segregação de finos em fluxos de baixa densidade com morfologias tabulares. Os lamitos tem laminação plano-paralela e presença massiva de caulinita, Lm(lpp), indicando uma fácies associada com processo de suspensão.



Interpreta-se que essas duas fácies finas foram geradas por depósitos de afogamento dos fluxos de baixa densidade em uma fase de lago transgressivo.

Ao relacionar essas fácies com seus processos deposicionais, definem-se as associações de fácies (Quadro 1). A associação de fácies A, porção basal, é composta pelas fácies conglomerados maciços como Cg(m)i e Cg(m), ou com estratificação cruzada tangencial, exemplificado por Cg(t)m e Cg(t), mal selecionados (incluindo frações silte e argila) e, por vezes, com intraclastos argilosos. Essas litologias intercalam-se com arenitos conglomeráticos maciços, Acg(m), e com arenitos conglomeráticos com estratificação plano-paralela, Acg(lpp). Ainda, podem intercalar-se com arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada tangencial, Acg(t), mal selecionados. Essas fácies são representantes da fase de progradação dos fluxos de baixa densidade (ver figura 1, etapa progradação).

A porção intermediária, formada pela associação de fácies B constitui-se de arenito variando de textura muito grossa a média, por vezes, com intraclastos argilosos. Sua estrutura pode ser maciça, Am-mg (m); com estratificação cruzada tangencial, Am-mg(t); com estratificação plano-paralela, Am-g(lpp). São arenitos representantes da fase de desenvolvimento de canais rasos (ver figura 1, etapa formação de canais). Ainda nessa fase, quando o fluxo tem desconfinamento considerável, as fácies gradam para arenitos muito finos a finos com laminação plano-paralela de fluxo superior, Amf-f(lpp). Ocorrem também arenitos grossos com estratificação cruzada de baixo ângulo, Ag(bxa), que são resultantes de transição de fluxo inferior para fluxo superior. E, ainda, arenitos finos de fluxo inferior, com estratificação cruzada plano-paralela, Af(cpp). Por vezes, ocorrem arenitos maciços, Amf-f(m), devido à fluidização e arenitos com gradação normal, Amf-m(gn), que são interpretados como desaceleração de fluxo. Todos os arenitos são mal selecionados.

Por sua vez, a porção de topo, constituída pela associação de fácies C-D-E compõe-se de (C) siltitos com laminação plano-paralela, St(lpp), ou maciços, St(m), mal selecionados (com

grãos quartzosos de areia média ou grossa dispersos), e lamitos com laminação plano-paralela, Lm(lpp); (D) níveis micáceos; (E) feições sugestivas de exposição subaérea como, gretas de contração e paleoalterações. Esse registro da porção de topo representa o afogamento transgressivo das porções proximais dos lóbulos pelo lago de inundação (ver figura 1, fase lago transgressivo), que faz dominar o processo de suspensão e gera as fácies finas exemplificadas por siltitos e lamitos (C), bem como, a formação de vórtices e plumas de flotação (ver figura 2), gerados na região frontal dos fluxos de baixa densidade na etapa de afogamento, o que ocasiona a decantação das micas pelas plumas de flotação, originando os níveis micáceos (D). Após essa fase, ocorre o rebaixamento do nível de base e consequente exposição subaérea com a possível formação de gretas de contração e paleoalterações (E) e o posterior ressecamento do lago, ocasionando intervalos de exposição subaérea no topo da sucessão de fácies (ver figura 1, fase exposição subaérea).

### **Inserir Quadro 1**

### **Inserir Figura 7**

## **ANÁLISE DA SUCESSÃO DE FÁCIES**

O empilhamento das fácies no registro sedimentar do Gráben Arroio Moirão tem um padrão bem característico, granodecrescente ascendente (Figura 8), que permite definir oito sucessões de fácies: IA, IB,II, III, IV, V, VI, VII (Figura 9). As sucessões de fácies, quando completas, são representativas das quatro etapas do modelo sedimentar do tipo inundito: a) progradação inicial: fácies conglomeráticas e arenosas conglomeráticas; b) formação de canais: fácies arenosas grossas, médias e finas; c) lago transgressivo: fácies siltosas e lamosas; d) exposição subaérea: fácies com porções lamosas eventualmente com preservação de paleoalterações; superfície de exposição subaérea do tipo erosiva ou superfície conforme a superfície erosiva.

Em maior proporção, encontram-se sucessões de fácies incompletas, geralmente, com as três primeiras etapas A, B e C preservadas (ver figura 2). Na etapa três (C: lago transgressivo), é gerada a deposição de sedimentos finos (siltitos e lamitos) no topo da sucessão de fácies. Supõe-se que litologias finas sejam facilmente erodidas sob a influência de novo fluxo de inundação e, neste caso, marcas de raízes ou paleoalterações (etapa D: exposição subaérea) são descritas no topo das sucessões de fácies.

### **Inserir Figura 8**

## **ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO DO SETOR NOROESTE DO GRÁBEN**

### **ARROIO MOIRÃO**

O arcabouço estratigráfico foi delimitado pela correlação de seis perfis colunares (C9, B9, B10, C2, C4 e C7), com base na definição de marcadores estratigráficos (unidades-chave e superfícies-chave), como:

a) Unidades-chaves: a1) lamito com laminação plano-paralela, *datum*, com espessura média de até 2,5 m, com boa continuidade lateral, composição mineralógica onde predomina caulinita (ver figura 8). Como é a unidade com granulometria mais fina, é considerada como a superfície de máxima inundação do sistema, sendo observada nos perfis B9 e C4 (ver figura 9); a2) conglomerado monomítico quartzoso com estratificação tangencial incipiente, unidade basal, descritos nos perfis C9 e B10.

b) Superfícies-chaves de erosão, bem como, superfícies conforme a superfície erosiva: S1, S2, S3, S4, S5, S6 e S7, que marcam contrastes litológicos. As superfícies S3 e S4 têm boa continuidade lateral, estando presentes em todos os perfis colunares, já as S6 e S7 tem caráter local, ocorrendo apenas no perfil colunar B10, foram definidas, também, por mudança litológica abrupta.

A superfície S1 superpõe-se à fácies Cg(t)m, que para Ketzer (1997) delimitaria a Formação Sanga do Cabral da Formação Santa Maria. Considera-se que a sequência

sedimentar contida entre as superfícies S3 e a S4 representam a máxima inundação do arcabouço estratigráfico. Também foram identificadas as superfícies de inundação máxima (SIM).

**Inserir Figura 9**

## ***DISCUSSÃO***

Para definição do modelo proposto, considera-se que os fatores determinantes são as características das fácies (geometria, estruturas, grau de seleção, angulosidade dos grãos, níveis micáceos, entre outros), as associações de fácies e suas sucessões, bem como, as condições climáticas da região na época deposicional e microformas de relevo, típicas desse modelo sedimentar.

### ***MODELO DEPOSICIONAL DO TIPO INUNDITO***

O modelo do tipo inundito se evidencia pelas fácies com texturas mal selecionadas, desde aquelas com texturas mais finas, siltitos com grânulos dispersos, até as mais grossas, conglomerados com grãos de silte e intraclastos argilosos. Também há o predomínio de grãos angulosos a subangulosos, raramente subarredondados, siltitos, arenitos e conglomerados. Essa configuração   compatível com um fluxo de caráter ef mero, com pouco transporte associado (Zavala *et al.*, 2011).

