

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

**ANÁLISE ARQUITETURAL DE DEPÓSITOS FLUVIAIS DA FORMAÇÃO GUARÁ  
(JURÁSSICO SUPERIOR-CRETÁCEO INFERIOR) NA BORDA SUDESTE DA  
BACIA DO PARANÁ, RS, BRASIL**

**ADRIANO DOMINGOS DOS REIS**

ORIENTADOR – Prof. Dr. Claiton Marlon dos Santos Scherer

Porto Alegre – 2016

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

**ANÁLISE ARQUITETURAL DE DEPÓSITOS FLUVIAIS DA FORMAÇÃO GUARÁ  
(JURÁSSICO SUPERIOR-CRETÁCEO INFERIOR) NA BORDA SUDESTE DA  
BACIA DO PARANÁ, RS, BRASIL**

**ADRIANO DOMINGOS DOS REIS**

**ORIENTADOR – Prof. Dr. Claiton Marlon dos Santos Scherer**

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Ernesto Luiz Correa Lavina – Centro Tecnológico, Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Prof. Dr. Giorgio Basilici – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas

Profa. Dra. Karin Goldberg – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

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

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Carlos Alexandre Netto

**Vice-Reitor:** Rui Vicente Oppermann

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Reis, Adriano Domingos dos

Análise arquitetural de depósitos fluviais da Formação Guará (Jurássico Superior-Cretáceo Inferior) na borda sudeste da Bacia do Paraná, RS, Brasil . / Adriano Domingos dos Reis. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.  
[40 f.] il.

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

Orientador(es): Claiton Marlon dos Santos Scherer

1. Elementos arquiteturais 2. Fluviais entrelaçados 3. Jurássico 4. Bacia do Paraná I. Título.

CDU 55

---

Catlogação na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Veleida Ana Blank

CRB 10/571

## **AGRADECIMENTOS**

Todas as pessoas que merecem ser agradecidas na conclusão deste Mestrado não caberiam nesta página.

Agradeço primeiro a minha família toda pelo exemplo que me dão até hoje.

À Dina, especialmente, agradeço pela paciência sem fim em tolerar minhas ausências, atrasos e distrações. Tua dedicação e amor são partes importantes deste trabalho.

Ao professor Claiton Scherer pelos ensinamentos diários, amizade e confiança.

Pela grande ajuda que deram no campo e no laboratório, agradeço aos queridos Ana Santana, Erik Dario, Francyne Amarante e Camila Althaus.

Pela força total e parceria de sempre não posso esquecer do Duda Espindola, do Joãozinho Formolo, do Zazá de Souza, e da Manu Bállico. Juntos vamos longe!

O Carlinhos Feijó merece um parágrafo especial, porque é o que segura todas as bombas e sempre lembra-se de nós antes de nós mesmos.

Às famílias que adquiri pelo caminho, do Oeste, S. Lúcio e D. Lídia Scherer, e D'Além-Mar, S. Manuel e D Julieta Cabrita, muito obrigado por toda a hospitalidade.

Aos colegas do prédio da Estratigrafia, que hoje já são tantos, muito obrigado pelo companheirismo.

Por fim, agradeço à UFRGS pela oportunidade e ao Programa de Recursos Humanos 12 da ANP que viabilizou este Mestrado através de bolsa e taxa de bancada, e vem me apoiando desde à graduação.

## RESUMO

A Formação Guará (Jurássico Superior) aflora na porção oeste do Rio Grande do Sul ao longo de uma faixa com orientação norte-sul, sendo a sua porção setentrional constituída essencialmente por depósitos fluviais com paleocorrente para sudoeste. Apesar da existência de afloramentos com boa exposição vertical e uma alta continuidade lateral, não haviam sido realizados até o presente momento estudos detalhados da arquitetura fluvial desta unidade. Por meio da análise de fácies, com a elaboração de perfis verticais e seções laterais, foram descritos e interpretados 9 litofácies que compõem 8 elementos arquiteturais. Estes elementos se agrupam em corpos arenosos de dois estilos fluviais: (1) Rios entrelaçados perenes profundos – compostos por elementos de acreso frontal simples e compostas, *hollows* de pequeno e grande porte, *sets* isolados com estratificações cruzadas e fácies arenosas e finas externas aos canais – e (2) Rios entrelaçados efêmeros fracamente canalizados – caracterizados por arenitos horizontalmente estratificados e *sets* isolados com estratificações cruzadas. Dois ou mais corpos arenosos de mesmo estilo se amalgamam em pacotes de 10 a 15 m que representam intervalos de tempo com o domínio de um estilo fluvial. Estes pacotes se alternam verticalmente separados por superfícies de centenas de metros de extensão lateral, refletindo intervalos com descarga aquosa maior e mais contínua (com corpos arenosos de rios perenes e profundos) ou com descarga episódica e de alta energia (com corpos arenosos de rios efêmeros fracamente canalizados). Os sistemas fluviais da porção proximal da Formação Guará refletem variações de descarga de baixa frequência, de controle climático.

**Palavras-chave:** elementos arquiteturais; fluviais entrelaçados; Jurássico; Bacia do Paraná

## ABSTRACT

The Guará Formation (Upper Jurassic) crops out in the western portion of Rio Grande do Sul along a track with north-south orientation, of which the northern part essentially consists of fluvial deposits with paleocurrent to southwest. Despite the existence of outcrops with good vertical exposure and high lateral continuity, had not yet been carried out detailed studies of fluvial architecture of this unit. Through facies analysis, with vertical logs and lateral sections data, 9 lithofacies composing 8 architectural elements were described and interpreted. These elements are grouped in sandstone bodies of two fluvial styles: (1) Deep perennial braided rivers – composed by simple and composed downstream-accretion elements, small and large-sized hollows, trough cross-stratified sets and overbank sand and fine facies – and (2) Poorly channelized ephemeral braided rivers - characterized by horizontally stratified sandstones and trough cross-stratified sets. Two or more sandstone bodies of same style amalgamate into 10 to 15 m packages representing time intervals with the domain of a river style. These packages alternate vertically separated by hundreds of meters lateral extent surfaces, reflecting intervals with larger and more continuous water discharge (sandstone bodies of deep perennial rivers) or with high energy episodic discharge (with sandstone bodies of poorly channelized ephemeral rivers). The river systems of the proximal portion of the Guará Formation reflects low frequency discharge variations, controlled by the climate.

**Keywords:** architectural element;, fluvial braided; Jurassic; Paraná Basin.

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	6
1.1	Objetivos.....	6
1.2	Estado da arte: análise arquitetural e modelos de fácies de sistemas fluviais.....	7
1.3	Sobre a Estrutura desta dissertação.....	9
2	Artigo.....	10
1	INTRODUÇÃO.....	11
2	LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO.....	12
3	MÉTODOS.....	15
4	FÁCIES E ELEMENTOS ARQUITETURAIIS.....	15
4.1	Fácies.....	15
4.2	Elementos Arquiteturais.....	17
4.2.1	Elemento de acreção frontal simples (Simple Downstream-Accretion Element) – DAS.....	18
4.2.2	Elemento de acreção frontal composto (Composed Downstream-Accretion Element) – DAC.....	20
4.2.3	Hollows de pequeno porte (Small-sized Hollow) – SHO.....	22
4.2.4	Hollow de grande porte (Large-sized Hollow) – LHO.....	23
4.2.5	Arenitos horizontalmente estratificados (Horizontally Stratified Sets) – HSS.....	24
4.2.6	Sets isolados com estratificações cruzadas (Trough Cross-stratified Sets) – TCS.....	26
4.2.7	Fácies arenosas externas ao canal (Overbank Sand Facies) – OS.....	27
4.2.8	Fácies finas externas ao canal (Overbank Fine Facies) – OF.....	27
5	ESTILOS FLUVIAIS.....	28
5.1	Rios entrelaçados perenes profundos.....	28
5.2	Rios entrelaçados efêmeros fracamente canalizados.....	29
6	EVOLUÇÃO ESTRATIGRÁFICA.....	30
7	CONCLUSÕES.....	31
8	AGRADECIMENTOS.....	32
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
4	Referências Bibliográficas.....	38

## 1 Introdução

Apesar de já terem sido estudados nos mais diversos aspectos da Geologia Sedimentar, os depósitos fluviais da Bacia do Paraná ainda não receberam muita atenção do ponto de vista da análise arquitetural. Isto pode ser devido ao fato de que uma bacia que cobre uma área tão vasta (1.400.000 km<sup>2</sup>) e um intervalo de tempo tão significativo (do Ordoviciano ao Cretáceo) nunca esgote o seu potencial de desenvolvimento geocientífico. Mas, sem dúvida, a pouca preservação de afloramentos lateralmente extensos no ambiente altamente intempérico da região onde a bacia está exposta dificulta muito este tipo de estudo. A despeito disto, a Formação Guará, exposta em escarpas e *cuestas* nas regiões oeste e sudoeste do Rio Grande do Sul, se mostra um excelente objeto para estudos de análises arquiteturais em seções laterais.

Este trabalho descreve e discute a arquitetura fluvial dos depósitos mais proximais da Formação Guará no Rio Grande do Sul, em afloramentos próximos as cidades de Jaguari, Nova Esperança do Sul e São Francisco de Assis. Através do método clássico da análise de fácies e elementos arquiteturais, descreve a disposição dos elementos dentro dos ambientes fluviais e suas relações genéticas e processos sedimentares formadores. Por fim, discute a evolução estratigráfica da Formação Guará na região, abordando brevemente os controles da sedimentação fluvial no Gondwana Sul-ocidental no Jurássico Superior.

### 1.1 Objetivos

Este trabalho teve como objetivo principal a construção de um modelo deposicional dos sistemas fluviais proximais da Formação Guará, considerando a sua distribuição espacial e evolução temporal, por meio das análises arquitetural e de fácies.

Entre os objetivos específicos destacam-se:

1. Conhecer o estilo fluvial dos sistemas deposicionais e a partir deles
2. Reconhecer os possíveis controles alogênicos da deposição.
3. Contribuir para o conhecimento dos sistemas continentais jurássicos da Bacia do Paraná.
4. Levantar dados de detalhe sobre sistemas aluviais do Gondwana Sul Ocidental no Mesozóico.



## **1.2 Estado da arte: análise arquitetural e modelos de fácies de sistemas fluviais.**

Os conceitos modernos acerca da sedimentação fluvial se consolidaram definitivamente a partir de Miall (1978), publicação das discussões do *First International Symposium on Fluvial Sedimentology*, ocorrido em Calgary, Canadá, em 1977. Este encontro resumiu os principais temas em desenvolvimento da sedimentologia fluvial, que norteiam as pesquisas até os dias de hoje: (1) geomorfologia fluvial descritiva; (2) geomorfologia fluvial quantitativa; (3) estudos sobre transporte e textura de sedimentos; (4) formas de leito e paleocorrentes; (5) modelos de fácies fluviais; (6) arquitetura fluvial e (7) paleohidráulica (Miall, 1996).

Desde então, grande quantidade de estudos tem contribuído com todos estes temas. Para este trabalho interessam especialmente os avanços nos *modelos de fácies* e na *arquitetura deposicional* de depósitos fluviais são de especial interesse, embora todos sejam interdependentes e tenham se desenvolvido em conjunto.

Os estudos em *arquitetura fluvial* têm crescido em importância com o passar do tempo, desde os trabalhos pioneiros de Allen (1983) e Miall (1985). Cresceu também o consenso de que a descrição de seções laterais é fundamental nos estudos de depósitos fluviais, uma vez que perfil verticais não conseguem representar a morfologia e a distribuição espacial dos elementos arquiteturais constituintes dos sistemas (Miall, 1996). Allen (1966) mostrou que campos de fluxo, representados por diferentes formas de leito, podem ser organizados em ordem hierárquica. Nos anos seguintes, diversos outros autores testaram e desenvolveram os conceitos hierárquicos para superfícies limítrofes e formas de leito (Collinson, 1970; Miall, 1974; Jackson, 1975; Allen, 1980; Jones e McCabe, 1980). Entretanto, a primeira classificação de hierarquia de superfícies sedimentares foi criada por Brookfield (1977) para depósitos eólicos, servindo como principal referência para Allen (1983) formalizar pela primeira vez a hierarquia de superfícies limítrofes em depósitos fluviais: primeira, segunda e terceira ordem, de maneira crescente em representatividade e importância. A partir de Allen (1983), Miall (1985, 1988a e b) desenvolveu e aprimorou a classificação das superfícies limítrofes em suas primeiras sínteses da análise de elementos arquiteturais de depósitos fluviais, baseadas no conceito de “macroforma” de Jackson (1975). O autor define que elementos arquiteturais são “as unidades componentes de canais e planícies de inundação, compreendendo os vários blocos de construção de arenitos e conglomerados

canalizados e não canalizados, e de complexos de planícies de inundação” (Miall, 1985 e 2014) e defende que tal classificação possa ser aplicada para qualquer depósito fluvial, partindo de oito elementos arquiteturais básicos. Nos 30 anos seguintes estes conceitos têm sido discutidos e aplicados nos estudos de sistemas fluviais antigos e recentes em diversos trabalhos (entre outros: Ramos *et al.*, 1986; Wizevich, 1992 e 1993; Roe e Hermansen, 1993; Hjellbakk, 1997; Holbrook e Schumm, 1999; Holbrook, 2001; Jo e Chough, 2001; Ray e Chakraborty, 2002; Jo, 2003; Scherer *et al.*, 2007; Fielding *et al.*, 2009; Tedesco *et al.*, 2010; Allen *et al.*, 2014; Ielpi e Ghinassi, 2015; Ielpi e Rainbird, 2015; Plink-Björklund, 2015; Scherer *et al.*, 2015; Wake *et al.*, 2015) com maiores ou menores adaptações, consagrando-os ao longo do tempo.

Por outro lado, na construção dos *modelos de fácies* para diferentes estilos fluviais, as experiências com o conceito clássico de análise arquitetural mostraram algumas limitações. Brierley (1996) apontou que a descrição e interpretação de elementos não devem induzir comparações com modelos existentes, mas construir interpretações baseadas na observação da assembleia de elementos. Na mesma linha, Bridge (2006) e Bridge e Lunt (2006) criticam os elementos pré-estabelecidos, argumentando que eles não refletem a variabilidade e a complexidade dos sistemas fluviais. Walker (1990) chamou a classificação de “anarquia sedimentológica” devido à falta de uma “norma”, uma vez que cada combinação entre os elementos pode ser tratada como única. Buscando mais uma vez a síntese, Miall (1996, Cap. 8) reuniu 16 modelos de fácies “básicos” a partir de combinações de nove elementos arquiteturais, ressaltando que pode haver outros estilos intermediários entre os diferentes modelos, a partir de diferentes combinações de elementos. Este autor reconhece que apesar de imperfeito, seu modelo de análise arquitetural ainda contém um importante poder de síntese.

Entre os diferentes trabalhos utilizando a análise de elementos arquiteturais e de superfícies limítrofes, pode-se citar três trabalhos de referência, apesar de existirem inúmeros outros de qualidade indiscutível. Enfatizando a hierarquia de superfícies e seus controles, Wizevich (1993, 1992) realizou trabalhos de referência para o método de descrição de seções laterais e interpretação da arquitetura fluvial. Chakraborty (1999) discute detalhadamente a morfologia e as estruturas de dos elementos arquiteturais do Mancheral Quartzite, Proterozoico da Índia, reconstituindo as relações entre cada elemento dentro do canal fluvial a partir da sua

reconstituição em duas e três dimensões. Usando os conceitos clássicos, mas com uma classificação totalmente descritiva, Jo e Chough (2001) diferenciaram dez elementos arquiteturais em depósitos fluviais da Coreia, dissecando a sucessão geomorfológica dos elementos contemporâneos dentro de grupos que representam um cinturão de canais fluviais.

Os controles climáticos sobre a arquitetura fluvial também são motivo de vasta discussão, mesmo que a dificuldade de reconhecer a influência do clima sob os outros controles alogênicos (tectônica e eustasia) no registro fluvial tenha gerado poucos trabalhos neste tema. Miall (1996, cap. 12) enumera diversas feições de depósitos fluviais que são evidências do regime climático atuante no momento da sedimentação (e.g., concreções carbonáticas, carvão, lamas oxidadas, etc.). Usando estas feições, somadas à análise arquitetural, recentemente alguns autores tem proposto modelos de fácies para sistemas fluviais controlados principalmente por fatores paleoclimáticos e que demonstram variações climáticas ao longo de sua evolução estratigráfica (Allen *et al.*, 2014; Fielding *et al.*, 2009; Tedesco *et al.*, 2010).

