

## Fácies sedimentares e elementos arquitetônicos das Formações Serra do Apertado e Pedra Pintada na Região das Minas do Camaquã – RS

### *Sedimentary facies and architectural elements of the Serra do Apertado and Pedra Pintada Formations in the Minas do Camaquã Region – RS, Brazil*

Lucas Padoan de Sá Godinho<sup>1</sup>, Renato Paes de Almeida<sup>2</sup>, Mauricio Guerreiro Martinho dos Santos<sup>1</sup>,  
André Marconato<sup>1</sup>, Antonio Romalino Santos Fragoso-Cesar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP, Rua do Lago 562, CEP 05508-080, São Paulo, SP, BR (lucaspsgodinho@gmail.com; mauricioguerreiro@yahoo.com; andre.marconato@usp.br)

<sup>2</sup>Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, SP, BR (rpalmeid@usp.br; romalino@usp.br)

Recebido em 09 de abril de 2012; aceito em 24 de janeiro de 2013

#### Resumo

O Grupo Guaritas (Cambriano, RS) abriga depósitos de ambientes aluviais dominados por carga de fundo, aluviais de carga mista, campo de dunas eólicas e leques aluviais, constituindo um raro registro sedimentar de idade Cambriana no leste da América do Sul. Nesse contexto, sua unidade de topo, designada Formação Serra do Apertado, constitui o último registro das fases de estabilização do Gondwana no Sul e Sudeste do Brasil. Apesar disso, não há estudos detalhados de suas fácies e arquitetura deposicional publicados, e essa unidade foi considerada como semelhante à Formação Guarda Velha desde sua definição original. Com base em estudos de fácies sedimentares e arquitetura deposicional da Formação Serra do Apertado e da porção superior da unidade imediatamente sotoposta, Formação Pedra Pintada, foram caracterizados seus ambientes de sedimentação e estabelecida uma base descritiva para discriminação das demais unidades do Grupo Guaritas. A Formação Serra do Apertado é caracterizada pelo elemento arquitetural EL (Enchentes em lençol), no qual predominam associações de fácies que remetem a um ambiente fluvial dominado por grandes variações de vazão e esporádico retrabalhamento eólico de barras emersas. A porção superior da Formação Pedra Pintada apresenta intercalações entre os elementos arquitetônicos DB (Dunas barcanóides) e IF (Interdunas fluviais). A exclusividade do elemento EL na Formação Serra do Apertado contrasta com descrições anteriores da Formação Guarda Velha, que relatam elementos de preenchimento de canais e abundância de lentes conglomeráticas. Tais diferenças revelam maior retrabalhamento eólico na Formação Serra do Apertado e, possivelmente, fluxo mais episódico, sugerindo, de forma preliminar, clima mais árido que aquele da Formação Guarda Velha.

**Palavras-chave:** Grupo Guaritas; Formação Serra do Apertado; Formação Pedra Pintada; Elementos arquitetônicos; Paleoambiente deposicional.

#### Abstract

The Guaritas Group (Cambrian, RS, Southern Brazil) encompasses sedimentary deposits of bedload or mixed load rivers, eolian dune fields and alluvial fans, and constitutes a rare sedimentary record of Cambrian age in Eastern South America. In this context, its uppermost unit, named Serra do Apertado Formation, contains the last record of stabilization phase of the Gondwana Continent in south and southeastern Brazil. Nevertheless, there are no published detailed studies on its facies and depositional architecture, and this unit has been considered as similar to the Guarda Velha Formation since its original definition. Based on sedimentary facies and depositional architecture studies of the Serra do Apertado Formation and the upper portion of its underlying unit, the Pedra Pintada Formation, the depositional environments were characterized and a descriptive basis was established to distinguish them from the other units of the Guaritas Group. The Serra do Apertado Formation is characterized by the architectural element EL (Sheet floods), which encompasses facies associations that points to a fluvial system characterized by large discharge changes and occasional eolian reworking of bar tops. The upper part of the Pedra Pintada Formation intercalates the architectural elements DB (barchanoid dunes) and IF (Fluvial interdunes). The exclusivity of EL in the Serra do Apertado Formation contrasts with previous

descriptions of the Guarda Velha Formation, which show elements of channel-fill and frequent conglomeratic lenses. Those differences reveal more eolian reworking in the Serra do Apertado Formation and possibly more episodic flow, suggesting, preliminarily, a dryer climate than the one recorded in the Guarda Velha Formation.