Além disso, na fácies siltito laminado há intercalações de níveis centimétricos enriquecidos em minerais micáceos (muscovita) (Figura 10 A, B). Este fato corrobora o modelo proposto pois que evidencia fluxos turbulentos bipartidos, que geram plumas de flotação e conseqüente deposição dos níveis micáceos (Zavala *et al.*, 2011).

**Inserir Figura 10**

Acerca da geometria das fácies, essa é predominantemente em lençol (Figura 11A) ou tabular (Figura 11B), compatíveis com geometrias de fluxos de baixa densidade, onde ocorre

o espalhamento do fluxo e o desconfinamento de canais rasos e pouco escavados. Foram encontradas apenas de maneira pontual superfícies de acreção de pequenos deltas.

### **Inserir Figura 11**

Outro fator relevante é a concentração do argilomineral caulinita no marco-estratigráfico lamito (ver figura 8), o que reflete condições de um clima quente e intensa lixiviação, cenário típico de depósitos de inundito.

Quanto às associações e sucessões de fácies, essas também ajudam a dar suporte à proposição do modelo deposicional inundito, como se observa nos modelos de Postma (2014) e de Zavala *et al.* (2011). De fato, as sucessões de fácies caracterizam-se pelo agrupamento de fácies e associações de fácies típicas de inunditos, sendo elas: uma porção basal A, uma porção intermediária B (B1 e B2), e uma porção de topo C-D-E, resultantes de um evento progradante (Figura 12).

### **Inserir Figura 12**

Abaixo, segue a exemplificação no modelo proposto, onde observa-se as fácies, associações de fácies e sucessões de fácies (Figura 13) geradas pelas etapas do modelo sedimentar inundito (Figura 14):

### **Inserir Figura 13**

### **Inserir Figura 14**

Ainda, vale salientar que as evidências não oferecem suporte para identificar o modelo fluvial, pois nesse tipo de modelo, anteriormente proposto para a região (Ketzer, 1997), deveria prevalecer litologias bem selecionadas e com grãos arredondados a subarredondados, pois no transporte sedimentar de canais perenes há segregação granulométrica mais eficiente, bem como, uma interação significativa entre os grãos. Além disso, a abordagem acerca da geometria das fácies encontradas reforça a incompatibilidade do modelo fluvial, tendo em

vista que esse geraria predominantemente geometrias lenticulares e côncavas devido à significativa escavação de canais, e ainda, produziria barras de acreção lateral bem mais abundantes e espessas devido a migração de canais. No entanto, na região são encontradas predominantemente geometrias tabulares e em lençóis. Outro fator determinante para a exclusão de um modelo deposicional fluvial clássico é a presença de níveis micáceos intercalados com siltitos, pois tal deposição não é explicada pelo modelo fluvial.

## **CONCLUSÕES**

A análise de fácies, associações de fácies e sucessões de fácies resultou na definição do arcabouço estratigráfico para o setor noroeste do Gráben Arroio Moirão, bem como, na proposição de um modelo deposicional sedimentar do tipo inundito para esta região.

Esse modelo proposto atende as características da situação geológica encontrada, quais sejam, de um sistema composto por fluxos progradantes de baixa densidade, subaquosos, que geram litologias mal selecionadas e com grãos angulosos a subangulosos, visto que, o agente transportador não é eficaz na segregação textural, e ainda, não há forte interação entre as partículas. Além disso, tratando-se de evento episódico, é evidente que não há migração lateral de canais, ou seja, a etapa de desenvolvimento de canais ocorre de maneira rápida por meio de feições rasas e desconfinantes que ocasionam depósitos com geometrias em lençóis ou tabulares. Isso explicaria o porquê da inexistência de superfícies de acreção lateral significativas e a inexistência de geometrias côncavas ou lenticulares. Corrobora também o modelo proposto a identificação de níveis enriquecidos em caulinita, que dão suporte à interpretação de paleoclima com períodos de alta lixiviação e chuvas episódicas.

## **AGRADECIMENTOS**

Este artigo faz parte da dissertação de mestrado da autora principal. Os autores agradecem as sugestões das colegas Patricia Zacca e Camile Urban que aprimoraram o trabalho realizado.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L.S.; NOGUEIRA, A.C.G.; SILVA JUNIOR, J.B.C. Evolução de um Sistema Lacustre Árido Permiano, parte Superior da Formação Pedra de Fogo, Borda Oeste da Bacia do Parnaíba. **Revista do Instituto de Geociências– USP. Geol. USP**, v. 14, n. 4, p. 3-60, 2014.
- ARAUJO, R.N. **Depósitos lacustres rasos da Formação Pedra de Fogo, Permiano da Bacia do Parnaíba, Brasil**. Belém, 2015. 50 p. Tese (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- BORSA, G.N.O. **Novas Chaves de Correlação para as Unidades Triássicas do Gráben Arroio Moirão: Caracterização de Sismitos e Aplicação na Estratigrafia**. Porto Alegre: Monografia (Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 90 p., 2015.
- DALRYMPLE, R.W. Interpreting sedimentary successions: facies, facies analysis and facies models. In: JAMES, N.P., & DALRYMPLE, R.W. **Facies Models 4**. Ontario: GSC, Canadian Sedimentology, p. 3-18, 2010.
- DELLA FÁVERA, J.C. Eventos de sedimentação episódica nas bacias brasileiras. Uma contribuição para atestar o caráter pontuado do registro sedimentar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: SBG, 1984, v. 1, p. 489-501.
- FACCINI, U.F. **Estratigrafia do Permo-Triássico do Rio Grande do Sul: estilos deposicionais versus espaço de acomodação**. Porto Alegre, 2000. 300 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FACCINI, U.F. **O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul – uma análise sob o ponto de vista das sequências deposicionais**. Porto Alegre, 1989. 133 p. Tese (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FERNANDES, L.A.D.; MENEGAT, R.; COSTA, A.F.U. Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Riograndense: Parte I – Uma contribuição a partir do registro geológico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 4, p. 351-374, 1995.
- FERREIRA, M.L. **Análise Tectônica dos Relictos da Bacia do Paraná sobre o Escudo-Sul-Riograndense**. Porto Alegre: Monografia (Graduação) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 95 p, 2015.
- FIGUEIRÓ, J.E.P.; VIERO, A.P., ROISENBERG, A. Aspectos Geoquímicos e Petrogenéticos do Vulcanismo Toleítico Mesozóico da Formação Passo das Carretas, Santana

da Boa Vista, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. **Anais**. Salvador: SBG, 1996, v. 2, p. 65-68.

GUERRA, G.S., & BORGHI, L. F. A. Fácies Sedimentares Gravitacionais e Deformacionais da Formação Maracangalha em Afloramento e sua Importância na Exploração da Bacia do Recôncavo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS, 2, 2003, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Congresso Brasileiro de P&D Em Petróleo & Gás, 2003, p. 6.

HARDIE, L.A., SMOOT, J.P., EUGSTER, H.P. Saline lakes and their deposits. In: MATTER, A., & TUCKER, M.E. **Modern and Ancient Lake Sediments**, Special Publication 2, International Association of Sedimentologists, p. 7-42, 1978.

HOLZ, M.; KÜCHLE, J.; PHILIPP, R.P.; BISCHOFF, A.P.; ARIMA, N. Hierarchy of tectonic control on stratigraphic signatures: base-level changes during the early Permian in the Paraná Basin, southern most Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 22, n. 3, p. 185-204, 2006.