### **1.3 Sobre a Estrutura desta dissertação**

Esta dissertação de mestrado está estruturada em torno de artigo publicado submetido em periódico. Consequentemente, sua organização compreende as seguintes partes principais:

- a) Introdução, onde estão sumarizados os objetivos e o estado da arte sobre o tema de pesquisa.
- b) Artigo submetido à publicação em periódicos com corpo editorial permanente e revisores independentes, escrito pelo autor durante o desenvolvimento de seu Mestrado.
- c) Comprovante eletrônico de submissão do manuscrito ao periódico.
- d) Referências Bibliográficas citadas no capítulo 1 desta dissertação.

## 2 Artigo

**Análise arquitetural de depósitos fluviais da Formação Guará (Jurássico superior-Cretáceo inferior) na borda Sudeste da Bacia do Paraná, RS, Brasil**

**Architectural analysis of fluvial deposits in Guará Formation (Upper Jurassic – Lower Cretaceous), southeastern Paraná Basin edge, RS, Brazil**

**Análise arquitetural de dep. fluviais da Fm. Guará**

*Adriano Domingos dos Reis, a\_d\_reis@hotmail.com*

*Claiton Marlon dos Santos Scherer, claiton.scherer@ufrgs.br*

*Ezequiel Galvão de Souza, ezequiel.geol@gmail.com*

*Manoela Bettarel Bállico, manoela.bettarel@gmail.com*

*Eduardo Espindola, espindoleta@hotmail.com*

*João Pedro Formolo Ferronato, joaopedroformolo@hotmail.com*

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Endereço: Cx. Postal 15001, Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501970

Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil

Telefone: (51) 81195044, (51) 33086921

Palavras: 10.525

Figuras: 8

Tabelas: 1

## RESUMO

A Formação Guar´a (Jur´assico Superior) aflora na porç˜ao oeste do Rio Grande do Sul ao longo de uma faixa com orienta¸˜ao norte-sul, sendo a sua porç˜ao setentrional constitu´ıda essencialmente por dep´ositos fluviais com paleocorrente para sudoeste. Apesar da existˆencia de afloramentos com boa exposi¸˜ao vertical e uma alta continuidade lateral, nˆao haviam sido realizados at´e o presente momento estudos detalhados da arquitetura fluvial desta unidade. Por meio da an´alise de f´acies, com a elabora¸˜ao de perfis verticais e se¸˜oes laterais, foram descritos e interpretados 9 litof´acies que compˆoem 8 elementos arquiteturais. Estes elementos se agrupam em corpos arenosos de dois estilos fluviais: (1) Rios entrelaçados perenes profundos – compostos por elementos de acres¸˜ao frontal simples e compostas, *hollows* de pequeno e grande porte, *sets* isolados com estratifica¸˜oes cruzadas e f´acies arenosas e finas externas aos canais – e (2) Rios entrelaçados efêmeros fracamente canalizados – caracterizados por arenitos horizontalmente estratificados e *sets* isolados com estratifica¸˜oes cruzadas. Dois ou mais corpos arenosos de mesmo estilo se amalgamam em pacotes de 10 a 15 m que representam intervalos de tempo com o dom´ınio de um estilo fluvial. Estes pacotes se alternam verticalmente separados por superf´ıcies de centenas de metros de extens˜ao lateral, refletindo intervalos com descarga aquosa maior e mais cont´ınua (com corpos arenosos de rios perenes e profundos) ou com descarga epis´odica e de alta energia (com corpos arenosos de rios efêmeros fracamente canalizados). Os sistemas fluviais da porç˜ao proximal da Forma¸˜ao Guar´a refletem varia¸˜oes de descarga de baixa frequˆencia, de controle clim´atico.

**Palavras-chave:** elementos arquiteturais; fluviais entrelaçados; Jur´assico; Bacia do Paran´a.

## ABSTRACT

The Guar´a Formation (Upper Jurassic) crops out in the western portion of Rio Grande do Sul along a track with north-south orientation, of which the northern part essentially consists of fluvial deposits with paleocurrent to southwest. Despite the existence of outcrops with good vertical exposure and high lateral continuity, had not yet been carried out detailed studies of fluvial architecture of this unit. Through facies analysis, with vertical logs and lateral sections data, 9 lithofacies composing 8 architectural elements were described and interpreted. These elements are grouped in sandstone bodies of two fluvial styles: (1) Deep perennial braided rivers – composed by simple and composed downstream-accretion elements, small and large-sized hollows, trough cross-stratified sets and overbank sand and fine facies – and (2) Poorly channelized ephemeral braided rivers - characterized by horizontally stratified sandstones and trough cross-stratified sets. Two or more sandstone bodies of same style amalgamate into 10 to 15 m packages representing time intervals with the domain of a river style. These packages alternate vertically separated by hundreds of meters lateral extent surfaces, reflecting intervals with larger and more continuous water discharge (sandstone bodies of deep perennial rivers) or with high energy episodic discharge (with sandstone bodies of poorly channelized ephemeral rivers). The river systems of the proximal portion of the Guar´a Formation reflects low frequency discharge variations, controlled by the climate.

**Keywords:** architectural element;, fluvial braided; Jurassic; Paran´a Basin.

## 1 INTRODU¸˜AO

A variabilidade lateral e vertical da deposi¸˜ao em sistemas fluviais nˆao permite que tais sistemas sejam plenamente compreendidos simplesmente atrav´es do empilhamento de f´acies em

perfis verticais (Allen, 1983; Miall, 1996; Jo e Chough, 2001). A distribuição vertical de fácies não reflete completamente as especificidades de diferentes estilos fluviais, num ambiente sedimentar onde as superfícies limítrofes e a geometria dos corpos são determinantes para a compreensão da distribuição dos processos de transporte e deposição. Estudos em sistemas fluviais, tantos do passado geológico, quanto de ambientes ativos atualmente, tem levado em conta a importância da análise arquitetural para a compreensão dos diversos elementos morfológicos presentes em sistemas fluviais. O reconhecimento dos quatro tipos básicos de canais fluviais (reto, anastomosado, meandrante e entrelaçado) se mostra cada vez mais insuficiente para classificar a enorme variedade de estilos fluviais que têm sido reconhecidos ao redor do globo. Portanto, a análise arquitetural a partir do detalhamento de seções laterais em afloramentos é essencial para os estudos sedimentológicos em sistemas fluviais, em especial nos entrelaçados, nos quais a quantidade de superfícies erosivas e a variedade de elementos arquiteturais são grandes.

Os depósitos fluviais da Formação Guará, embora reconhecidos por diversos autores (Scherer et al., 2000; Zerfass et al., 2003; Scherer e Lavina, 2005 e 2006; Soares, 2008), não havia tido sua arquitetura fluvial detalhada. Apesar da sua modesta expressão vertical, apenas 120 m, a Formação Guará registra um momento particular na história geológica da bacia do Paraná, em que o sistema de drenagem corria no sentido sul-sudoeste, rumo a um depocentro na Argentina, durante o Jurássico Superior. Constitui também um importante reservatório de água subterrânea na região, parte do Sistema Aquífero Guarani (Soares, 2008). O objetivo principal deste trabalho é a construção de um modelo deposicional dos sistemas fluviais proximais da Formação Guará, considerando a sua distribuição espacial e evolução temporal, por meio das análises arquitetural e de fácies.

Por meio da análise arquitetural dos depósitos fluviais da Formação Guará se pode conhecer a distribuição temporal e espacial dos sistemas fluviais do Jurássico Superior no sudoeste do Gondwana, eventualmente contribuindo para reconstituições paleogeográficas e paleoclimáticas. Além disso, fica detalhada a evolução estratigráfica de um momento singular na história geológica da Bacia do Paraná, quando seu depocentro está deslocado para Sudoeste.

## **2 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO**

Este trabalho se concentrou em afloramentos no oeste do Estado do Rio Grande do Sul, em duas áreas: (1) nos arredores da cidade de São Francisco de Assis; e (2) entre os municípios de Jaguari, Nova Esperança do Sul e Santiago (Figura 1). A maioria destes afloramentos possui boa exposição lateral e vertical, permitindo o levantamento de perfis colunares e o detalhamento de seções laterais.

Nas regiões de Jaguari e São Francisco de Assis, a Formação Guará repousa em desconformidade sobre a Formação Sanga do Cabral, de idade Triássico Inferior (Scherer et al., 2000). No topo está em contato por desconformidade com a Formação Botucatu, de idade Cretáceo-Inferior. A espessura total da formação está calculada entre 60 e 120 m (Scherer e Lavina, 2005).

A Bacia do Paraná constitui o registro sedimentar de vários períodos de subsidência e sedimentação separados por discordâncias regionais, num contexto geotectônico intracontinental, recobrando partes do sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Cada período de sedimentação corresponde a uma Supersequência, compondo um registro estratigráfico que vai do Ordoviciano ao Cretáceo (Milani, 1997; Milani et al., 1998). Durante o Mesozóico, o isolamento intracontinental da bacia induziu uma gradual aridização, culminando com o estabelecimento de vastos campos de dunas eólicas do deserto Botucatu no Cretáceo Inferior (Milani et al., 1998). O registro Mesozóico da Bacia pode ser dividido em 5 unidades litoestratigráficas separadas por discordâncias regionais (Scherer et al., 2000): (1) a Formação Sanga do Cabral (Triássico Inferior), composta de depósitos

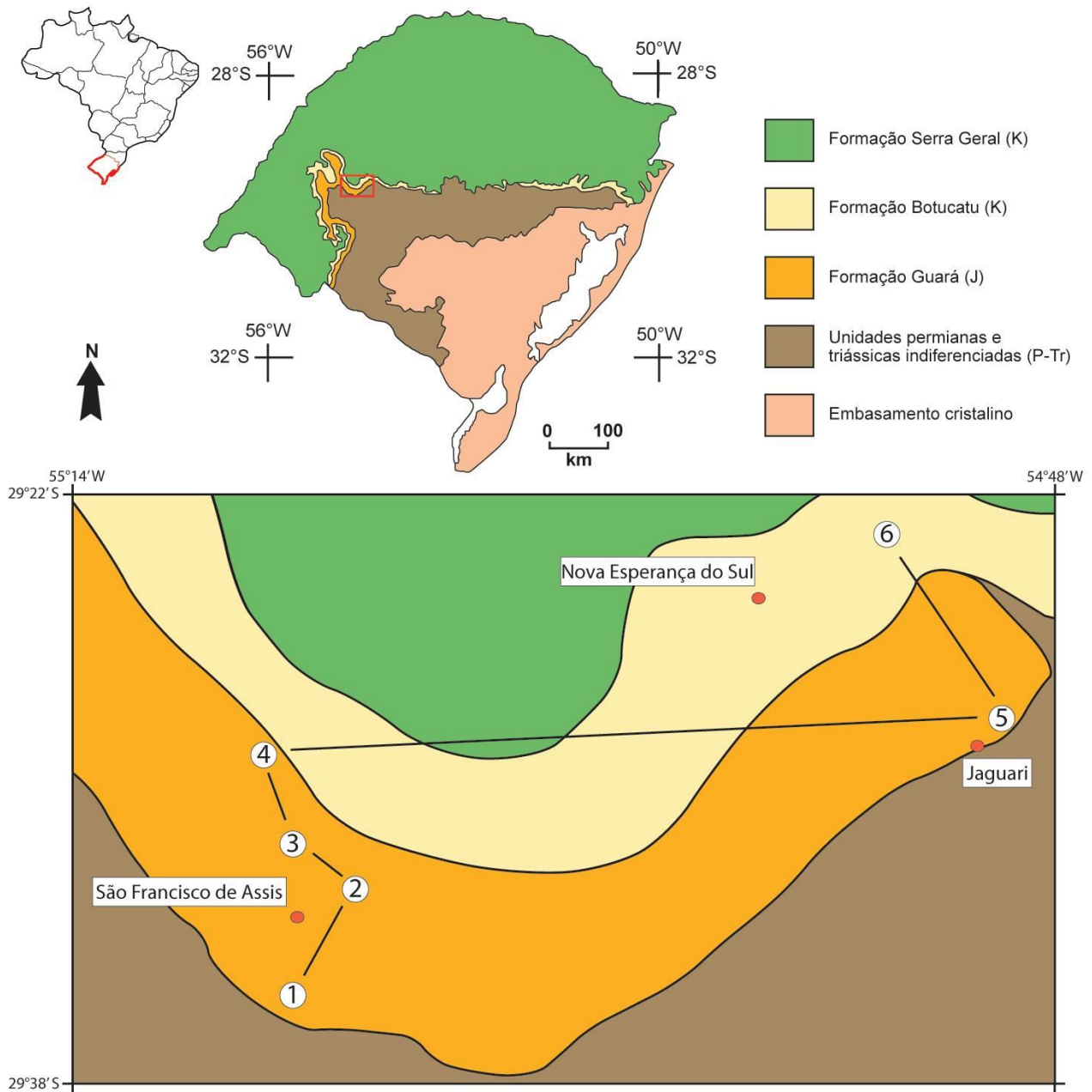
fluviais, lacustres e eólicos; (2) a Formação Santa Maria (Triássico Médio a Superior), que consiste em depósitos fluvio-lacustres; (3) o Arenito Mata (Triássico Superior), registro de um sistema fluvial entrelaçado; (4) A Formação Guará (Jurássico Superior), constituída por depósitos fluviais e flúvio-eólicos, e (5) a Formação Botucatu (Cretáceo Inferior) composta por dunas de um sistema eólico seco. As discordâncias estão relacionadas à tectônica das margens ativas do Gondwana Sul-Occidental e ao início do processo de abertura do rifte Atlântico Sul (Milani, 1997; Zeffass et al., 2003, 2004). Estes eventos tectônicos reativaram sistemas de falhas NW-SE e NE-SW do embasamento que exerceram o principal controle sobre a sedimentação e preservação das unidades estratigráficas (Mantovani e Zalán, 1997; Milani, 1997; Zeffass et al., 2004)

A Formação Guará aflora na região oeste do Rio Grande do Sul e no Noroeste do Uruguai, onde é correlata ao Membro Batoví da Formação Tacuarembó (Scherer e Lavina, 2005). Na Argentina corresponde a Formação San Cristóbal, reconhecida somente em subsuperfície (Silva Busso e Fernandes Garrasino, 2004). A distribuição de fácies da formação varia espacialmente de norte para sul. Na sua porção setentrional (onde se concentra este estudo), ocorrem principalmente arenitos médios a grossos de depósitos fluviais (Scherer e Lavina, 2005). Na região da fronteira Brasil-Uruguai, próxima as cidades de Santana do Livramento e Rivera, ocorrem depósitos arenosos que registram a intercalação entre sistemas eólicos úmidos e fluviais fracamente canalizados (Scherer e Lavina, 2005, 2006). Ainda mais a sudoeste, na região de Tacuarembó, intercalam-se sistemas fluvio-lacustres e eólicos (Perea et al., 2009).

O conteúdo fossilífero na formação é bastante variado. A paleoicnofauna de vertebrados reúne pegadas de saurópodes, terópodes e ornitópodes (Scherer e Lavina, 2005), bem como paleotocas de diferentes tipos de tetrápodes (Dantzien-Dias, 2010), que sugerem idade Jurássico Superior. O correlato Membro Batoví do Uruguai contém escamas de peixes Semionontiformes (Perea e Martinez, 2003), fragmentos de crânio de crocodilo (Mones, 1980), ostracodes, dentes e coprólitos de vertebrados, moluscos bivalves (Martinez et al., 1993), conchostráceos (Yanbin et al., 2004) dentes de dinossauros terópodes e um tubarão de água doce (Perea et al., 2001).