**Keywords:** Guaritas Group; Serra do Apertado Formation; Pedra Pintada Formation; Architectural elements; Depositional paleoenvironment.

## INTRODUÇÃO

O Grupo Guaritas é uma unidade sedimentar depositada no Eo a Mesocambriano no sul do Brasil que expõe mais de 1.500 m de sucessões aluviais, com significativos intervalos eólicos. O grupo é caracterizado por sucessões de arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada, sucessões arenosas com níveis de pelitos gretados, arenitos finos a médios com estratificação cruzada de grande porte, além de conglomerados e brechas nas proximidades das falhas de borda, ativas durante a sedimentação (Almeida et al., 2009). Em trabalhos recentes de mapeamento e levantamentos estratigráficos, duas unidades de arenitos conglomeráticos fluviais foram individualizadas com base no reconhecimento de seu posicionamento estratigráfico distinto. Dessa forma, Almeida (2005) e Almeida et al. (2009) reservaram o termo Formação Guarda Velha (Ribeiro et al., 1966) à sucessão basal do Grupo Guaritas, que se encontra exposta no Passo da Guarda Velha e em amplas áreas a oeste da Falha Tapera-Emiliano (Figura 1), enquanto uma nova unidade, designada Formação Serra do Apertado, foi identificada acima dos arenitos eólicos da Formação Pedra Pintada (*sensu* Fragoso-Cesar, 1991), a leste da mesma falha.

Esta nova unidade tem grande importância como registro potencial de eventos tectônicos e climáticos, considerando-se ser a unidade de topo do Grupo Guaritas e, portanto, de toda a Bacia Camaquã. Desse modo, representa a mais jovem unidade anterior à Bacia do Paraná no Sul e Sudeste do Brasil, com registro ímpar de sedimentos do Meso-Cambriano no leste da América do Sul. Apesar disso, não há estudos detalhados de fácies e arquitetura deposicional publicados, e a unidade foi tratada apenas em linhas gerais em trabalhos anteriores, tendo sido considerada como semelhante à Formação Guarda Velha por Almeida (2005) e Almeida et al. (2009).

O presente trabalho apresenta os resultados de estudos detalhados de fácies sedimentares, elementos arquitetônicos e estratigrafia, desenvolvidos na área-tipo da Formação Serra do Apertado, com o objetivo de interpretar as características de seus sistemas deposicionais e estabelecer uma base descritiva para sua distinção das demais unidades do Grupo Guaritas e para futuros estudos de seu registro tectônico e climático. Com o objetivo de caracterizar o papel da unidade na evolução da Bacia Camaquã,

foram desenvolvidos estudos sobre as sucessões de topo da Formação Pedra Pintada sotoposta e uma caracterização da superfície que limita as duas unidades. Uma revisão das propostas de nomenclatura estratigráfica para o Grupo Guaritas é também apresentada, de forma a tornar clara a definição da Formação Serra do Apertado e das demais unidades relacionadas.