HORN, B.L.D.; MELO, T.P.; SCHULTZ, C.L.; PHILIPP, R.P.; KLOSS, H.P., GOLDBERG, K. A new third-order sequence stratigraphic frame work 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.

HORN, B.L.D.; SCHULTZ, C.L.; FIGUEIREDO, A.E.Q.; MOTTA, F.A. Recognition of the *Hyperodapedon* Assemblage Zone (LateTriassic) In a Relictual Occurrence Over The Sul-Rio-Grandense Shield. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 18, n 1, p. 91-96, 2015.

JOST, H. **Geology and metallogeny of the Santana da Boa Vista Region, Southern Brazil**. Georgia, 1981. 208 p. Tese (Doutorado) – The University of Athens.

KETZER, M. **Cronostratigrafia das unidades gonduânicas preservadas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense (Formação Caneleiras)**. Porto Alegre, 1997. 215 p. Tese (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LIMA, L. G. **Análise de fácies e modelos deposicionais de unidades triássicas da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense na região do Gráben Arroio Moirão, RS: Em busca de marcadores estratigráficos**. Porto Alegre: Monografia (Graduação) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 93 p., 2014.

LISLE, R.J., BRABHAM, P., BARNES, J. **Mapeamento Geológico; Guia de campo**. Porto Alegre: Bookman, 231 p., 2014.



- MACHADO, J.P.S.L. **Estruturação do Graben Arroio Moirão, Santana da Boa Vista, RS: Tectônica e geocronologia**. Porto Alegre: Monografia (Graduação) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 75 p., 2014.
- MENEGAT, R., & SCHERER, C.M.S. Formação Caneleiras (RS): Devoniana ou Permotriássica?; Critérios para o enquadramento estratigráfico de sequências isoladas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense. In: SIMPÓSIO SOBRECRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1, 1993, Rio Claro. **Resumo expandido IG/UNESP**. Rio Claro: 1993 p. 90-93.
- MENEGAT, R., SCHERER, C.M.S., KETZER, J.M.M. & CARAVACA, G. Discordância entre a Formação Rio Bonita e a Sequência Rio do Rastro/Sanga do Cabral da Bacia do Paraná na região de Encruzilhada do Sul, RS: Implicações tectônicas. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 2, 1995, Porto Alegre. **Boletim de Resumos CIGO/UFRGS**. Porto Alegre: 1995, p. 42-44.
- MIALL, A.D. **Principles of Sedimentary Basin Analysis**, Ontario: 2ed, Springer-Verlag, 668 p., 1990.
- MILANI, E.J. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: MANTESSO NETO, V., BARTORELLE, A., CARNEIRO, C.D.R., BRITO-NEVES, B.B. (Eds.), **Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca: p. 265-279, 2004.
- MILANI, E.J.; MELO, J.G.; SOUZA, P.A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.
- MOLINARI, L.; & BORGHI, L.F.A. Inunditos em uma Paleo-Ria: Exemplo da Formação Urucutuca em Afloramentos da Bacia de Almada – Bahia. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 28, n.2, p. 194-212, 2005.
- POSAMENTIER, H.W., & JAMES, D.P. An overview of sequence-stratigraphic concepts: uses and abuses, In: POSAMENTIER, H.W.; SUMMERHAYES, C.P.; HAQ, B.U.; ALLEN, G.P. **Sequence stratigraphy and facies associations**. Oxford: Blackwell, p. 3-18, 1993.
- POSTMA, G. Generic autogenetic behaviour in fluvial systems: lessons from experimental studies. In: MARTINIUS, A.W., RAVNÅS, R., HOWELL, J.A., STEEL, R.J., WONHAM, J.P. (Eds.), **From Depositional Systems to Sedimentary Successions on the Norwegian Continental Margin**. Oxford: International Association Sedimentologists. Special Publication 46, p. 1- 18, 2014.

- REIS, G. S., MIZUSAKI, A. M. P., ROSEINBERG, A. RUBERT, R. R. Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. **Pesquisas em Geociências**. v. 41, n. 2, p. 155-168, 2013.
- RODRIGUES, Y.C. **Caracterização de arenitos de depósitos efêmeros de unidades triássicas na região do Gráben Arroio Moirão, RS: potenciais análogos de reservatórios**. Porto Alegre: Monografia (Graduação) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 76 p., 2015.
- SEILACHER, A. Events and their signatures - an Overview. In: EINSELE, G.; W.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. (Eds.), **Cycles and events in stratigraphy**. New York: Springer-Verlag, p. 222-226, 1991.
- STEAR, W.M. Comparasion of the bedform distribution and dynamics of modern and ancient flood deposits in the southwestern Karoo region, South Africa. **Sedimentary Geology**, v. 45, n. 3-4, p. 209-230, 1985.
- TALBOT, M.R. & ALLEN, P.A. Lakes. In: READING, H.G. (ed). **Sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy**, 3ed. Oxford: Blackwell, p. 83-123, 1996.
- TUCKER, M.E. **Rochas Sedimentares; Guia Geologico de Campo**. Porto Alegre, Bookman, 4ed. 294 p., 2014.
- VAIL, P.R. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 3: Relative Changes of Sea from Coastal Onlap. In: PAYTON, C. E. (ed.), **Seismic Stratigraphy--Applications to Hydrocarbon Exploration**. New Orleans: AAPG Memoir 26, p. 63-81, 1977.
- VAN DIJK, M.; POSTMA, G.; KLEINHANS, M.G. Autocyclic behaviour of fan deltas: an analogue experimental study. **Sedimentology**, v. 56, n. 5, p. 1569-1589, 2009.
- WALKER, R.G. Facies modelling and sequence stratigraphy. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 60, n. 5, p. 777-786, 1990.
- WALKER, R.G. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: WALKER, R.G. & JAMES, N.P. (eds), **Facies Models: Response to Sea Level**. Canadá: Association of Canada, p. 407, 1992.
- WALKER, R.G. Facies Models Revisited Introduction. In: POSAMENTIER, H.W.; & WALKER, R.G. (eds), **Facies Models Revisited**. Ontario: GSC - SEPM (Society for Sedimentary Geology), p. 1-17, 2006.
- ZAVALA, C., PONCE, J. J; ARCURI, M., DRITTANTI, D.; FREIJE, H.; ASENSIO, M. Ancient Lacustrine hyperpycnites: a depositional model from a case study in the Rayoso Formation (Cretaceous) of west-central Argentina. **Journal of Sedimentary Research**, v. 76 ,p. 41-59, 2006.

ZAVALA, C.; ARCURI, M.; DI MEGLIO, M.; GAMERO DIAZ, H.; CONTRERAS, C. A genetic facies tract for the analysis of sustained hyperpycnal flow deposits. In: R. SLATT, M.; ZAVALA, C. (eds.), **Sediment transfer from shelf to deep water - Revisiting the delivery system**. AAPG Studies in Geology 61. The American Association of Petroleum Geologist, p. 31–51, 2011.

ZERFASS, H.; CHEMALE JR, F.; SCHULTZ, C.L.; LAVINA, E. L. Tectonics and sedimentation in Southern South America during Triassic. **Sedimentary Geology**, v. 166, n.3, p. 265-292, 2004.