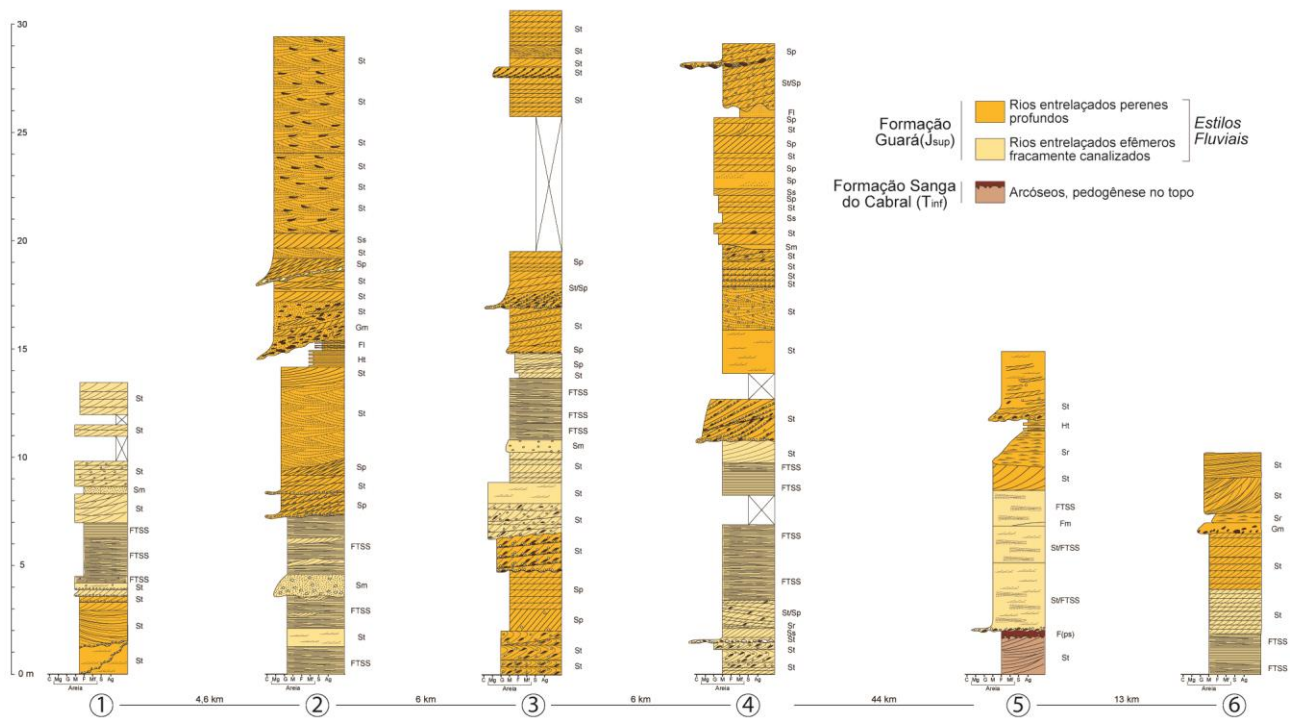
As paleocorrentes fluviais no Brasil são para SSW e no Uruguai tendem mais para WSW, o que sugere um depocentro hipotético na Argentina ( Scherer e Lavina, 2005; Perea et al., 2009), o que representa um momento singular na evolução tectonossedimentar da Bacia do Paraná.

Do ponto de vista da evolução paleoambiental e estratigráfica, Scherer e Lavina (2005) reconheceram na Formação Guará ciclos sedimentares compostos pela alternância sucessiva de sistemas eólicos (representados por associações de fácies de dunas eólicas simples ou localmente compostas e lençóis de areia eólicos) e sistemas fluviais (compostos pelas associações de fácies de canais fluviais e de depósitos de inundações em lençol distais). As intercalações de estratos fluviais e eólicos teriam sido causadas por flutuações no nível freático, disponibilidade de areia seca e pelas capacidades de transporte eólico e fluvial, provavelmente controladas por oscilações climáticas.



**Figura 1.** Localização da área estudada, no oeste do Estado do Rio Grande do Sul. Os pontos numerados correspondem aos perfis colunares da Figura 2. Os pontos vermelhos são as cidades da região. K=Cretáceo, J=Jurássico, P-Tr= Permiano ao Triássico.





**Figura 2.** Perfis colunares de afloramentos, sem correlação por *datum*, localização na Figura 1. A discordância entre as Formações Sanga do Cabral e Guará só foi encontrada no ponto 5. Jsup=Jurássico Superior, Tinf=Triássico Inferior.

### 3 MÉTODOS

Os dados deste estudo foram adquiridos utilizando os métodos consagrados da análise de fácies (*sensu* Walker e James, 1992), por meio de levantamento de perfis colunares e seções laterais detalhadas a partir de fotomosaicos e de medidas de estruturas para a determinação da paleocorrente.

A elaboração dos fotomosaicos para composição das seções laterais segue o método de Wizevich (1991), com alta sobreposição entre as fotografias para reduzir ao máximo a distorção.

A codificação das litofácies partiu dos princípios de Miall (1996), onde a primeira letra (maiúscula) corresponde ao tamanho de grão e a letra minúscula seguinte à estrutura. Exceções são feitas para as litofácies Ht, para heterolitos que reúnem duas ou mais frações granulométricas de tamanho de grão fino em misturas heterogêneas e para as FTSS (a partir de Allen et al., 2014) que agrupam duas litofácies de difícil distinção (Tabela 1, veja também seção 4.1).

## 4 FÁCIES E ELEMENTOS ARQUITETURAIS

### 4.1 Fácies

Os arenitos da Formação Guará são majoritariamente quartzosos, com pequeno conteúdo de feldspatos, em geral parcialmente dissolvidos. Texturalmente são arenitos finos a muito grossos, com a predominância do grão médio, subarredondados a bem arredondados, moderadamente a bem selecionados. Cascalho está presente em grânulos e seixos de quartzo leitoso de até 2 cm, concentrado sobre superfícies erosivas e em bases de *sets*, por vezes dispersos aleatoriamente nas camadas. Os arenitos também podem conter clastos lamosos vermelhos a castanho avermelhados que se concentram sobre superfícies erosivas, variando desde pequenos fragmentos de menos de 1 cm, que tendem a ter formato placóide alongado, até blocos e matações de 20 a 30 cm (alguns

passam de 50 cm), alongados ou semiesféricos com arestas angulosas. A concentração destes clastos de lama pode ser tão alta a ponto de constituir conglomerados de clastos lamosos.

Diversas litofácies são reconhecidas na Formação Guará (Tabela 1 de litofácies) e podem ser divididos em 4 conjuntos: arenitos com estratificação cruzada, arenitos com Ftss (*Froude transcritical to supercritical structures, sensu* Allen et al., 2014; ver tabela 1 e seção 4.2.5), arenitos e conglomerados maciços e finos. As estratificações cruzadas predominam em cerca de 75%, seguidas pelas FTSS com 20%, com finos e maciços representando juntos aprox. 5% das fácies reconhecidas.

**Tabela 1.** Litofácies descritas neste trabalho, com interpretação do processo deposicional.

<b>Litofácies</b>	<b>Litologia e Estruturas Sedimentares</b>	<b>Processo deposicional</b>
<b>Gm</b>	Conglomerado intraformacional com clastos lamosos (intraclastos) variando do tamanho grânulo a matacão, a fração areia varia de areia grossa a muito grossa, conglomerática. Predomina a estrutura maciça, eventualmente com estratificações cruzadas associadas. Depositado sobre superfícies erosivas.	Fluxo unidirecional subaquoso de alta energia, hiperconcentrado em sedimentos, originado na base de canais, responsável por erosão e escavação de depósitos subjacentes.
<b>Sm</b>	Arenito médio a grosso, maciço, por vezes conglomerático. Intraclastos lamosos achatados são frequentes.	Fluxo unidirecional subaquoso de alta energia, hiperconcentrado em sedimentos.
<b>St</b>	Arenito médio a grosso, por vezes conglomerático, com estratificação cruzada tangencial de médio (0,1 a 0,3 m) ou grande porte (0,5 a 2 m). Gradação normal e cascalho marcando a base dos sets e os foresets.	Migração de formas de leito de crista curva subaquosas em fluxo unidirecional.
<b>Sp</b>	Arenito médio a grosso, por vezes conglomerático, com estratificação cruzada planar de médio porte em sets de 0,1 a 0,3 m. Gradação normal e cascalho marcando a base dos sets e os foresets.	Migração de formas de leito de crista reta subaquosas em fluxo unidirecional.
<b>Ss</b>	Arenito médio a grosso com estratificação cruzada sigmoidal de médio (0,1 a 0,25 m) ou grande porte (1 m).	Migração de formas de leito subaquosas com agradação rápida combinando tração e suspensão em fluxo unidirecional.
<b>Ftss (Sl + Sh)</b>	Arenito fino a grosso, moderadamente selecionados, com baixa clasticidade, com estratificação cruzada de baixo ângulo e estratificação horizontal intercaladas lateral e verticalmente.	Estruturas formadas em fluxos desconfinados de alta energia, com regime que transiciona entre inferior e superior rapidamente. <i>Froude Transcritical to Supercritical Structures (sensu</i> Allen et al., 2014)
<b>Sr</b>	Arenito fino a médio com laminação cruzada de marcas onduladas, com porte variando de 2 a 7 cm, por vezes com dorso preservado.	Migração de ripples suaquosas unidirecionais, com ângulo de cavalgamento variando de subcrítico a supercrítico.
<b>Ht</b>	Intercalações heterolíticas milimétricas a centimétricas de arenitos muito finos (por vezes com ripples, Sr), lamitos, argilitos e siltitos, geralmente laminados (FI). Estruturas de deformação plástica muito comuns, rompendo a laminação. Cores variegadas.	Deposição por decantação de carga em suspensão alternada com tração de carga de fundo em regime fluxo muito próximo a zero. Deformação por carga e escape de fluidos. Cores heterogêneas provocadas por deformação, rompimento da laminação e mistura textural pós-deposicionais.
<b>FI</b>	Pelitos (argilitos, siltitos, lamitos e arenitos muito finos), com laminação horizontal milimétrica. Estruturas de deformação plástica muito comuns, rompendo a laminação. Vermelhos a castanho avermelhados.	Deposição de carga em suspensão por decantação em ambiente subaquoso sem fluxo. Deformação por carga e escape de fluidos, pós-deposicional. Cores avermelhadas indicam oxidação.

As estratificações cruzadas (St, Sp, Ss) dominam, na estimativa de 75% das fácies descritas. Destas, a maioria é de cruzadas tangenciais (ou acanaladas), seguidas pelas planares e pelas sigmoidais, sendo estas últimas raras. São encontradas como *sets* de médio porte (de 0,12 a 0,3 m),

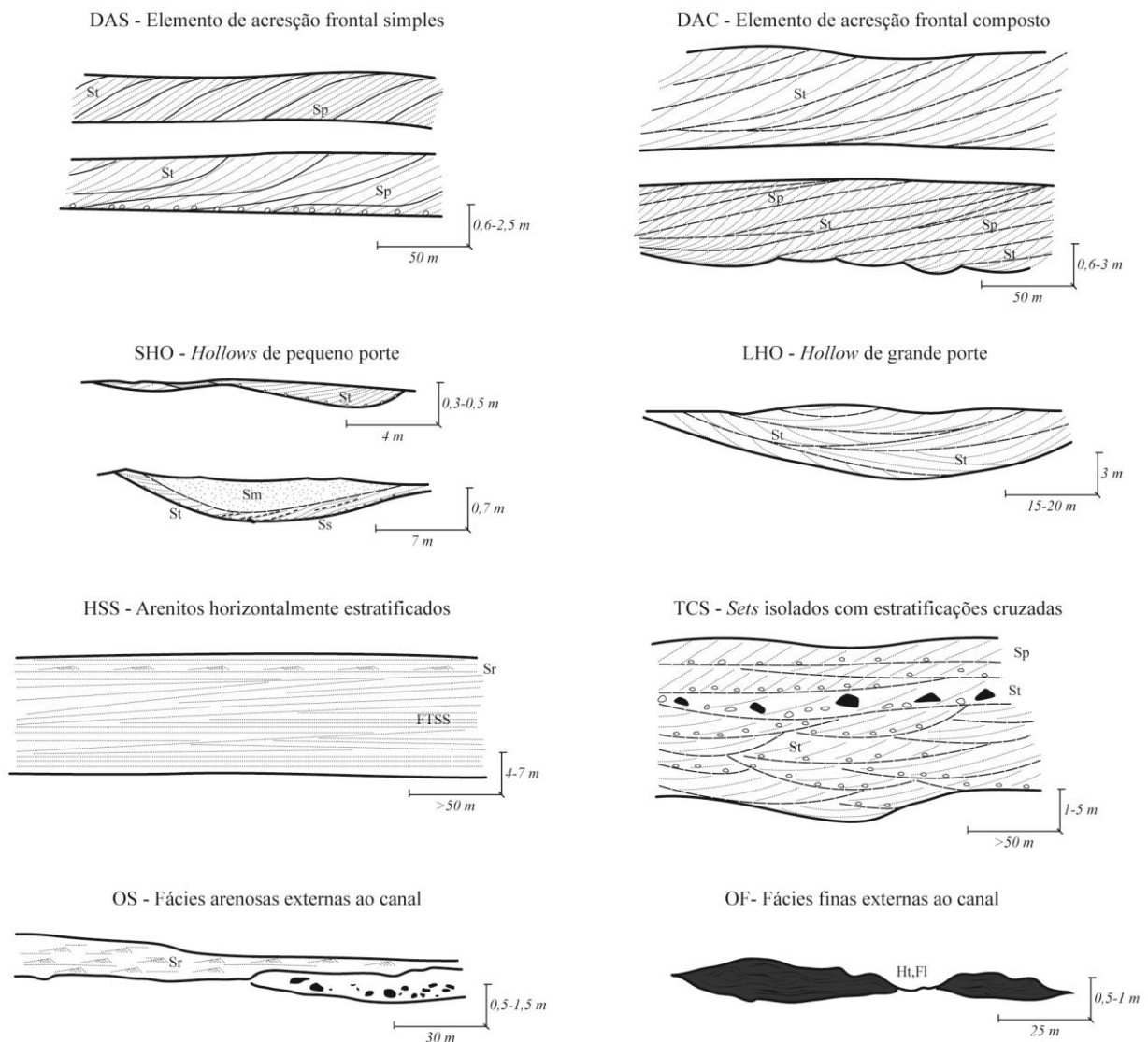
que podem aparecer isolados ou compondo *cosets*, ou de grande porte (de 0,5 a mais de 1 m). Os *sets* de estratos cruzados frequentemente tem gradação normal, com concentração de cascalho nas bases.

Os arenitos com estratificações de baixo ângulo e horizontais (Sl e Sh) são o segundo grupo mais comum, sendo cerca de 20 %. Estas coexistem lateralmente no mesmo pacote, sendo então agrupados pelo nome de *Froude Transcritical to Supercritical Structures* (Ftss) segundo o conceito de Allen et al., 2014, e têm a seleção textural um pouco melhor desenvolvida do que as fácies de estratos cruzados. A presença de grânulos e seixos é rara nestes arenitos.

Os 5% restantes das fácies estudadas se dividem igualmente entre sedimentos finos (heterolitos e lutitos) e arenitos e conglomerados maciços em que a fração grossa corresponde a clastos de lama (intraformacionais).

#### 4.2 Elementos Arquiteturais

Neste trabalho foram identificados oito elementos arquiteturais constituintes dos depósitos fluviais da Formação Guará. As principais características de cada um delas e sua interpretação genética estão detalhadas abaixo, e sumarizados na Figura 3.



**Figura 3.** Elementos arquiteturais da Formação Guará. Os códigos de fácies remetem à Tabela 1. As dimensões representadas são as máximas encontradas, ou as variações entre mínima e máxima encontradas. Descrições e interpretações de cada elemento estão ao longo da seção 4.2.

#### 4.2.1 Elemento de acreção frontal simples (Simple Downstream-Accretion Element) – DAS

##### Descrição

Este elemento é caracterizado por *sets* isolados de estratificação cruzada tangencial (St), eventualmente planar (Sp), de grande porte, com espessura entre 0,6 e 2,5 m, a maioria com cerca de 1 m (Fig. 3, 4A e 4B). A base geralmente é abrupta, planar quando sobre outras macroformas (DAS ou DAC) ou ondulada erosiva quando sobre outros elementos arquiteturais. O topo é geralmente limitado por superfície erosiva que trunca os *sets* de estratos cruzados. Cada set costuma mostrar gradação normal, de areia muito grossa a média, com níveis de grânulos e seixos de quartzo ou intraclastos lamosos na base e também dispersos nos planos de estratificações. Internamente aos *sets* frequentemente ocorrem superfícies que truncam os foresets subjacentes, sobre as quais os foresets superiores estão em downlap, inclinadas no mesmo sentido destes, porém com menor ângulo de mergulho (Fig. 4A e 4B). Eventualmente, estes truncamentos internos aparecem regularmente espaçados, entre 10 e 20 cm, truncando os foresets no topo e concordando paralelamente com eles na base (Fig. 4A e 4D). Por outro lado, os truncamentos também ocorrem em geometria côncava, onde a porção proximal da superfície é paralela e concordante aos foresets, mas distalmente se torna erosiva em relação aos estratos subjacentes e passa a truncá-los, quando tende a tangenciar paralelamente à base do set, preservando por vezes apenas 5 ou 10 cm (cerca de 15 %) do tamanho original dos foresets (Fig. 4 A e 4B). O sentido de mergulho dos estratos cruzados (foresets) e das superfícies erosivas internas é frequente para SSW.