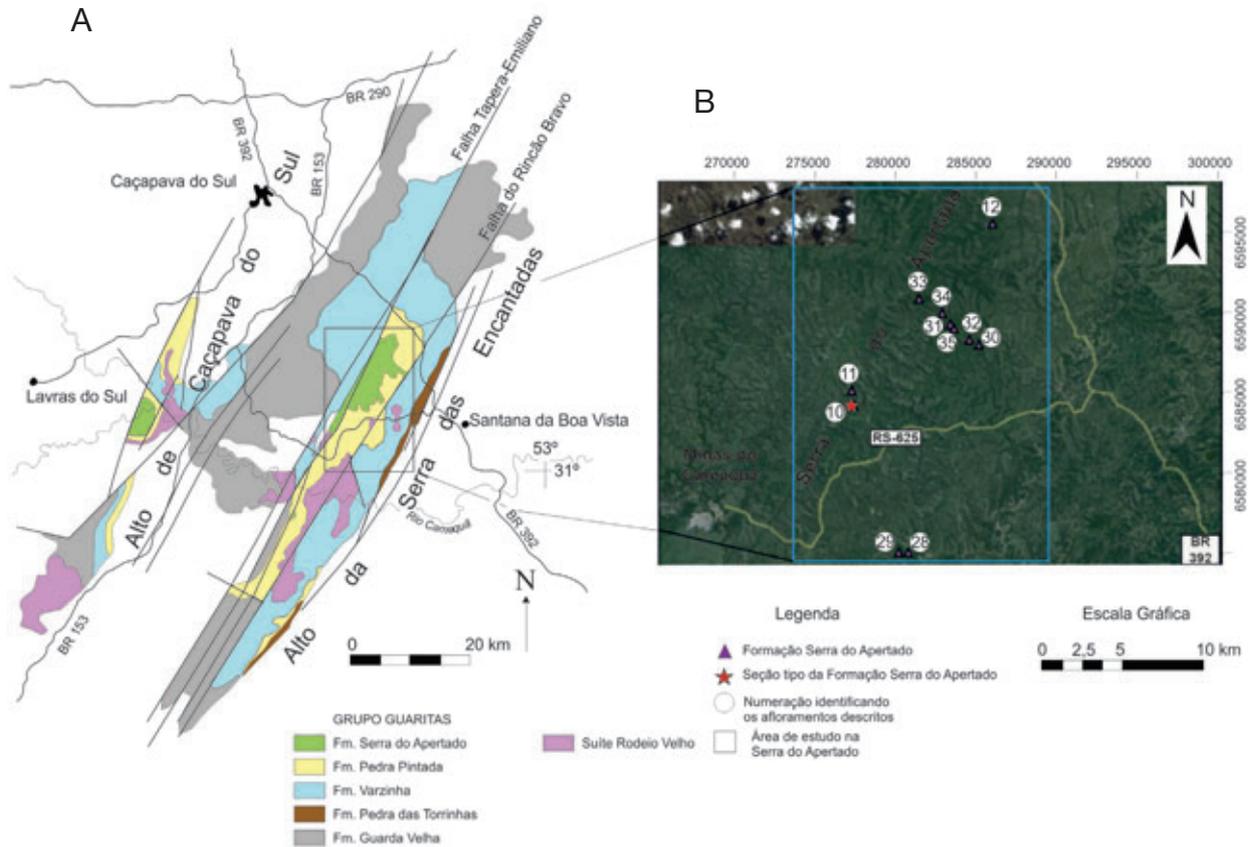
## MÉTODOS

As análises de fácies e de elementos arquitetônicos vêm sendo amplamente utilizadas na caracterização e reconstrução paleoambiental de sistemas deposicionais antigos, pois permitem que a interpretação dos processos que geraram os depósitos seja baseada na caracterização dos conjuntos de fácies que se associam em um mesmo contexto, na geometria tridimensional dos depósitos e na hierarquia de suas superfícies limitantes (Reading e Levell, 1986; Walker, 1992; Miall, 1985, 1996, 2000).

No presente trabalho, tais métodos foram aplicados a fim de descrever e caracterizar a recém-definida sucessão de topo do Grupo Guaritas da Bacia do Camaquã, cuja seção-tipo ocorre na região da Serra do Apertado, assim como detalhar a porção superior da Formação Pedra Pintada, marcada por fácies eólicas e de interdunas, na região das Minas do Camaquã, município de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