<b>Estrutura e forma de leito</b>	<b>Fácies</b>	<b>Processo deposicional</b>	<b>Interpretação</b>	<b>Associações de fácies / Etapa deposicional</b>	
Estratificação cruzada tangencial; duna 3D (1)	Cg(t)m	Fácies grossas → segregação textural em fluxos de baixa densidade e transição para correntes trativas; camadas com morfologias tabulares	Depósitos de progradação de carga de fundo de fluxos de baixa densidade	A / Progradação Inicial	
	Cg(t)				
	Acg(t)				
	Am-mg(t)	Fácies médias → correntes trativas de desaceleração de fluxo dispersivo com morfologias tabulares delgadas	Depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros	B1 / Desenvolvimento de canais	
Estratificação cruzada tabular, duna 2D (2)	Af(cpp)	Fácies finas → correntes trativas de desaceleração de fluxos dispersivos com morfologias tabulares delgadas	Depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros	B1 / Desenvolvimento de canais	
Estratificação maciça; sem visualização aparente da forma de leito (3)	Cg(m)i	Fácies grossas → pavimentos e fluxos de transição de baixa densidade para tração	Depósitos de progradação de carga de fundo de fluxos de baixa densidade	A / Progradação Inicial	
	Cg(m)				
	Acg(m)				
	Am-mg(m)	Fácies médias e finas → perda de estruturas por liquefação e escape de fluidos	Depósitos de dispersão de fluxos efêmeros	B1 / Desenvolvimento de canais	
	Amf-f(m)			B2 / Desenvolvimento de canais	
	St(m)	Fácies finas → limite suspensão/tração com obliteração de estruturas	Depósitos de plumas de suspensão de correntes de baixa densidade	C / Lago Transgressivo	
Estratificação cruzada de baixo ângulo, duna 2 (4)	Ag(bxa)	Fácies médias → correntes trativas de rápida dispersão, morfologias delgadas e tabulares	Depósitos de dispersão de fluxos efêmeros	B1 / Desenvolvimento de canais	
Estratificação com gradação normal, tabular (5)	Amf-m(gn)	Fácies médias → desaceleração de fluxos de baixa densidade e transição para fluxos trativos	Depósitos de carga de fundo em transição para canais rasos	B1 / Desenvolvimento de canais	
Laminação/ Estratificação plano-paralela; tabular (6)	Acg(lpp)	Fácies grossas e médias → dispersão de fluxo de regime de fluxo inferior com morfologia tabulares	Depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros	A / Progradação Inicial	
	Am-g(lpp)			B1 / Desenvolvimento de canais	
	Amf-f (lpp)			B2 / Desenvolvimento de canais	
		St(lpp)	Fácies finas → suspensão e plumas de flotação geradas pela segregação de finos em fluxos de baixa densidade com morfologias tabulares	Depósitos de afogamentos dos fluxos de baixa densidade	C / D / E / Lago Transgressivo
		Lm(lpp)	Fácies finas → suspensão		

Quadro 1. Descrição e interpretação das fácies, processos deposicionais e associação de fácies e etapas do modelo sediment



Figura 1. Mapas de sombreamento de relevo do modelo experimental, adimensional de fluxos de baixa densidade (modificado de Postma, 2014; Van Dijk et al., 2009).

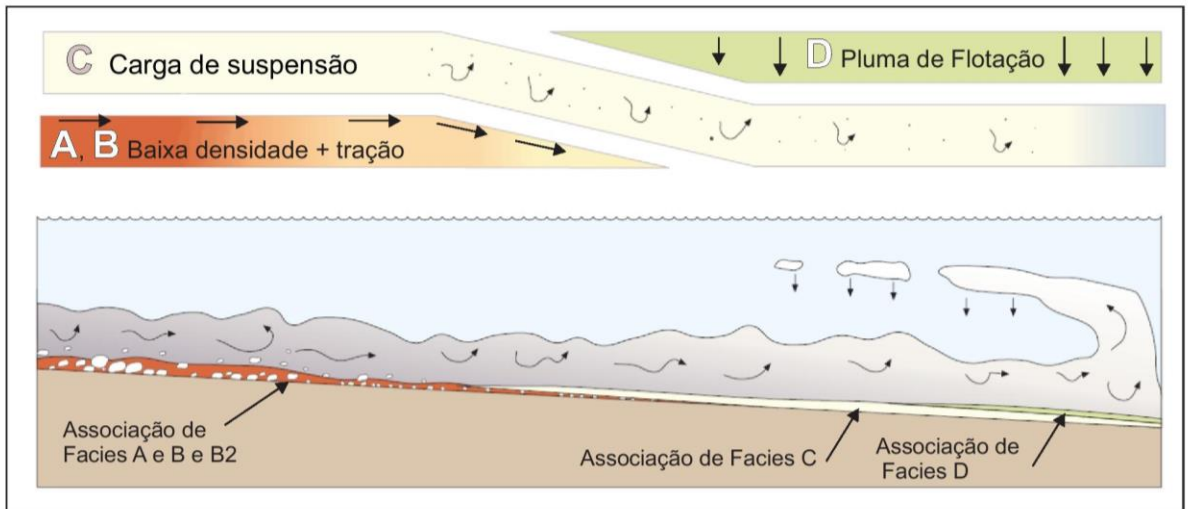
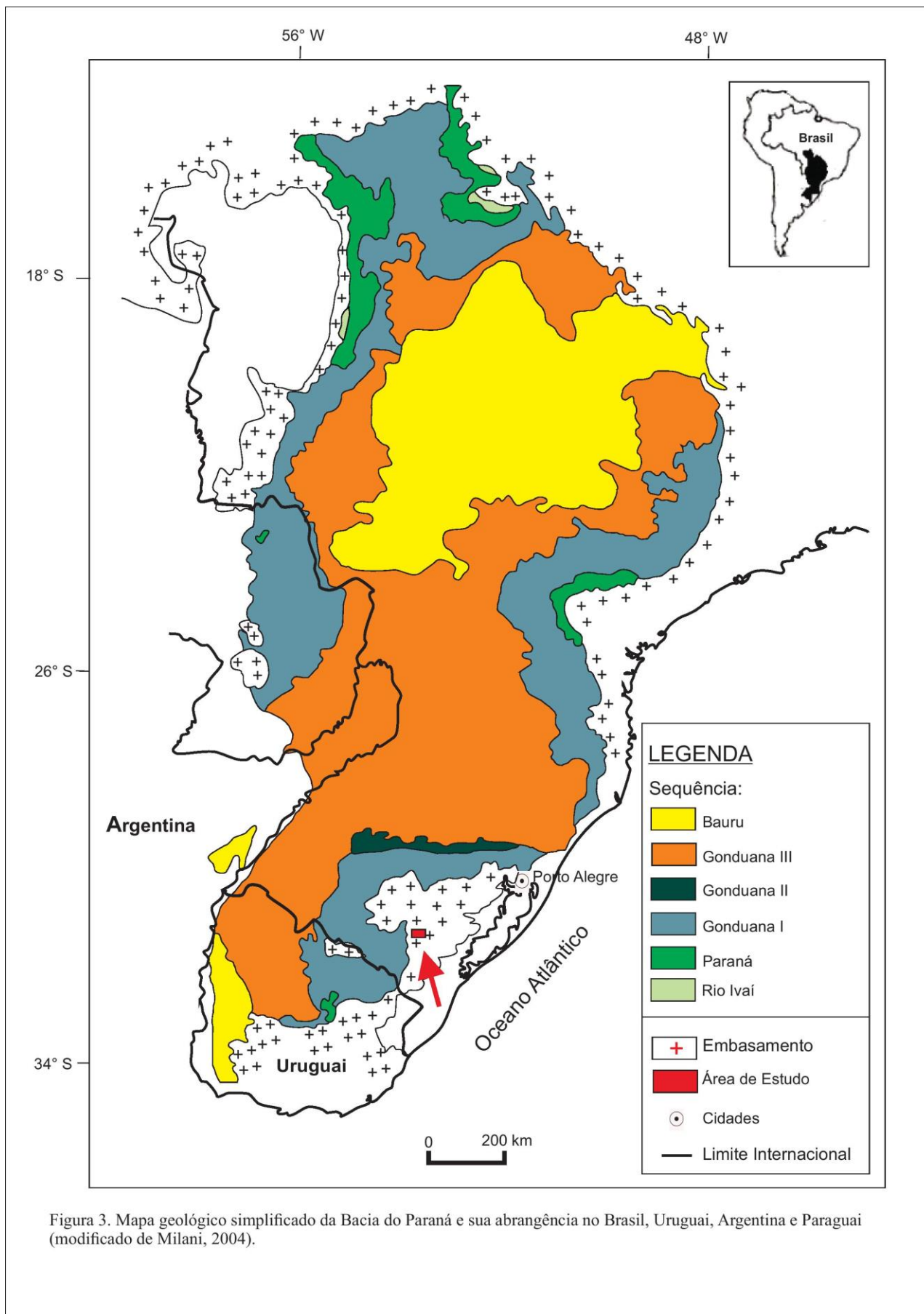