##### Interpretação

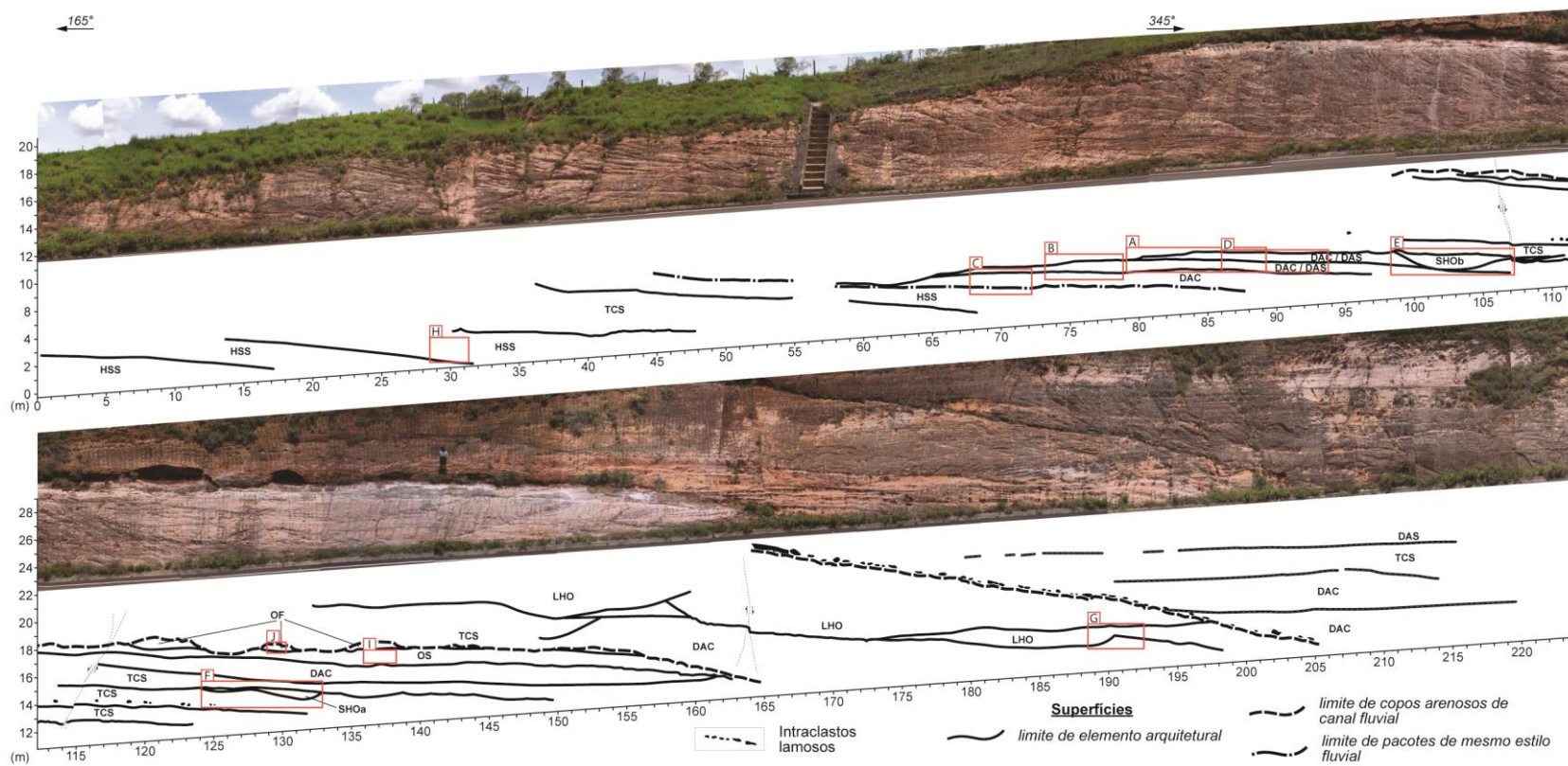
Estratos cruzados de grande porte em depósitos fluviais são associados à macroformas de acreção frontal simples (Allen, 1983; Bridge, 1983; Miall, 1987; Wizevich, 1992 e 1993; Chakraborty, 1999), em que uma velocidade de fluxo mais intensa aumenta a taxa de migração da forma de leito, gerando acúmulo de sedimentos na crista que deslizam em avalanche pela face de frontal. Neste contexto, essas macroformas representam a porção de acreção à jusante de barras de meio de canal (Allen, 1983; Wizevich, 1992 e 1993).

As superfícies de truncamento interno marcam os eventos de parada na construção da barra (Miall, 1985). Essas reativações indicam frequentes flutuações de profundidade do fluxo (Chakraborty, 1999). A variação entre geometrias côncavas e convexas pode estar relacionada à gênese destas superfícies, devido a variações de profundidade do fluxo, sendo que as superfícies côncavas representam uma profundidade de lâmina de água menor do que as convexas e sigmoidais (Jones e McCabe, 1980; Chakraborty, 1999).

O conjunto de estratos cruzados separado por tais superfícies, resultado de cada incremento de migração da barra em períodos de enchente, vem sendo definido na literatura como barra unitária (*unit bar*, Bridge, 1993, 2006; Bridge e Lunt, 2006).

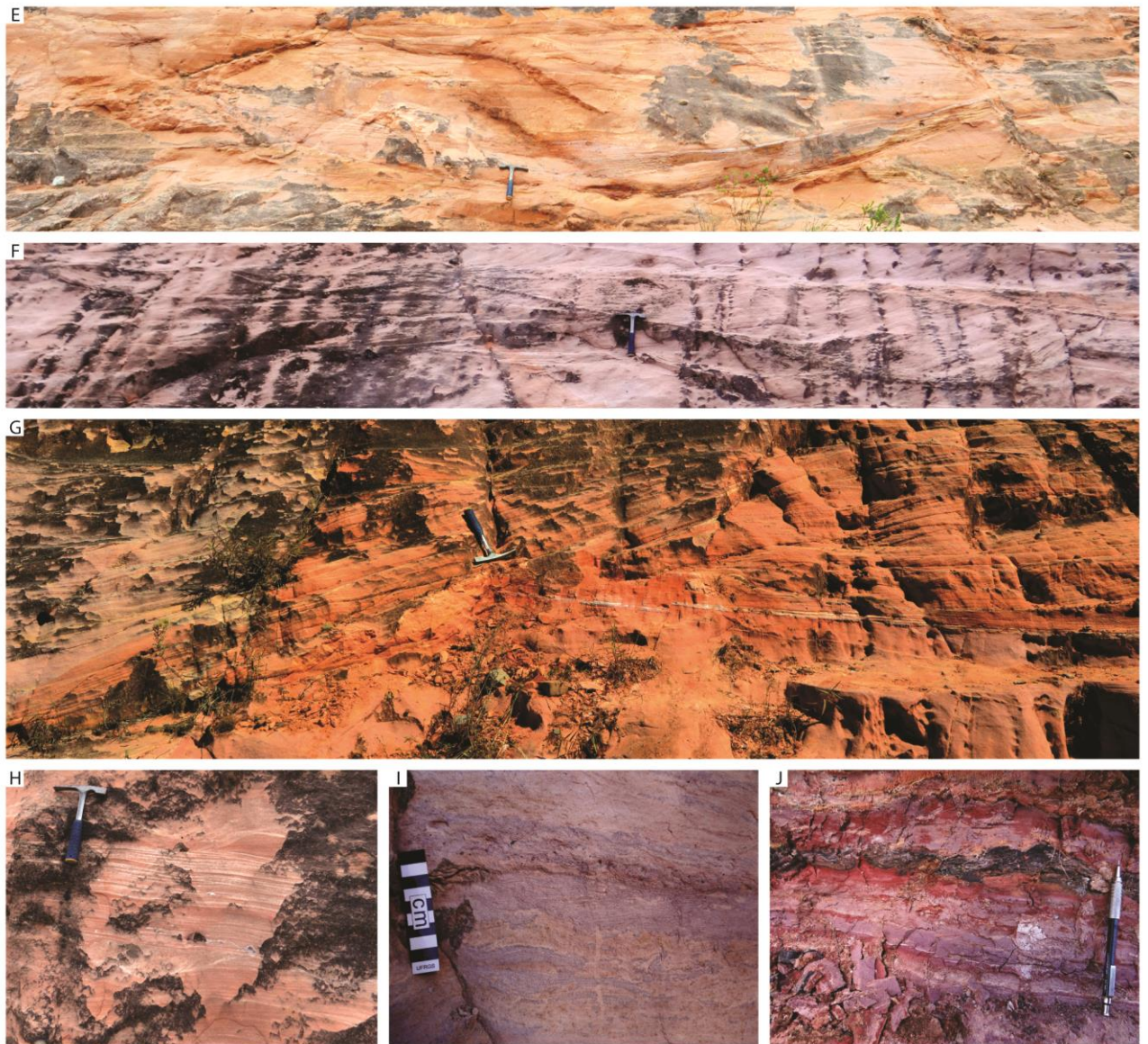
As relações limítrofes de topo e base das macroformas simples demonstram que a migração dessas formas de leito pode ser ligeiramente erosiva, pois em alguns casos cada *foreset* produz uma superfície acanalada na base. O topo plano demonstra que a totalidade da espessura dessas formas de leito não é preservada, uma vez que o dorso foi erodido.







(pág. anterior) **Figura 4.** Seção lateral interpretada do ponto 2 (Fig. 1 e 2). A inclinação da seção é a inclinação real da estrada ao lado do afloramento. O primeiro terço da seção mostra a amalgamação de corpos de arenosos do estilo fluvial entrelaçado efêmero fracamente canalizado. A superfície limítrofe entre os dois estilos se estende lateralmente entre os 45 e os 90 m. Os dois terços de topo do afloramento mostram a sucessão de canais fluviais do estilo entrelaçado perene profundo. Destaques: A= Elementos DAS sobrepostos. O da base mostra superfícies de reativações sigmoidais. No elemento do topo aparecem as superfícies de reativação plano-convexas. B= Elemento DAS com reativações sigmoidais sobreposto a elemento DAC. C= Elemento DAC com superfícies de acreção de baixo ângulo sobrepondo sets de Sp e St. D= transição lateral entre elementos de acreção frontal compostos (DAC, à dir.) e simples (DAS à esq.). E= elemento SHOb dissecando o topo da barra sotoposta (DAC). Set de St/Ss ao longo da base côncava, sotoposto a arenito maciço. F= elemento SHOb com preenchimento assimétrico por St. G= elemento LHO preenchido por cosets de St, com truncamento de reativação interno (centro). H= elemento HSS composto por FTSS, com pequenos sets de St dispersos. I= arenito fino com laminação deformada em elemento OS. J= heterolito de cores variadas em elemento OF.



**Figura 4.** (cont.)

#### 4.2.2 Elemento de acreção frontal composto (Composed Downstream-Accretion Element)

– DAC

Descrição

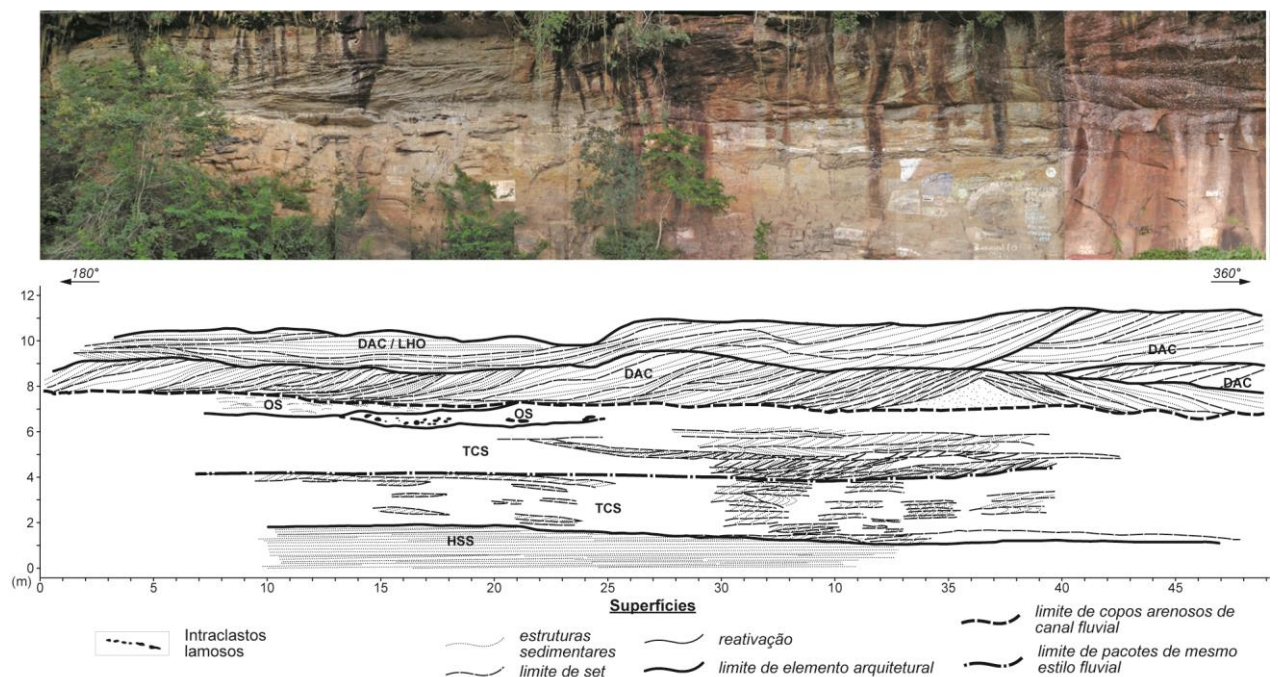


Este elemento apresenta base abrupta reta ou ondulada, com espessuras de 0,6 a 3 m, formado por um estrato cruzado composto (*coset*) marcado pela sobreposição de *sets* de estratos cruzados de 0,1 a 0,4 m separados por superfícies levemente côncavas de menor inclinação mergulhando no mesmo sentido (Fig. 4C e 5). Os estratos cruzados que compõem o *coset* podem ser planares (Sp) ou tangenciais (St). Tanto os estratos cruzados, quanto as superfícies inclinadas que separam os *sets*, tem sentido de mergulho semelhante, com variações de não mais do que 30°, sempre entre S e SW.

A base destes corpos arenosos é frequentemente côncava, eventualmente plano ondulada. O limite de topo é sempre abrupto, podendo ser plano ou ondulado com relevo acentuado, especialmente quando subjacente a outra macroforma composta (DAC).

Em um elemento desta categoria também foi registrada a mudança do sentido de mergulho do *coset*, marcada por uma estrutura grosseiramente triangular preenchida por arenito maciço, com as arestas superiores côncavas, a partir da qual, para esquerda e direita, os mergulhos da base dos *sets* estão dispostos em sentidos ortogonais, uns tendendo para SW e os outros para NW (Fig. 5).

Em alguns casos esta elemento guarda relação direta com as macroformas de acreção frontal simples (DAS). É possível ver a transição lateral no sentido do fluxo de *cosets* de estratos cruzados de médio porte (DAC) para foresets cruzados solitários, planares ou tangenciais, de grande porte (DAS) (Fig. 4A). Além disso, frequentemente os *cosets* compostos espessam a jusante enquanto sua superfície basal tende a aumentar de inclinação em direção ao fluxo, conferindo concavidade à base do *coset* (ver seção 4.2.4).



**Figura 5.** Seção lateral interpretada do afloramento 6. Na primeira metade da seção (até 4 m verticais) ocorre o estilo fluvial efêmero fracamente canalizado, representado por um elemento HSS e um elemento TCS com *sets* de 15 a 20 cm. Acima da superfície que separa os pacotes (4 m) passa a ocorrer o estilo fluvial perene profundo, com *sets* de 20 a 50 cm no elemento TCS, alguns com superfícies de reativação internas. Note o depósito de overbank representado por dois elementos OS. No primeiro elemento DAC ocorre o núcleo triangular de barra, a partir do qual os *sets* mergulham em sentidos opostos.

### Interpretação

*Cosets* com superfícies inclinadas são reconhecidos no registro fluvial como macroformas. O fato das superfícies inclinadas que limitam os *sets* mergulharem no mesmo

sentido dos estratos cruzados sobrejacentes indicam macroformas de acreção frontal. As superfícies que separam os *sets* representam a face frontal de barras fluviais, enquanto os estratos cruzados sobrejacentes são interpretados como dunas descendo a face frontal da macroforma no mesmo sentido do fluxo principal (Allen, 1983; Haszeldine, 1983; Wizevich, 1992; Miall, 1996).

A tendência geral de concavidade das superfícies sugere a importância de processos erosivos atuando durante a migração da macroforma. O formato ondulado da superfície basal das macroformas ocorre devido à sucessiva acreção frontal da macroforma, gerada na migração das dunas sobre a superfície de acreção.

A transição de *cosets* compostos para foresets solitários dentro de um mesmo elemento foi discutida por Hjellbakk (1997, bem como Roe e Hermansen, 1993; e Culbertson e Scott, 1970). Estes autores dizem que quando a descarga é aumentada as dunas tendem a coalescer e migrar umas sobre as outras formando *cosets* de estratos cruzados, no caso inverso, de redução da descarga, o coset transiciona para um set de estratos cruzados de grande porte. Contudo, o clássico trabalho de Allen (1983; bem como Wizevich, 1993) interpreta que o aumento da descarga favorece a formação de face frontal de avalanche, resultando em *sets* simples de grande porte. Independentemente das diferentes interpretações, é consenso que a transição entre as duas estruturas demonstra variabilidade de descarga durante a construção e migração das barras.

A forma côncava das superfícies basais destes elementos e a sua relação de lateralidade com os elementos de preenchimentos de hollows sugerem que a preservação dessas macroformas está condicionada a partes mais profundas dos canais, ou seja, em sua maioria os *cosets* são preservados dentro das escavações, onde o potencial de preservação é muito maior (Siegenthaler e Huggenberger, 1993). Isto será discutido detalhadamente no item 4.2.4.

#### 4.2.3 Hollows de pequeno porte (Small-sized Hollow) – SHO

##### Descrição

Este elemento apresenta uma geometria lenticular, limitada na base por superfície erosiva côncava assimétrica, com uma borda mais íngreme do que a outra, marcada por um nível de grânulos e seixos. A espessura máxima de cada elemento na porção mais profunda fica entre 0,3 e 0,7 m, e a extensão lateral varia de 4 a 7 m. Podem ser diferenciados dois subtipos, de acordo com as fácies que os preenchem. O primeiro (SHOa) é preenchido por um set solitário de estratos cruzados tangenciais (St), que terminam em *downlap* a montante e em *onlap* a jusante da superfície côncava basal, com redução do mergulho dos foresets a jusante (Fig. 3 e 4F). Os foresets a montante possuem direção de paleofluxo para S-SE, concordante com a base, contudo, os estratos a montante, de menor ângulo, mergulham para W-SW, ortogonais à superfície basal sobre a qual estão em *onlap*. O segundo tipo (SHOb) sobrepõe elementos DAC, escavando a quase totalidade da espessura da macroforma, sendo preenchido por um set de estratos cruzados tangenciais a sigmoidais (St e Ss) que acompanha a curvatura côncava da base, sotoposto por pacote lenticular de arenito maciço (Sm) (Fig. 3 e 4E). O arenitos que preenchem o SHOb também são ricos em intraclastos lamosos. Estão geralmente associados ao elemento TCS, sendo sobrepostos por *sets* solitários de estratos cruzados acanalados (St).

##### Interpretação

Pequenas escavações côncavas podem estar associadas a diversas origens no contexto fluvial. Podem se formar no dorso de barras de meio de canal (Best et al., 2006), associados a



*chute channels* que cortam o topo das barras (Chakraborty, 1999), ou pequenas escavações na base dos canais (Jo e Chough, 2001). No primeiro tipo (SHOa), a assimetria da superfície de base em forma de colher e as diferenças de mergulhos entre os foresets a montante e a jusante sugerem um preenchimento diferencial, por acreção frontal a montante e acreção lateral a jusante, representando em menor escala o modelo de preenchimento de escavações de confluência proposto por Siegenthaler e Huggenberger (1993). Neste caso o pequeno *hollow* representa a confluência de pequenos canais que circundam as dunas solitárias do elemento TCS. O segundo tipo (SHOb), que erode a totalidade da espessura da macroforma subjacente, representa canais secundários dissecando o topo da macroforma, em estágios de redução da descarga e queda do nível de água.

#### 4.2.4 Hollow de grande porte (Large-sized Hollow) – LHO

##### Descrição

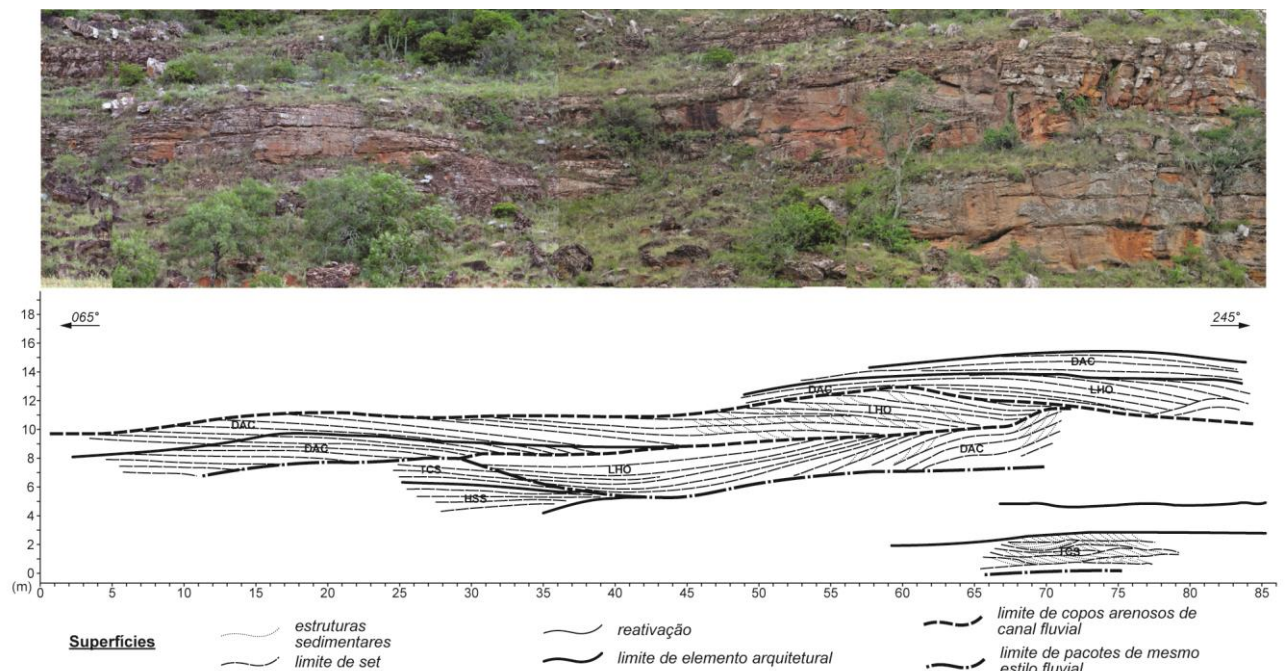
Este elemento tem como característica principal a geometria côncava de sua superfície erosiva basal. Quando exposto em corte oblíquo ou paralelo ao fluxo (*dip*) exhibe superfície basal assimétrica que lhe confere geometria em “forma de colher”. Em corte transversal ao fluxo (*strike*) a concavidade basal tende a ser mais simétrica e com o centro horizontalizado, o que lhe confere uma geometria acanalada em “forma de prato”. A espessura desse elemento é em média de 3 m, e sua extensão lateral em varia de 15 a 20 m (Fig. 3, 4G e 7).

Em seção paralela ao paleofluxo exposta no afloramento 3 (Fig. 6) pode ser reconhecida a relação direta deste elemento com o elemento de acreção frontal composto (DAC). Nesta seção os *cosets* do DAC espessam na sua porção a jusante, quando adentram a concavidade dos *hollows* de grande porte, podendo até dobrar a sua espessura (Fig. 6). Os *sets* internos tangenciam e terminam em *onlap* com esta porção da superfície, repousando sobre a geometria côncava. Em seção transversal ao fluxo (*strike*) até 5 *sets* chegam a se empilhar no eixo do elemento, compondo um *coset* de geometria acanalada (Fig. 7).

##### Interpretação

Estes elementos representam o preenchimento de escavações de grande porte geradas em confluências de canais. Os *sets* de base acanaladas sobrepostos são resultado do preenchimento destas escavações por barras de meio de canal compostas (elemento DAC). É característico de rios multicanais com baixa sinuosidade (*braided*), em que a presença de barras e a confluência de canais secundários favorecem o processo de escavação (Cowan, 1991; Ashmore, 1993; Bridge, 1993). O processo de preenchimento destes elementos é ainda controverso. Ullah et al. (2015), comparando *hollows* antigos com escavações de confluência atuais do rio Bhramaputra, afirmam que o preenchimento de uma escavação por uma barra forma um set de estratos cruzados planares de grande porte simples, constituindo uma barra unitária sem acreções internas. Esta interpretação é compartilhada por Chakraborty (1999), que detalhou barras de sistemas fluviais proterozoicos da Índia, onde demonstrou que escavações se formam na frente de barras de acreção frontal simples, e logo são preenchidas por elas. Nosso estudo demonstra através da seção paralela ao fluxo que *hollows* de grande porte são preenchidos por barras compostas mantendo a superposição de dunas dentro da escavação, constituindo um *coset* contínuo com espessamento a jusante. É possível que as divergências entre os *hollows* da Formação Guará e os dos trabalhos descritos anteriormente sejam devido a diferenças na magnitude da escavação e seu desnível topográfico em relação ao fundo do canal, sobre o qual as barras migram normalmente. O preenchimento completo, com tendência de *onlap* na borda de jusante da escavação demonstra que a migração da escavação se deu de maneira diagonal ao paleofluxo geral do sistema, provavelmente respondendo a descargas diferenciais entre um e outro canais confluentes (Siegenthaler e Huggenberger, 1993).

O reconhecimento destes depósitos tem ganhado importância, embora ainda esteja sob discussão. Cowan (1991) descreve um estilo fluvial cascalhoso que é constituído principalmente por *hollows* de grande porte, atribuídos a fluxos erosivos de alta energia (Miall, 1996). Discutindo sobre a natureza das escavações de confluência a partir de depósitos fluviais cascalhosos periglaciais com alta variação de descarga, Siegenthaler e Huggenberger (1993) reconhecem padrões de preenchimento para as escavações, e concluem que o potencial de preservação deste elemento é muito alto, questionando se a pouca documentação de preenchimentos de escavações no registro sedimentar antigo não seria decorrente do seu difícil reconhecimento. Segundo estes autores, muito trabalhos anteriores classificam depósitos muito semelhantes a *pools* (“piscinas”, em tradução livre, aqui sinônimos de *hollows* ou preenchimento de escavações) como barras (entre eles Bluck, 1967; Eynion e Walker, 1974; Vos e Tankard, 1981; Ori, 1982; Steel e Thompson, 1983; Ramos et al., 1986; Smith, 1990). Na Formação Guará, fica evidente a predominância da preservação de macroformas compostas (DAC) em elementos com geometria côncava. Logo, neste caso a preservação de *cosets* se deu muito mais em preenchimento de *hollows* de grande porte do que nas macroformas de meio de canal “*strictu sensu*”, vastamente descritas na literatura como de topo convexo e base plana (Allen, 1983; Bridge e Lunt, 2006; Jo e Chough, 2001; Jo, 2003; Wizevich, 1993, 1992).



**Figura 6.** Seção lateral interpretada do afloramento 3. Na metade de topo do afloramento se podem ver elementos LHO sendo preenchidos por barras compostas (DAC), em seção paralela ao fluxo. No elemento DAC/LHO do canto superior direito vê-se o espessamento do *coset* em direção à jusante.

#### 4.2.5 Arenitos horizontalmente estratificados (Horizontally Stratified Sets) – HSS

##### Descrição

Este elemento é caracterizado por arenitos médios, raramente grossos, moderadamente a bem selecionados, sendo rara a presença de grânulos e seixos. Apresentam estratificações horizontais a cruzadas de baixo ângulo (FTSS), por vezes intercalados com pequenos *sets* isolados de estratificação cruzada tangencial (St; Fig. 3, 4, 5 e 7). Cada set de St tem geralmente a base côncava e o topo plano, com espessuras que não passam de 15 cm e comprimentos de no máximo 1 m (Fig. 4 H). Raramente, observam-se laminações cruzadas de marcas onduladas (Sr) (Fig.7). A base dos corpos é geralmente plana, mas o topo costuma estar truncado por erosão causada pelo elemento sobreposto, especialmente quando em contato com os elementos DAC, DAS e TCS. Este elemento ocorre em contato abrupto com o

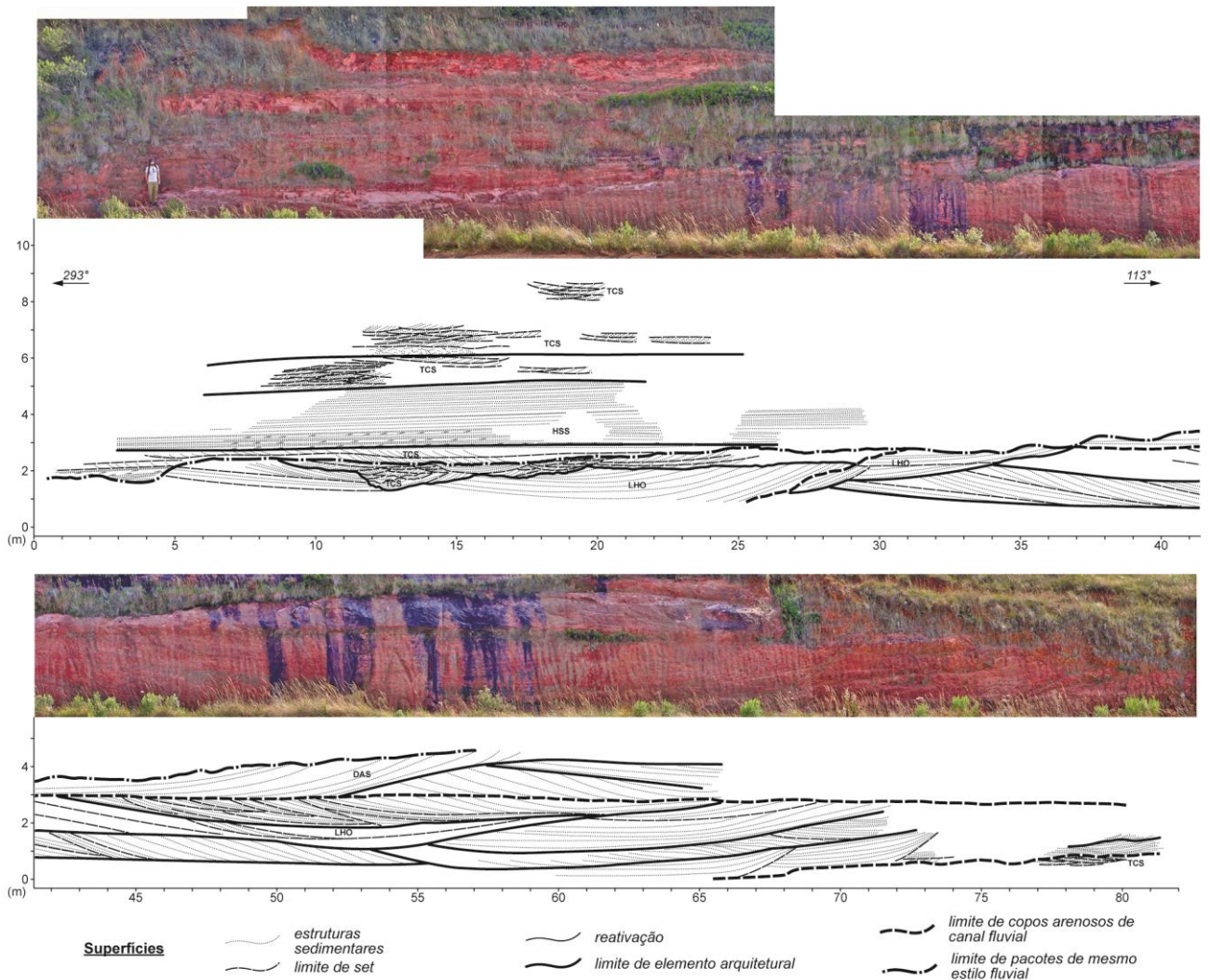
elemento TCS, ao qual está comumente associado. Apresenta espessuras médias estão em torno de 4 metros, podendo chegar a mais de 7 metros, e a extensão lateral chega a mais de 50 m, observação limitada pelo limite físico dos afloramentos (Fig. 4 e 7).