Figura 2. Fluxos hiperpicnais de baixa densidade na etapa de lago transgressivo (modificado de Zavala et al., 2011).








PERÍODO	ÉPOCA	ANDAR	IDADE (Ma)		SEQUÊNCIA	
<b>TRIÁSSICO</b>	Superior	Rhaetiano	201-208		Santa Maria 3	FORMAÇÃO SANTA MARIA
		Noriniano	208-227			
		Carniano	227-237		Santa Maria 2	
	Médio	Ladiniano	237-242		Santa Maria 1	
		Anisiano	242-247			
	Inferior	Olenekiano	247-251			
		Induano	251-252			

Figura 4. Carta cronoestratigráfica simplificada apresentando Sequências Santa Maria 1, 2 e 3 da Supersequência Gondwana II, Bacia do Paraná, Triássico (modificado de Zerfass, 2004)



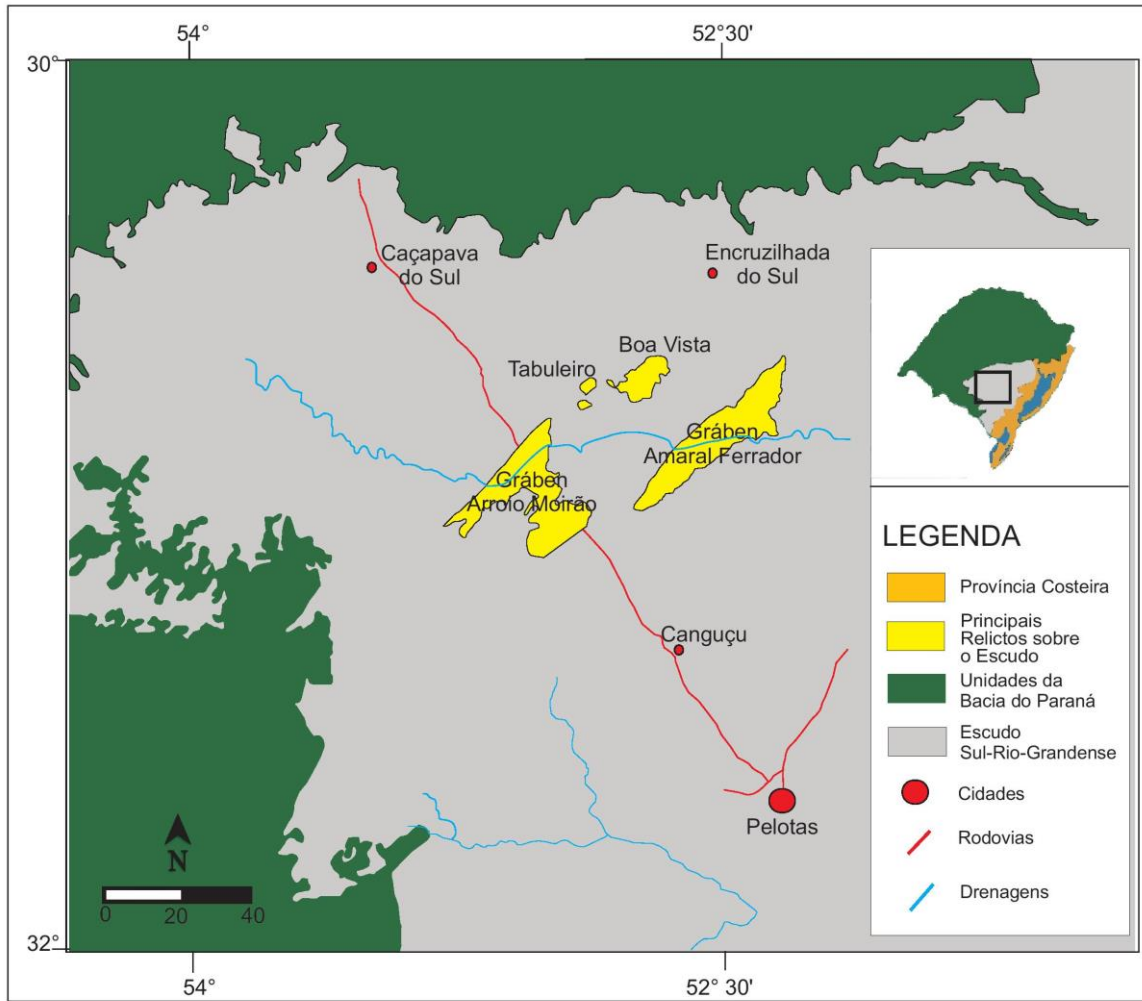


Figura 5: Mapa dos relictos sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense (modificado de Ketzer,1997)

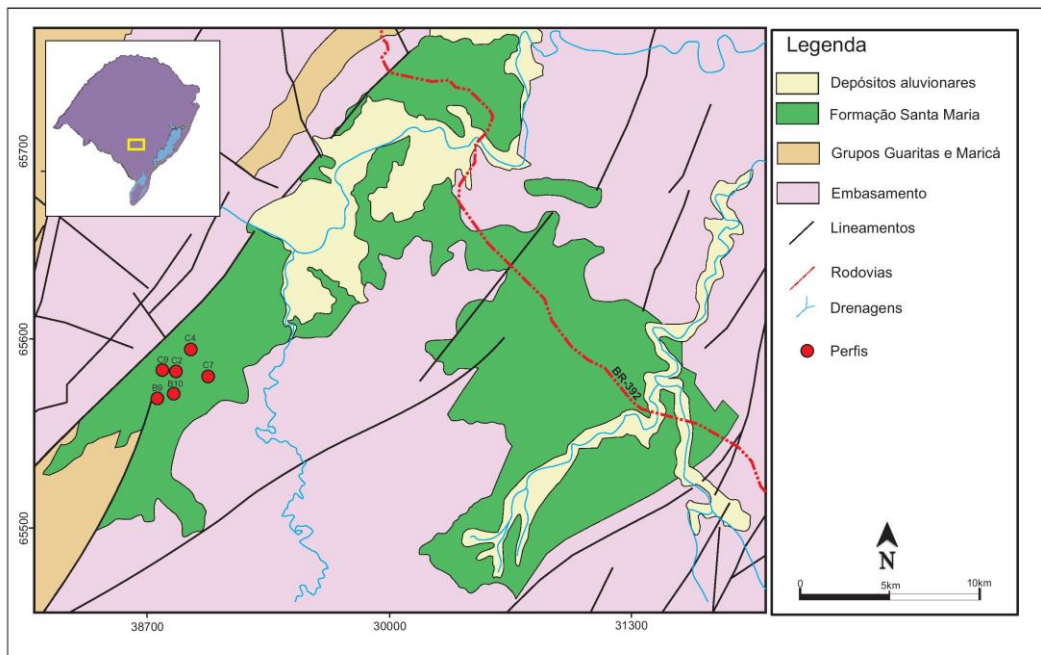


Figura 6. Mapa dos afloramentos cujos perfis foram levantados na região sudoeste do Gráben Arroio Moirão, RS (modificado de Rodrigues, 2015)