### Interpretação

Arenitos em geometria tabular com estruturas horizontais e de baixo ângulo (Sh e Sl) ocorrem em correntes fluviais desconfiadas a fracamente canalizadas (Bromley, 1991; Cowan, 1991; Allen et al., 2014) com descarga intensa e episódica, como fluxos de enchente efêmeros.

Estas estruturas representam alta velocidade do fluxo sedimentar, formando-se na transição entre os regimes de fluxo inferior e superior, bem como no regime superior e foram amplamente discutidas por Allen et al. (2014, a partir de Fielding, 2006) que as chamou de *Froude transcritical to supercritical structures* (ou FTSS). Nesta interface o rápido transporte por tração inibe a formação de dunas, gerando formas de leito suavemente convexas de alto comprimento de onda. Superado o limite basal do fluxo superior, ocorrem os arenitos com estruturas horizontais e lineações de partição. Frequentemente no campo a distinção entre estes dois tipos de estruturas (Sl e Sh) é difícil, visto que apenas eventuais truncamentos podem distingui-las em corte lateral e a lineação de partição nem sempre é clara. Como estão geralmente relacionadas, o agrupamento de ambas em FTSS se torna bastante oportuno e foi aqui utilizado.

A ocorrência de laminações cruzadas de marcas onduladas (*ripples*) sugere períodos em que o fluxo desacelera bruscamente, provavelmente associado ao final de um evento de enxurrada, ou ainda em pontos de desaceleração do fluxo durante o evento. Os *sets* côncavos de estratos cruzados (St) são o registro de porções limitadas em que a turbulência do fluxo pode ter gerado pequenas escavações, onde a corrente é localmente desacelerada e a velocidade de fluxo diminui, o que permite a formação de *foresets* (Miall, 1996).



**Figura 7.** Seção lateral interpretada do afloramento 1. O estilo fluvial efêmero fracamente canalizado aparece nos dois terços superiores do afloramento. A base é dominada por um grande *hollow* (LHO, entre 25 e 80 m) em seção transversal ao fluxo, sendo preenchido por *cosets* compostos que convergem e adelgaçam no centro.

#### 4.2.6 Sets isolados com estratificações cruzadas (Trough Cross-stratified Sets) – TCS

##### Descrição

Este elemento apresenta geometria tabular, com espessuras variando entre 1 e 5 m, e comprimento chegando a 50 m (máximo medido em afloramento), repousando sobre superfícies erosivas, algumas vezes com relevo bastante acentuado e frequentemente com concentração de grânulos, seixos e clastos lamosos (Fig. 3, 4). É caracterizado por arenitos médios a grossos, eventualmente arenitos finos ou conglomerados, em *sets* com estratificações cruzadas tangenciais (St) e planares (Sp) de 15 a 50 cm de espessura e extensão lateral variando de 1,5 m a 2 m em corte oblíquo ou transversal ao fluxo (Fig. 4), podendo chegar a 25 m em corte paralelo ao fluxo (Fig 5). Raramente, ocorrem *sets* de estratificações cruzadas de baixo ângulo (Sl). Normalmente os *sets* de estratos cruzados são separados por superfícies sub-horizontais planas ou onduladas, e apresentam gradação normal, por vezes com grânulos e intraclastos lamosos na base e também marcando a estratificação. As paleocorrentes nestes elementos apresentam um padrão geral para S-SW. Aparecem principalmente intercaladas a elementos HSS, mas podem ocorrer associadas aos elementos DAS, DAC, SHO e LHO (Fig. 4, 5 e 7).

##### Interpretação

Estes elementos são interpretados como depósitos decorrentes migração de formas de leito (dunas) individuais de cristas curva ou reta acumuladas por agradação vertical (Miall, 1996). Tais depósitos são extremamente comuns em ambientes fluviais recentes e pretéritos (e. g., Allen, 1968; Miall, 1977; Collinson e Thompson, 1982; Ashley, 1990; Hjellbakk, 1997; Jo e Chough, 2001). São interpretadas como migração e cavalgamento de formas de leito isoladas em fundos de canais fluviais laterais a barras (Cant e Walker, 1978; Smith, 1983; Miall, 1996), especialmente quando relacionadas a elementos de acreção frontal (DAS e DAC) ou como resultado de transporte fluvial fracamente canalizado em episódios de enchentes em planícies fluviais distais (Williams, 1971; Miall e Gibling, 1978; Bromley, 1991), quando associadas aos estratos horizontais dos elementos HSS. Não se descarta a possibilidade de constituírem também depósito de dorso de barras de canal, quando associadas aos elementos DAS e DAC, mas a pouca preservação do topo das macroformas na Fm. Guará não permitiu confirmar essa hipótese.

#### 4.2.7 Fácies arenosas externas ao canal (Overbank Sand Facies) – OS

##### Descrição

Este elemento forma pacotes tabulares com espessuras variando de 0,5 a 1,5 m, compostos por arenitos finos a médios, com laminações cruzadas de marcas onduladas (Sr; Fig. 3 e 4I), e conglomerados maciços de clastos lamosos intraformacionais (Gm; Fig 5). Os contatos basais são planos e concordantes ou ligeiramente erosivos, em geral com elementos arenosos de canal (DAC, DAS e LHO). O contato de topo pode ser abrupto e erosivo, se sobreposto por depósitos arenosos de canal (Fig. 5), ou gradacional, se forem sobrepostos pelo elemento OF, neste último caso definindo sucessões de granodecrescência acidentada (Fig. 2, perfil 5; e Fig. 4). Os arenitos com marcas onduladas podem estar compondo *sets* tabulares de aproximadamente 30 cm, com sentidos de paleocorrente divergentes dos sentidos medidos nos estratos cruzados ou macroformas de canal adjacentes (Fig 2, perfil 5). Eventualmente essa laminação aparece deformada e rompida, geralmente quando o elemento OF associado também está deformado (Fig. 4I). Os conglomerados maciços de clastos lamosos ocorrem sobre superfícies erosivas, e geralmente na base do elemento, em pacotes lenticulares de cerca de 50 cm (Fig. 5).

##### Interpretação

A presença de arenitos com domínio de laminações cruzadas de marcas onduladas associado a litofácies finas, com um sentido de paleocorrente em alto ângulo com o fluxo do canal indica depósitos de extravasamento de crevasse (*crevasse splay*; Miall, 1996). Os conglomerados com clastos lamosos em pacotes de 50 cm com bases erosivas são intraformacionais, ou seja, gerados por episódios em que o fluxo de crevasse escava e canaliza sobre os depósitos de finos (representados pelos intraclastos de lama), constituindo canais de crevasse (Eberth e Miall, 1991; Jo, 2003; Allen et al., 2014). A alta velocidade de fluxo decorrente do rompimento abrupto do canal é responsável pela textura maciças destes conglomerados intraformacionais.

#### 4.2.8 Fácies finas externas ao canal (Overbank Fine Facies) – OF

##### Descrição

Este elemento é definido por corpos de base plana e topo geralmente erodido (por vezes em alto relevo de corte e preenchimento, intensificado por deformação plástica) com as terminações laterais em cunha (Fig. 3 e 4). As espessuras variam de 0,5 a 1 m, e a extensão lateral geralmente é descontínua, não passando de 2 m. O alinhamento destes corpos “residuais” não erodidos sobre uma mesma superfície basal permite calcular uma extensão



mínima para o depósito de 25 m (Fig. 4). São compostos por intercalações heterolíticas (Ht) de arenitos muito finos (por vezes com ripples, Sr), lamitos, argilitos e siltitos, geralmente laminados (Fl), com frequentes estruturas de deformação plástica, como estruturas em chama e dobras convolutas. As cores destes depósitos finos são vermelho e castanho avermelhados, mas também roxos, castanho, preto, cinza e amarelo, e misturas variegadas dessas cores, especialmente quando a laminação está perturbada (Fig. 4J). Este elemento ocorre associado ao elemento OS, geralmente sobreposto a ele em contato gradacional, constituindo sucessões de granodecrescência ascendente com 1,5 a 2 m de espessura (Fig. 2, perfil 5).

### Interpretação

Este elemento representa a deposição de sedimentos finos por decantação gravitacional em um contexto de velocidade de fluxo próxima de zero, características de planícies adjacentes a canais fluviais. A relação direta com o elemento OS reforça a interpretação de depósitos externos aos canais (Miall, 1996; Scherer et al., 2015). A geometria tabular descontínua, com topo erodido e terminações em cunha indica que este elemento tem sua preservação bastante limitada, devido à recorrência de processos erosivos dos canais fluviais adjacentes.

As perturbações na laminação associadas com as estruturas de deformação plástica sugerem processo de escape de fluidos induzido por cargas. A intensa deformação destrói a laminação e mistura frações granulométricas diferentes, gerando o aspecto de coloração variegada. Esta heterogeneidade de cores pode também ser explicada por influência da diagênese diferencial de cada porção. Pelitos vermelhos e castanho avermelhados são sinais de planícies de inundação bem drenadas (Jo e Chough, 2001; Jo, 2003; Tedesco et al., 2010; Allen et al., 2013), influenciadas por climas áridos a semiáridos oxidantes.

## 5 ESTILOS FLUVIAIS

Na Formação Guará pode-se identificar dois estilos fluviais (sensu Miall, 1996), caracterizados por conjuntos distintos de elementos arquiteturais: (1) *rios entrelaçados perenes profundos* e (2) *rios entrelaçados efêmeros fracamente canalizados*.

### 5.1 *Rios entrelaçados perenes profundos*

Este estilo fluvial é constituído por corpos arenosos com geometria em lençol, com espessuras de 7 metros e extensão transversal ao fluxo de no mínimo 50 metros (extensão lateral máxima visível em afloramentos) limitados por superfícies erosivas plano-onduladas, capeadas por *lags* de grânulos e seixos de quartzo e intraclastos lamosos. Estes corpos arenosos são caracterizados pela amalgamação dos elementos de acreção frontal simples e compostos (DAS e DAC) e de preenchimentos de escavações de grande porte (LHO), entremeados por depósitos de *sets* de estratos cruzados de médio porte isolados (elementos TCS). Raramente, intercalados com os corpos arenosos ocorrem lentes descontínuas dos elementos OF e OS, com 1,5 m de espessura e no máximo 60 m de extensão, com o topo sempre limitado por superfície erosiva da base do corpo arenoso sobreposto. Por vezes o único registro da existência dos depósitos de *overbank* são megaintraclastos argilosos depositados sobre estas superfícies.

Este estilo se assemelha ao modelo que Miall (1996) chama de “*Deep, Perennial, Sand-Bed Braided River*” em que existe uma diferença topográfica significativa entre o topo das barras e o fundo dos canais, característica de rios profundos e perenes. O que se destaca no caso da Formação Guará é a ocorrência constante dos elementos que representam o preenchimento de escavações de grande porte por cosets de estratos cruzados compostos (elemento LHO). A presença de estratos compostos internos a estes elementos sugere que eles

sejam preenchidos pela migração de barras de meio de canal sobre as escavações. Esta relação está demonstrada na parte superior do afloramento 3 (Fig. 6), onde as superfícies de acreção de uma macroforma defletem para baixo, adentrando uma concavidade que chega a 3 m de relevo.

Este estilo fluvial perene e profundo, embora sugira lâmina d'água não inferior a 1,5 m (altura máxima medida do elemento DAC) nos períodos de cheia, demonstra pela frequente ocorrência de superfícies reativação uma intensa variação de descarga (Nijman e Puigdefabregas, 1978; Lawrence e Williams, 1987; Allen et al., 2014). Dentro das macroformas que representam as barras de meio de canal (elementos DAC e DAS), ocorrem inúmeras superfícies erosivas, que marcam episódios de parada da sedimentação, possivelmente associado a momentos de queda do nível d'água. Tais superfícies podem ocorrer tanto regularmente espaçadas e constantes, não passando de 0,2 m entre uma e outra, o que é mais comum nos sets simples dos elementos DAS, como ocasionalmente cortando toda a espessura do elemento, o que é mais comum nos elementos compostos (DAC). Outra feição que demonstra variação de descarga é a transição interna entre *cosets* de estratos cruzados (elemento DAC) em *sets* de estratos cruzados simples de grande porte (elemento DAS), sem variação de espessura entre ambos, como descrito na seção 4.2.2.

Os elementos TCS deste grupo contém algumas peculiaridades, como a presença constante de superfícies basais erosivas com megaintraclastos, bem como intraclastos distribuídos por todos os sets, e ainda a associação com os dois tipos de *hollows* de pequeno porte (SHOa e SHOb). Os intraclastos sugerem a presença de depósitos de planícies de inundação que são erodidos pelos canais fluviais. Já os pequenos *hollows* demonstram a formação de pequenas escavações nos leitos de canais por onde estão migrando as dunas isoladas. Nestes elementos raramente são registrados *sets* de estratos cruzados aproximadamente tabulares com extensão lateral de 4 a 5 m e espessura pouco maior do que os sets adjacentes (chegando a 0,4 m), que internamente apresentam pequenas superfícies de reativação do tipo *planar-convex* espaçadas entre elas em 10 cm. Tais sets podem constituir a formação embrionária de barras com acreção frontal simples, embora nenhuma chegue ao grande porte descrito no outro grupo. Provavelmente os elementos *hollows* de pequena escala (SHO) estão relacionados a estas pequenas barras, tendo sua origem na confluência frontal delas. No contexto deste estilo fluvial, o elemento TCS configura depósitos de canais profundos entre barras, onde migram dunas isoladas e se desenvolvem pequenas escavações.

## 5.2 Rios entrelaçados efêmeros fracamente canalizados

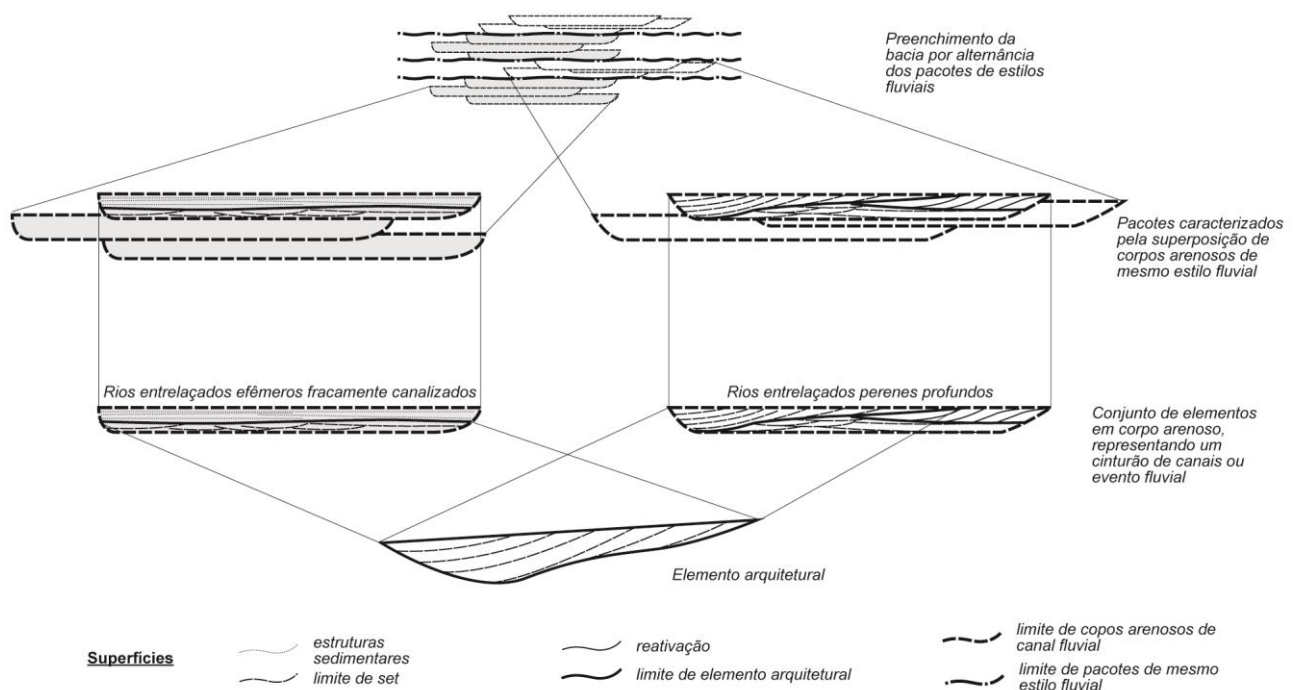
Este estilo fluvial é constituído por corpos arenosos amalgamados com geometria em lençol, com espessuras de 7 metros e extensão transversal ao fluxo de no mínimo 50 metros (extensão lateral máxima visível em afloramentos) limitados por superfícies erosivas plano-onduladas. Internamente os corpos arenosos são caracterizados pela presença marcante dos estratos de baixo ângulo e horizontais do elemento HSS, intercalado em igual proporção com os pacotes de estratos cruzados isolados (TCS). Os arenitos horizontalmente estratificados (HSS) representam depósitos desconfinados, com lâmina d'água rasa, em que a velocidade de fluxo alta (em regime de fluxo transicional a superior), resultante de enxurradas de curta duração, não permite o pleno desenvolvimento de formas de leito. Já os *sets* com estratificação cruzada (TCS) representam dunas migrando isoladamente, em leitos fracamente canalizados, sem espessura de lâmina d'água e/ou descarga contínua suficientes para construir macroformas. A superfície que separa os elementos TCS também é abrupta, e por vezes eles se sucedem repetidamente na vertical.

Este estilo fluvial se assemelha ao modelo denominado por Miall (1996, com base em Bromley, 1991) como *flashy, ephemeral, sheetflood, sand-bed river*, atribuído a episódios de enxurrada de curta duração e alta intensidade. A coexistência de dunas e estratos horizontais

demonstra as variações na profundidade e/ou na velocidade do fluxo. Diferentemente do estilo fluvial descrito por Bromley (1991), em que existe uma sucessão vertical de fácies marcada por estratos cruzados na base seguidos por estratos horizontais e de baixo ângulo no topo, o modelo aqui proposto mostra a intercalação lateral e vertical dos elementos de dunas isoladas e arenitos horizontais. Este comportamento é atribuído a uma canalização raze durante todo o episódio de enxurrada, enquanto que em Bromley (1991) os episódios começariam canalizados e em seguida extrapolariam os canais.

## 6 EVOLUÇÃO ESTRATIGRÁFICA

A Formação Guará é caracterizada pela alternância estratigráfica de dois estilos fluviais. Os fluviais entrelaçados perenes profundos formam pacotes de 15 a 25 metros compostos internamente por dois ou mais corpos arenosos de canais fluviais, eventualmente separados por depósitos *overbank*. Os rios entrelaçados efêmeros fracamente canalizados formam pacotes de 12 a 15 metros de espessura, compostos por corpos arenosos amalgamados, sem a ocorrência de depósitos de *overbank*. Os pacotes que representam cada estilo fluvial são separados por superfícies erosivas cuja extensão lateral supera a escala dos afloramentos estudados. Estas superfícies são em geral planas em megaescala, mas podem ter relevos acentuados localmente.



**Figura 8.** Esquema da evolução estratigráfica (a partir do modelo de Jo e Chough, 2001).

Do ponto de vista genético, cada estilo fluvial representa um intervalo de tempo na evolução da Formação Guará com características hidrológicas bastante distintas. Os fluviais entrelaçados perenes profundos representam períodos de descarga fluvial contínua, permitindo o estabelecimento de cinturões de canais fluviais entrelaçados com lâmina d'água suficiente para permitir a construção de barras de meio de canal. Por sua vez, os rios entrelaçados efêmeros fracamente canalizados, o outro representam períodos de descarga fluvial episódica e de alta energia.

Mudanças na arquitetura e no estilo fluvial em bacias interiores distantes da costa, como é o caso da Formação Guará, são causadas principalmente por processos alogênicos, com controles tectônicos ou climáticos (Miall, 1996, 2014). Depósitos fluviais que respondem



majoritariamente a controles tectônicos tendem a registrar mudanças no grau de amalgamação corpos arenosos de canais fluviais em relação aos depósitos de planície de inundação, que refletem mudanças no perfil de equilíbrio do sistema, em resposta à taxa de soerguimento da área fonte ou à taxa subsidência da bacia (Catuneanu et al., 2009; Martinsen et al., 1999; Shanley e McCabe, 1994). Além disso, sistemas tectonicamente controlados normalmente mostram saltos verticalmente abruptos no tamanho de grão e clasticidade dos depósitos aluviais. Esses saltos granulométricos são evidenciados pela presença de conglomerados sobre superfícies erosivas regionais, que podem ser resultado de incrementos repentinos no suprimento sedimentar devido a movimentos tectônicos na área fonte.

Na Formação Guará, o controle tectônico parece ter pouca influência sobre a arquitetura deposicional, uma vez que não ocorrem variações significativas no tamanho de grão ou clasticidade ao longo da sucessão estratigráfica. A concentração de grânulos e seixos ao longo de superfícies pode ser explicada por processos autogênicos, como avulsão de canais, escavações em zonas de confluência de fluxo e reativações internas a barras. Além disso, a amalgamação de corpos arenosos é constante em ambos os estilos fluviais, com depósitos de *overbank* muito pouco representativos, indicando que a deposição de toda a formação se deu em um contexto de baixa taxa de criação de espaço de acomodação.

O regime climático para o Gondwana Sul no Jurássico Superior ainda é motivo de debate, uma vez que poucos estudos têm sido desenvolvidos na área, especialmente em relação aos padrões pluviométricos. Contudo, os estudos de Scherer e Lavina (2005 e 2006), embora não foquem especificamente em paleoclimatologia, descrevem uma ciclicidade sedimentar na porção sul da área de ocorrência da Formação Guará, marcada pela alternância entre depósitos fluviais e eólicos atribuída a variações climáticas em escala de Milankovich. Em ambos os trabalhos os autores já demonstram a ocorrência de variação lateral de sistemas deposicionais, mostrando que a porção proximal da Fm. Guará é exclusivamente constituída por depósitos fluviais, enquanto a porção distal intercala sistemas fluviais e eólicos de maneira cíclica (Scherer e Lavina, 2005 e 2006).

É possível que a alternância de estilos fluviais na porção proximal corresponda aos ciclos-fluvio-eólicos da porção distal descritos por Scherer e Lavina (2005, 2006). Em período onde a descarga é mais contínua se estabelecem os rios entrelaçados perenes e profundos, que alcançam maiores distâncias a jusante da bacia, levando à dominância de transporte e deposição fluvial e parada dos processos eólicos na porção distal. Por outro lado, em períodos de descarga aquosa menor e mais episódica, quando dominam na porção proximal os rios entrelaçados efêmeros fracamente canalizados, o sistema fluvial recua e passam a dominar o transporte e retrabalhamento eólicos na porção distal.

## 7 CONCLUSÕES

A porção norte da Formação Guará é constituída por depósitos de arenitos de origem fluvial. Por meio da análise arquitetural desta unidade foram descritas 9 litofácies que compõem 8 elementos arquiteturais.

As relações entre os elementos arquiteturais, derivadas dos processos autogênicos do sistema fluvial, permitem reconhecer corpos arenosos de dois estilos fluviais distintos:

- (1) Rios entrelaçados perenes profundos, constituídos por barras de meio de canal com acreção frontal simples (elemento DAS) e composta (elemento DAC), hollows escavados em confluências à frente destas barras (elemento LHO), dunas isoladas que migram no leito dos canais entre e sobre as barras em períodos de cheia (elemento TCS), hollows de pequeno porte associados às dunas isoladas (elemento SHO) e

depósitos externos aos canais, que podem corresponder à espriamento de crevasse e canais de crevasse (elemento OS) ou finos depositados por decantação em contexto de planície de inundação (elemento OF).

(2) Rios entrelaçados efêmeros fracamente canalizados, que são constituídos por arenitos horizontalmente estratificados (elemento HSS), que representam picos episódicos de descarga aquosa, alternados com dunas isoladas (elemento TCS) que representam momentos de fluxo turbulento fracamente canalizado.

Os corpos arenosos de cada estilo se amalgamam em pacotes, representando períodos de tempo com características hidrológicas distintas, em resposta a processos alogênicos controladores da deposição. Períodos onde predominam os fluviais perenes profundos respondem a uma descarga aquosa maior e mais contínua. Na dominância dos fluviais efêmeros fracamente canalizados, a descarga é episódica e de alta energia.

As alternâncias de estilos fluviais em larga escala sugerem variações climáticas regionais de baixa frequência para a região sudoeste do Gondwana no Jurássico Superior. Esta ciclicidade climática já havia sido identificada em trabalhos anteriores no sul da Formação Guará (Scherer e Lavina, 2006), o que pode indicar correlação entre os estilos fluviais proximais e os ciclos fluvio-eólicos distais da bacia.

## 8 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa ANP/PRH-12 pelo financiamento das campanhas de campo e pela bolsa de mestrado do primeiro autor. Reconhecemos a ajuda de Ana Santana, Erik Dario, Dina Cabrita e Francyne do Amarante, essenciais nas campanhas de campo, e de Camila Althaus, nos desenhos. Agradecimentos especiais à solicitude do Sr. Lúcio e da Sra. Lidia Scherer no abrigo e apoio logístico.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, J.P., Fielding, C.R., Gibling, M.R., Rygel, M.C., 2014. Recognizing products of palaeoclimate fluctuation in the fluvial stratigraphic record: An example from the Pennsylvanian to Lower Permian of Cape Breton Island, Nova Scotia. *Sedimentology* 61, 1332–1381. doi:10.1111/sed.12102
- Allen, J.P., Fielding, C.R., Rygel, M.C., Gibling, M.R., 2013. Deconvolving Signals of Tectonic and Climatic Controls From Continental Basins: An Example From the Late Paleozoic Cumberland Basin, Atlantic Canada. *J. Sediment. Res.* 83, 847–872. doi:10.2110/jsr.2013.58
- Allen, J.R.L., 1983. Studies in fluvial sedimentation: Bars, bar-complexes and sandstone sheets (low-sinuosity braided streams) in the brownstones (L. devonian), welsh borders. *Sediment. Geol.* 33, 237–293. doi:10.1016/0037-0738(83)90076-3
- Allen, J.R.L., 1968. Current ripples.
- Ashley, G.M., 1990. Classification of Large-Scale Subaqueous Bedforms: A New Look at an Old Problem-SEPM Bedforms and Bedding Structures. *J. Sediment. Res.* 60, 160–172. doi:10.2110/jsr.60.160
- Ashmore, P., 1993. Anabranch confluence kinetics and sedimentation processes in gravel-braided streams. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.* 75, 129–146. doi:10.1144/GSL.SP.1993.075.01.08

- Best, J., Woodward, J., Ashworth, P., Sambrook Smith, G., Simpson, C., 2006. Bar-top hollows: A new element in the architecture of sandy braided rivers. *Sediment. Geol.* 190, 241–255. doi:10.1016/j.sedgeo.2006.05.022
- Bluck, B.J., 1967. Deposition of some Upper Old Red Sandstone conglomerates in the Clyde area: a study in the significance of bedding. *Scott J Geol* 3, 139–167.
- Bridge, J., 2006. Fluvial facies models: recent developments, in: *Facies Models Revisited*. p. 85–170.
- Bridge, J.S., 1993. The interaction between channel geometry, water flow, sediment transport and deposition in braided rivers. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.* 75, 13–71. doi:10.1144/GSL.SP.1993.075.01.02
- Bridge, J.S., Lunt, I. a, 2006. Depositional models of braided rivers. *Process. Depos. Ecol. Manag.* 11–50. doi:10.1002/9781444304374.ch2
- Bromley, M.H., 1991. Variations In Fluvial Style As Revealed By Architectural Elements, Kayenta Formation, Mesa Creek, Colorado, Usa: Evidence For Both Ephemeral And Perennial Fluvial Processes, in: *The Three-Dimensional Facies Architecture of Terrigenous Clastic Sediments and Its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery*. p. 94–102. doi:10.2110/csp.91.03.0080
- Cant, D.J., Walker, R.G., 1978. Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan River, Canada. *Sedimentology* 25, 625–648. doi:10.1111/j.1365-3091.1978.tb00323.x
- Catuneanu, O., Abreu, V., Bhattacharya, J.P., Blum, M.D., Dalrymple, R.W., Eriksson, P.G., Fielding, C.R., Fisher, W.L., Galloway, W.E., Gibling, M.R., Giles, K. a., Holbrook, J.M., Jordan, R., Kendall, C.G.S.C., Macurda, B., Martinsen, O.J., Miall, a. D., Neal, J.E., Nummedal, D., Pomar, L., Posamentier, H.W., Pratt, B.R., Sarg, J.F., Shanley, K.W., Steel, R.J., Strasser, a., Tucker, M.E., Winker, C., 2009. Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Rev.* 92, 1–33. doi:10.1016/j.earscirev.2008.10.003
- Chakraborty, T., 1999. Reconstruction of Fluvial Bars from the Proterozoic Mancheral Quartzite, Pranhita–Godavari Valley, India. *Fluv. Sedimentol.* VI 451–466. doi:10.1002/9781444304213.ch31
- Collinson, J.D., Thompson, D.B., 1982. *Sedimentary structures*. 194.
- Cowan, E.J., 1991. The large-scale architecture of the fluvial Westwater Canyon Member, Morrison Formation (Upper Jurassic), San Juan Basin, New Mexico, in: Miall, A.D., Tyler, N. (Orgs.), . p. 80–93.
- Dantzien-Dias, P.C., 2010. *Ícnofósseis de vertebrados das formações Rio do Rasto (Permiano) e Guará (Jurássico) do Sudoeste do RS*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Eberth, D. a., Miall, A.D., 1991. Stratigraphy, sedimentology and evolution of a vertebrate-bearing, braided to anastomosed fluvial system, Cutler Formation (Permian-Pennsylvanian), north-central New Mexico. *Sediment. Geol.* 72, 225–252. doi:10.1016/0037-0738(91)90013-4
- Fielding, C.R., 2006. Upper flow regime sheets, lenses and scour fills: Extending the range of