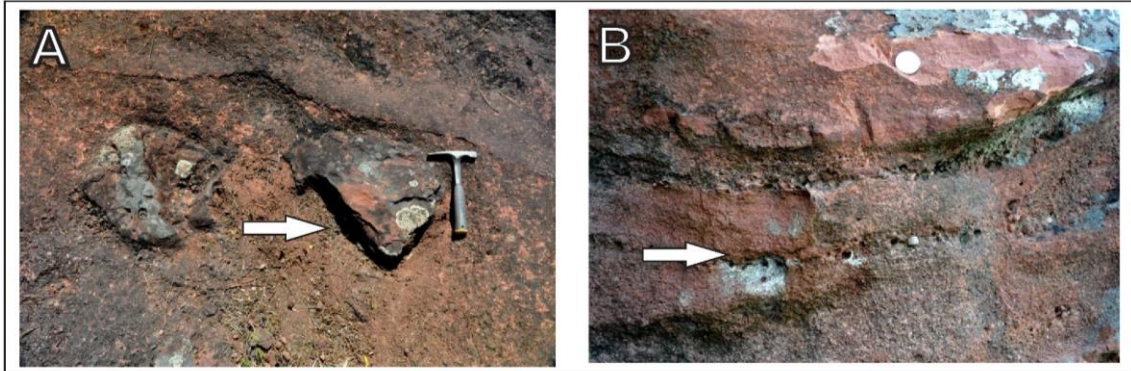


Figura 7. Intraclastos argilosos observados no afloramento do perfil colunar C4: (A) dispersos (seta branca); (B) formando pavimentos (lag) basais com clastos de quartzo (seta branca).

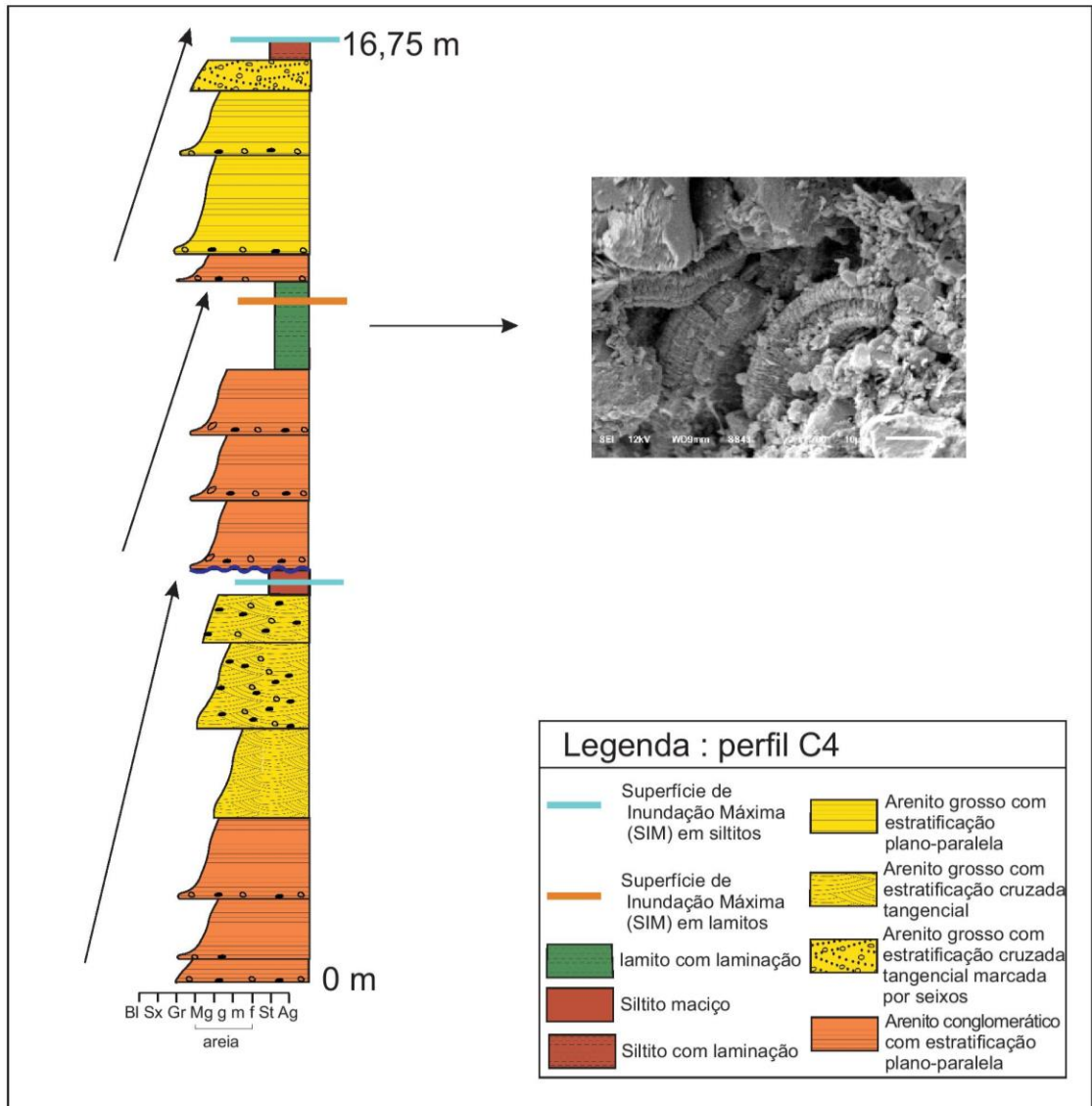


Figura 8. Perfil colunar C4, evidenciando três sucessões de fácies granodecrescentes ascendentes (setas), e ainda, a camada de lamito (em verde), referida como marcador estratigráfico.

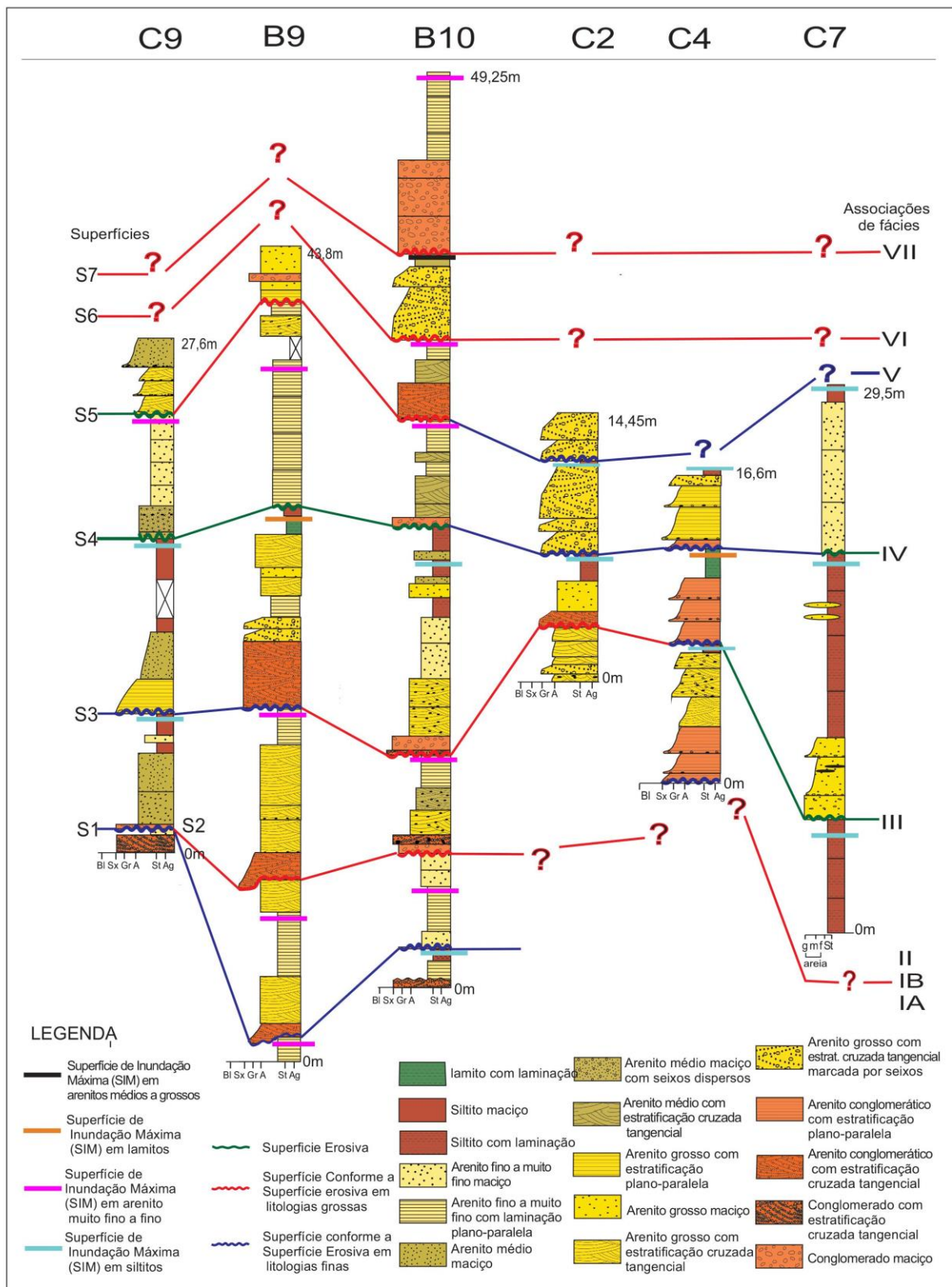


Figura 9. Arcabouço estratigráfico para o setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão, com base nos perfis colunares obtidos na região sudoeste do Gráben Arroio Moirão.



Figura 10. Siltitos com laminação plano-paralela, destacando-se o nível micáceo.

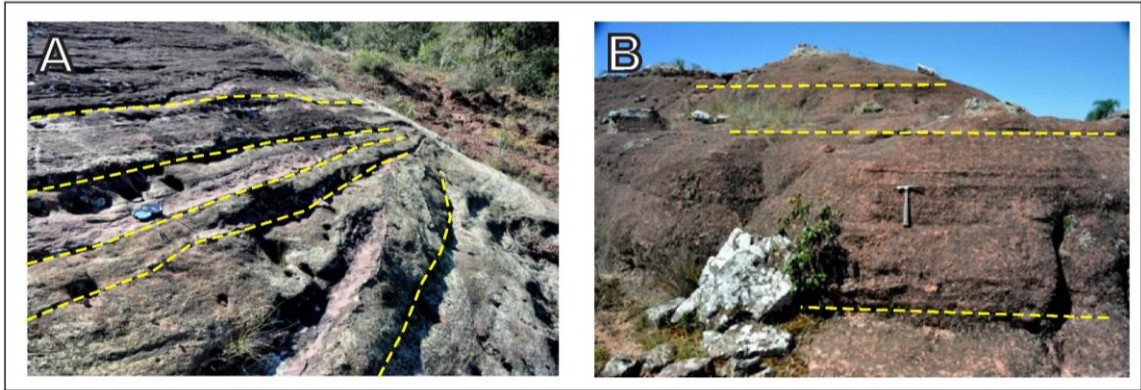


Figura 11. Geometria das fácies Am-mg(t) e Am-g(lpp)(demarcado por linha tracejada): A) em lençol; B) tabular.

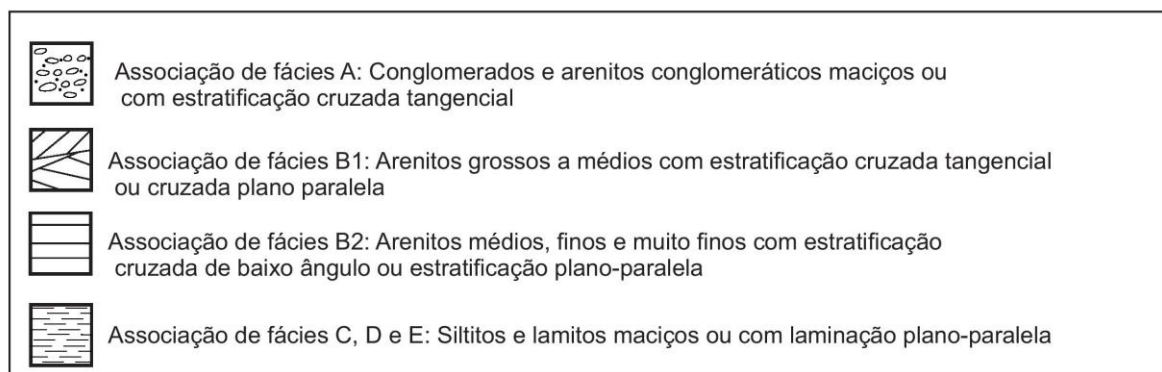
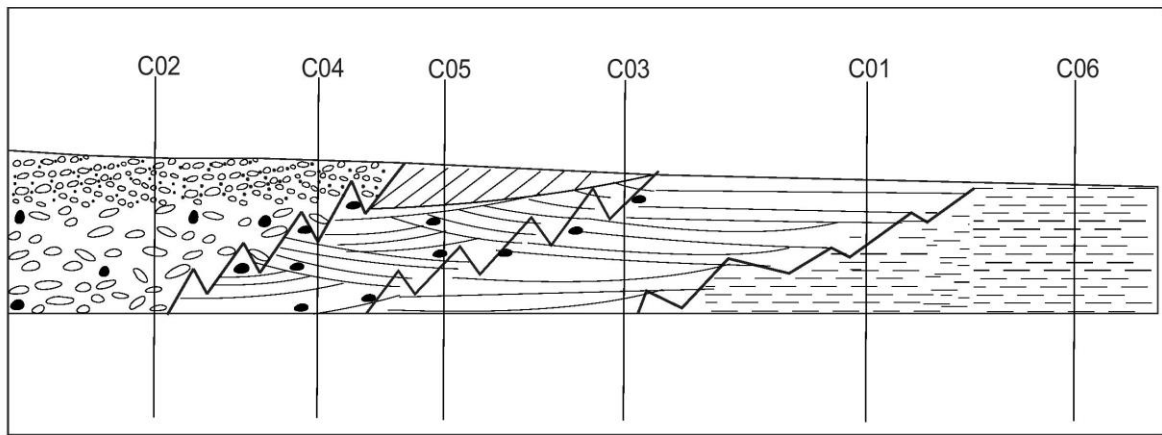


Figura 12. Disposição de depósitos sedimentares do tipo inunditos em corte longitudinal à direção de fluxo, evidenciando as associações de fácies (ver quadro 1).