- architectural elements for fluvial sediment bodies. *Sediment. Geol.* 190, 227–240. doi:10.1016/j.sedgeo.2006.05.009
- Haszeldne, R.S., 1983. Fluvial bars reconstructed from a deep, straight channel, Upper Carboniferous Coalfield of Northeast England. *J. Sediment. Petrol.* 53, 1233–1247. doi:10.1306/212F8350-2B24-11D7-8648000102C1865D
- Hjellbakk, A., 1997. Facies and fluvial architecture of a high-energy braided river: the Upper Proterozoic Segloddan Member, Varanger Peninsula, northern Norway. *Sediment. Geol.* 114.
- Jo, H.R., 2003. Depositional environments, architecture, and controls of Early Cretaceous non-marine successions in the northwestern part of Kyongsang Basin, Korea. *Sediment. Geol.* 161, 269–294. doi:10.1016/S0037-0738(03)00130-1
- Jo, H.R., Chough, S.K., 2001. Architectural analysis of fluvial sequences in the Northwestern part of Kyongsang Basin (Early Cretaceous), SE Korea. *Sediment. Geol.* 144, 307–334. doi:10.1016/S0037-0738(01)00123-3
- Jones, C.M., McCabe, P.J., 1980. Erosion Surfaces Within Giant Fluvial Cross-Beds of the Carboniferous in Northern England. *J. Sediment. Res. Vol.* 50, 613–620. doi:10.1306/212F7A63-2B24-11D7-8648000102C1865D
- Lawrence, D.A., Williams, B.P.J., 1987. Evolution of drainage systems in response to Acadian deformation: the Devonian Battery Point Formation, eastern Canada, in: *Recent developments in fluvial sedimentology. Soc Econ Paleontol Mineral Spec Publ* 39. p. 287–300.
- Mantovani, M., Zalán, P., 1997. Contribuição Para O Estudo Da Evolução Mecânica Da Bacia Do Paraná. *Petrobras.Com.Br* 11, 48–73.
- Martinez, S., Figueiras, A., Da Silva, J.S., 1993. A new Unionoidea (Mollusca, Bivalvia) from the Tacuarembó Formation (Upper Triassic-Upper Jurassic), Uruguay. *J. Paleontol.* 67, 962–965.
- Martinsen, O.J., Ryseth, A., Helland-Hansen, W., Flesche, H., Torkildsen, G., Idil, S., 1999. Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ericson Sandstone (Campanian), Rock Springs Uplift, SW Wyoming, USA. *Sedimentology* 46, 235–259. doi:10.1046/j.1365-3091.1999.00208.x
- Miall, A.D., 1996. *The Geology of Fluvial Deposits.* Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. doi:10.1007/978-3-662-03237-4
- Miall, A.D., 1985. Architectural-element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Science Rev.* 22, 261–308. doi:10.1016/0012-8252(85)90001-7
- Miall, A.D., 1977. A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Science Rev.* 13, 1–62. doi:10.1016/0012-8252(77)90055-1
- Miall, A.D., Gibling, M.R., 1978. The Siluro-Devonian clastic wedge of Somerset Island, Arctic Canada, and some regional paleogeographic implications. *Sediment. Geol.* 21, 85–127.
- Milani, E.J., 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- Milani, E.J., Faccini, U.F., Scherer, C.M., Araújo, L.M., Cupertino, J.A., 1998. Sequences and Stratigraphic Hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. *Bol. IG USP, Série Científica* 29, 173.
- MONES, A., 1980. Nuevos elementos de la paleoherpetofauna del Uruguay (Crocodilia e Dinossauria), in: *Congresso Latinoamericano de Paleontologia. Resúmenes*. p. 265–277.
- Nijman, W., Puigdefabregas, C., 1978. Coarse-grained point bar structure in a molasse-type fluvial system, Eocene Castisent sandstone Formation, south Pyrenean Basin., in: *Fluvial sedimentology. Can Soc Petrol Geol Mem* 5. p. 487–510.
- Ori, G.G., 1982. Braided to meandering channel patterns in humid-region alluvial fan deposits, River Reno, Po Plain (northern Italy). *Sediment. Geol.* 31, 231–248.
- PEREA, D., MARTINEZ, S., 2003. La Formación Tacuarembó, in: *Cuencas Sedimentarias de Uruguay*. Montevideo, p. 101–103.
- Perea, D., Soto, M., Veroslavsky, G., Martínez, S., Ubilla, M., 2009. A Late Jurassic fossil assemblage in Gondwana: Biostratigraphy and correlations of the Tacuarembó Formation, Parana Basin, Uruguay. *J. South Am. Earth Sci.* 28, 168–179. doi:10.1016/j.jsames.2009.03.009
- Perea, D., Ubilla, M., Rojas, a, Goso, C., 2001. The West Gondwanan occurrence of the hybodontid shark *Priohyodus*, and the late Jurassic-Early Cretaceous age of the Tacuarembó formation, Uruguay. *Palaeontology* 44, 1227–1235.
- Ramos, A., Sopebia, A., Perez-Arlucea, M., 1986. Evolution of Buntsandstein fluvial sedimentation in the Northwest Iberian Ranges (Central Spain). *J. Sediment. Petrol.* 56, 862–875.
- Roe, S.-L., Hermansen, M., 1993. Processes and products of large, Late Precambrian sandy rivers in northern Norway, in: *Special Publication of International Association of Sedimentologists*. p. 151–166. doi:10.1002/9781444303995
- Scherer, C.M.S., Faccini, U.F., Lavina, E.L., 2000. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná, in: Holz, M., De Ros, L.F. (Orgs.), *Geologia do Rio Grande do Sul*. Editora da Universidade/ UFRGS, Porto Alegre, p. 335–354.
- Scherer, C.M.S., Goldberg, K., Bardola, T., 2015. Facies architecture and sequence stratigraphy of an early post-rift fluvial succession, Aptian Barbalha Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Sediment. Geol.* 322, 43–62.
- Scherer, C.M.S., Lavina, E.L.C., 2006. Stratigraphic evolution of a fluvial-aeolian succession: The example of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Guarani and Botucatu formations, Paraná Basin, Southernmost Brazil. *Gondwana Res.* 9, 475–484. doi:10.1016/j.gr.2005.12.002
- Scherer, C.M.S., Lavina, E.L.C., 2005. Sedimentary cycles and facies architecture of aeolian-fluvial strata of the Upper Jurassic Guarani Formation, southern Brazil. *Sedimentology* 52, 1323–1341. doi:10.1111/j.1365-3091.2005.00746.x
- Shanley, K.W., McCabe, P.J., 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 78, 544–568. doi:10.1306/BDF9258-1718-11D7-8645000102C1865D
- Siegenthaler, C., Huggenberger, P., 1993. Pleistocene Rhine gravel: deposits of a braided

- river system with dominant pool preservation. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.* 75, 147–162. doi:10.1144/GSL.SP.1993.075.01.09
- SILVA BUSSO, A.E., FERNANDES GARRASINO, C.A., 2004. Presencia de las Formaciones Pirambóia y Botucatu (Triásico - Jurásico) en el subsuelo oriental de La Provincia de Entre Rios. *Rev. la Asoc. Geológica Argentina* 59, 141–151.
- Smith, D.G., 1983. Anastomosed fluvial deposits: modern examples from western Canada., in: *Modern and ancient fluvial systems. Int Assoc Sedimentol Spec Publ* 6. p. 155–168.
- Soares, A.P., 2008. Variabilidade espacial no Sistema Aquífero Guarani: controles estratigráficos e estruturais.
- Tedesco, A., Ciccioioli, P., Suriano, J., Limarino, C.O., 2010. Changes in the architecture of fluvial deposits in the Paganzo Basin (Upper Paleozoic of San Juan province): An example of sea level and climatic controls on the development of coastal fluvial environments. *Geol. Acta* 8, 463–482. doi:10.1344/105.000001583
- Ullah, M.S., Bhattacharya, J.P., Dupre, W.R., 2015. Confluence Scours Versus Incised Valleys: Examples From the Cretaceous Ferron Notom Delta, Southeastern Utah, U.S.A. *J. Sediment. Res.* 85, 445–458. doi:10.2110/jsr.2015.34
- Vos, R.G., Tankard, A.J., 1981. Braided fluvial sedimentation in the Lower Paleozoic Cape Basin, South Africa. *Sediment. Geol.* 29, 171–193.
- Walker, R.G., James, N.P., 1992. Facies Models - Ins response to Sea Level Change.
- Williams, G.E., 1971. Flood deposits of the sand-bed ephemeral streams of central Australia. *Sedimentology* 1, 1–40. doi:10.1111/j.1365-3091.1971.tb01128.x
- Wizevich, M.C., 1993. Depositional controls in a bedload-dominated fluvial system: internal architecture of the Lee Formation, Kentucky. *Sediment. Geol.* 85, 537–556. doi:10.1016/0037-0738(93)90101-A
- Wizevich, M.C., 1992. Sedimentology of Pennsylvanian quartzose sandstones of the Lee Formation, Central Appalachian Basin: fluvial interpretation based on lateral profile analysis. *Sediment. Geol.* 78, 1–47. doi:10.1016/0037-0738(92)90111-4
- Yanbin, S., Gallego, O.F., Martínez, S., 2004. The conchostracan subgenus *Ortheastheria* (Migransia) from the Tacuarembó Formation (Late Jurassic -?Early Cretaceous, Uruguay) with notes on its geological age. *J. South Am. Earth Sci.* doi:10.1016/j.jsames.2003.02.001
- Zerfass, H., Chemale, F., Schultz, C.L., Lavina, E., 2004. Tectonics and sedimentation in Southern South America during Triassic. *Sediment. Geol.* 166, 265–292. doi:10.1016/j.sedgeo.2003.12.008
- Zerfass, H., Lavina, E.L., Schultz, C.L., Garcia, A.J.V., Faccini, U.F., Chemale, F., 2003. Sequence stratigraphy of continental Triassic strata of Southernmost Brazil: A contribution to Southwestern Gondwana palaeogeography and palaeoclimate. *Sediment. Geol.* 161, 85–105. doi:10.1016/S0037-0738(02)00397-4

[PÁGINA INICIAL](#)
[SOBRE](#)
[PÁGINA DO USUÁRIO](#)
[NOTÍCIAS](#)
[Página inicial](#) > [Usuário](#) > [Autor](#) > **Submissões Ativas**

## Submissões Ativas

ATIVO		ARQUIVO			
ID	MM-DD ENVIADO	SEÇÃO	AUTORES	TÍTULO	SITUAÇÃO
365	01-10	ART	Reis, Scherer, Souza, Bállico,...	<a href="#">ANÁLISE ARQUITETURAL DE DEPÓSITOS FLUVIAIS DA FORMAÇÃO...</a>	Aguardando designação

1 a 1 de 1 itens

Iniciar nova submissão  
[CLIQUE AQUI](#) para iniciar os cinco passos do processo de submissão.

## Apontamentos

TODOS		NOVO		PUBLICADO		IGNORADO	
DATA DE INCLUSÃO	HITS	URL	TÍTULO	SITUAÇÃO	AÇÃO		
<i>Não há apontamentos.</i>							

ISSN: 1519-874X

### USUÁRIO

Logado como:  
**adriano**
[Meus periódicos](#)  
[Perfil](#)  
[Sair do sistema](#)

### NOTIFICAÇÕES

[Visualizar](#)  
[Gerenciar](#)

### AUTOR

 Submissões  
[Ativo \(1\)](#)  
[Arquivo \(0\)](#)  
[Nova submissão](#)

### IDIOMA

Português (Brasil) ▼

#### 4 Referências Bibliográficas

- ALLEN, J. P. et al. Recognizing products of palaeoclimate fluctuation in the fluvial stratigraphic record: An example from the Pennsylvanian to Lower Permian of Cape Breton Island, Nova Scotia. **Sedimentology**, v. 61, n. 5, p. 1332–1381, 2014.
- ALLEN, J. R. L. On bed forms and paleocurrents. **Sedimentology**, v. 6, n. 3, p. 153, 1966.
- ALLEN, J. R. L. Sand waves: A model of origin and internal structure. **Sedimentary Geology**, v. 26, n. 4, p. 281–328, 1980.
- ALLEN, J. R. L. Studies in fluvial sedimentation: Bars, bar-complexes and sandstone sheets (low-sinuosity braided streams) in the brownstones (L. devonian), welsh borders. **Sedimentary Geology**, v. 33, n. 4, p. 237–293, 1983.
- BRIDGE, J. S.; LUNT, I. A. Depositional models of braided rivers. **Process, Deposits, Ecology and Management**, p. 11–50, 2006.
- CHAKRABORTY, T. Reconstruction of Fluvial Bars from the Proterozoic Mancherla Quartzite, Pranhita–Godavari Valley, India. **Fluvial sedimentology VI**, p. 451–466, 1999.
- FIELDING, C. R. et al. Facies model for fluvial systems in the seasonal tropics and subtropics. **Geology**, v. 37, n. 7, p. 623–626, 2009.
- HJELLBAKK, A. Facies and fluvial architecture of a high-energy braided river: the Upper Proterozoic Segloddan Member, Varanger Peninsula, northern Norway. **Sedimentary Geology**, v. 114, 1997.
- HOLBROOK, J. Origin, genetic interrelationships, and stratigraphy over the continuum of fluvial channel-form bounding surfaces: An illustration from middle Cretaceous strata, Southeastern Colorado. **Sedimentary Geology**, v. 144, n. 3-4, p. 179–222, 2001.
- HOLBROOK, J.; SCHUMM, S. A. Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: A brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings. **Tectonophysics**, v. 305, n. 1-3, p. 287–306, 1999.
- IELPI, A.; GHINASSI, M. Planview style and palaeodrainage of Torridonian channel belts: Applecross Formation, Stoer Peninsula, Scotland. **Sedimentary Geology**, v. 325, p. 1–16, 2015.
- IELPI, A.; RAINBIRD, R. H. Architecture and morphodynamics of a 1.6 Ga fluvial sandstone: Ellice Formation of Elu Basin, Arctic Canada. **Sedimentology**, p. n/a–n/a, 2015.
- JACKSON, R. G. Hierarchical attributes and a unifying model of bed forms composed of cohesionless material and produced by shearing flow. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 86, n. 11, p. 1523–1533, 1975.
- JO, H. R. Non-marine successions in the northwestern part of Kyongsang Basin (Early Cretaceous): Fluvial styles and stratigraphic architecture. **Geosciences Journal**, v. 7, n. 2, p. 89–106, 2003.
- JO, H. R.; CHOUGH, S. K. Architectural analysis of fluvial sequences in the Northwestern part of Kyongsang Basin (Early Cretaceous), SE Korea. **Sedimentary Geology**, v. 144, n. 3-4, p. 307–334, 2001.
- JONES, C. M.; MCCABE, P. J. Erosion Surfaces Within Giant Fluvial Cross-Beds of the Carboniferous in Northern England. **Journal of Sedimentary Research**, v. Vol. 50, n. 2, p. 613–620, 1980.
- MIALL, A. Paleocurrent analysis of alluvial sediments; a discussion of directional variance and vector magnitude. **Journal of Sedimentary Research**, v. 44, n. 4, p. 1174–1185, 1974.



MIALL, A. **Fluvial Depositional Systems**. 2014.

MIALL, A. D. Architectural-element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. **Earth-Science Reviews**, v. 22, p. 261–308, 1985.

MIALL, A. D. **The Geology of Fluvial Deposits**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1996.

PLINK-BJÖRKLUND, P. Morphodynamics of rivers strongly affected by monsoon precipitation: Review of depositional style and forcing factors. **Sedimentary Geology**, v. 323, p. 110–147, 2015.

RAMOS, A.; SOPEBIA, A.; PEREZ-ARLUCEA, M. Evolution of Buntsandstein fluvial sedimentation in the Northwest Iberian Ranges (Central Spain). **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 56, n. 6, p. 862–875, 1986.

RAY, S.; CHAKRABORTY, T. Lower Gondwana fluvial succession of the Pench - Kanhan valley, India: Stratigraphic architecture and depositional controls. **Sedimentary Geology**, v. 151, n. 3-4, p. 243–271, 2002.

ROE, S.-L.; HERMANSEN, M. Processes and products of large, Late Precambrian sandy rivers in northern Norway. In: **Special Publication of International Association of Sedimentologists**. [s.l.: s.n.]. v. 17p. 151–166.

SCHERER, C. M. S. et al. Stratigraphy and facies architecture of the fluvial-aeolian-lacustrine Sergi Formation (Upper Jurassic), Recôncavo Basin, Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 194, p. 169–193, 2007.

SCHERER, C. M. S.; GOLDBERG, K.; BARDOLA, T. Facies architecture and sequence stratigraphy of an early post-rift fluvial succession, Aptian Barbalha Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 322, p. 43–62, 2015.

TEDESCO, A. et al. Changes in the architecture of fluvial deposits in the Paganzo Basin (Upper Paleozoic of San Juan province): An example of sea level and climatic controls on the development of coastal fluvial environments. **Geologica Acta**, v. 8, n. 4, p. 463–482, 2010.

WAKE, O. J. W.; HOUGH, E.; PEAT, A. W. Architectural analysis of a Triassic fluvial system: The Sherwood Sandstone of the East Midlands Shelf, UK. **Sedimentary Geology**, v. 327, p. 1–13, 2015.

WIZEVICH, M. C. Sedimentology of Pennsylvanian quartzose sandstones of the Lee Formation, Central Appalachian Basin: fluvial interpretation based on lateral profile analysis. **Sedimentary Geology**, v. 78, n. 1-2, p. 1–47, 1992.

WIZEVICH, M. C. Depositional controls in a bedload-dominated fluvial system: internal architecture of the Lee Formation, Kentucky. **Sedimentary Geology**, v. 85, n. 1-4, p. 537–556, 1993.