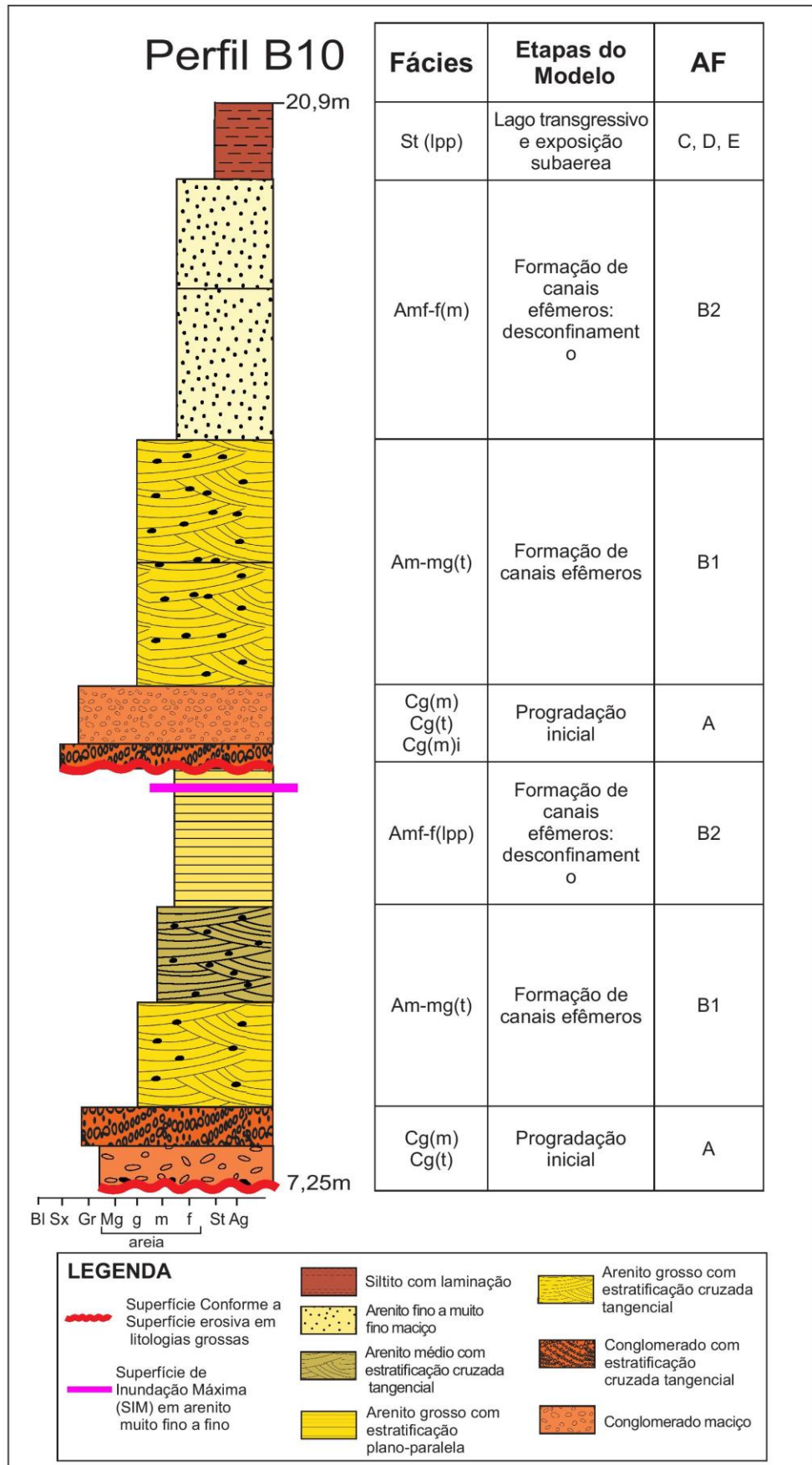


Figura 13. Modelo deposicional do tipo inunditos: fácies, associações de fácies e etapas deposicionais.

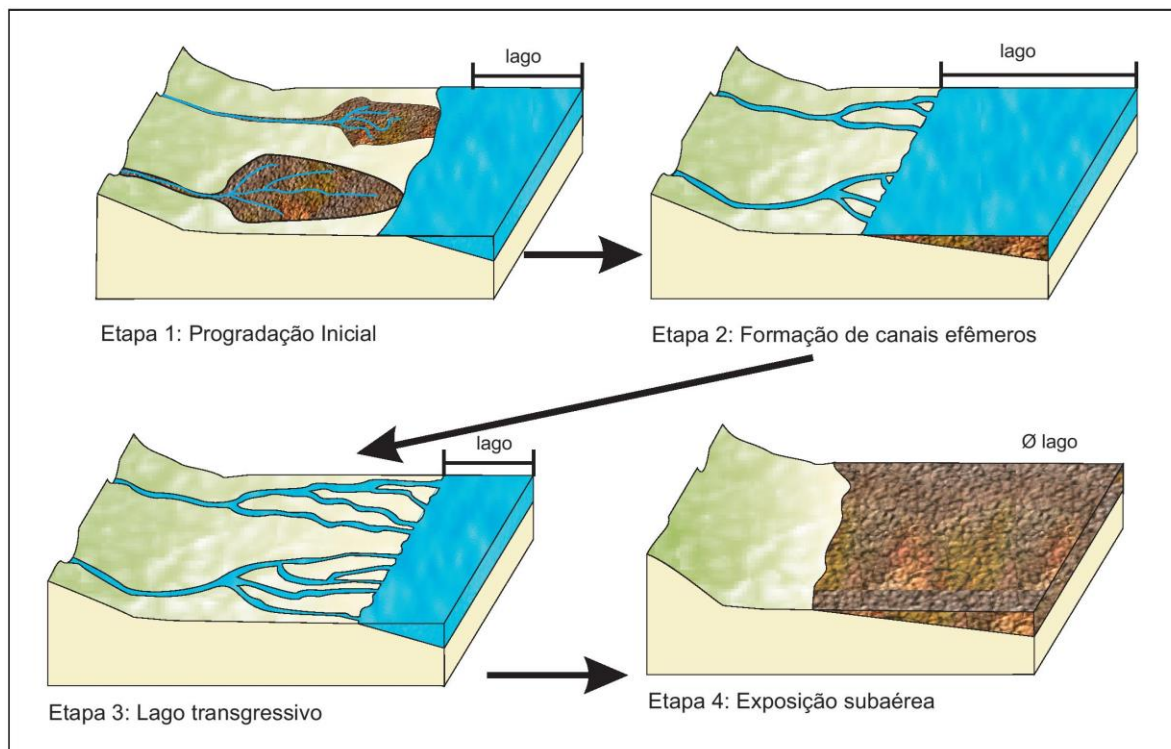


Figura 14. Modelo deposicional do tipo inunditos: etapas deposicionais.