O Grupo Guaritas é a unidade de topo do Supergrupo Camaquã, que ocorre na região Centro-Sul do Rio Grande do Sul, no Alto Estrutural de Rio Grande (Milani e Thomaz-Filho, 2002). A unidade formou-se em uma bacia distensional do tipo *rift* (Fragoso-Cesar, 1991; Fragoso-Cesar et al., 1999; Paim, Chemale Jr., Lopes, 2002; Almeida et al., 2009) durante o Eocambriano (Almeida, 2005). Sua área aflorante, que detém, em parte, os contornos originais da bacia, é uma faixa de direção NNE-SSW, com largura em torno de 50 km e extensão superior a 150 km (suas extremidades são encobertas por depósitos permianos da Bacia do Paraná), na qual o Grupo



**Figura 1.** (A) Mapa geológico esquemático do Grupo Guaritas. Modificado de Almeida (2005); (B) Mapa de localização dos afloramentos descritos dentro da área de estudo na Serra do Apertado. Imagem de satélite extraída do *Google Earth*.

Guaritas ocorre tectonicamente alojado entre os altos do embasamento da Serra das Encantadas e de Caçapava do Sul, localmente recobrando o último (Figura 1). Além dos flancos do *rift*, o embasamento do Grupo Guaritas aflora a sul, sendo constituído por unidades metamórficas e plutônicas das estruturas brasileiras da região, incluindo o flanco ocidental do Cinturão Dom Feliciano e seu limite com o Terreno Rio Vacacaí, além do extremo setentrional do Cráton do Rio de La Plata (Fragoso-Cesar, 1980, 1991). As estruturas tectônicas desse embasamento foram reativadas diversas vezes, durante e após a instalação do *rift* (Almeida, 2005).

Além de rochas metamórficas e plutônicas que compõem seu embasamento, o Grupo Guaritas sobrepõe mais de 10 km de sucessões não metamórficas – rutilmente deformadas – das unidades mais antigas do Supergrupo Camaquã, dispostas em camadas com direções em torno de NNE-SSW e mergulhos variáveis entre 20° e 50°, localmente subverticais. Tais sucessões, depositadas na Bacia do Camaquã durante o Ediacarano, compõem quatro unidades, da base para o topo: Grupo Maricá (siliciclástico), Grupo Bom

Jardim (vulcanossedimentar), Formação Acampamento Velho (vulcânica) e Grupo Santa Bárbara (siliciclástico). Simultaneamente à sedimentação do Grupo Santa Bárbara, a Bacia do Camaquã foi compartimentada em três sub-bacias: Camaquã Ocidental, Camaquã Central e Camaquã Oriental, sendo que a estruturação da Sub-Bacia Camaquã Central coincide, em linhas gerais, com a do *rift* ao tempo da deposição do Grupo Guaritas (Almeida, 2005).

O Grupo Guaritas é constituído por uma espessa sucessão, de mais de 1.500 m, de arenitos conglomeráticos, conglomerados, ritmitos psamo-peléticos e arcólios finos a médios com estratificação cruzada de grande porte. A composição das rochas com granulação areia é essencialmente arcoseana, variando para litoarenitos de acordo com a proveniência. Interpreta-se uma origem continental para todas as unidades do Grupo Guaritas (Robertson, 1966; Ribeiro, 1970; Fragoso-Cesar et al., 1984; Lavina et al., 1985; Paim, 1994; Paim, Chemale Jr., Lopes, 2002). O Grupo Guaritas é subdividido em cinco unidades (Almeida, et al. 2009), sendo elas, da base para o topo:

- Formação Guarda Velha – unidade basal composta por arcósios conglomeráticos e conglomerados de sistemas fluviais dominados por carga de fundo,
- Formação Varzinha – ritmitos de arcósios e pelitos gre-tados e lentes de arcósios conglomeráticos formados em sistemas fluviais distais,
- Formação Pedra Pintada – arcósios finos com estratifi-cação cruzada de grande porte, depositados em campo de dunas eólicas, lateralmente equivalentes à Formação Varzinha,
- Formação Pedra das Torrinhas – brechas e conglome-rados de leques aluviais lateralmente equivalentes às duas unidades anteriores e
- Formação Serra do Apertado – arcósios conglomerá-ticos e conglomerados de sistemas fluviais dominados por carga de fundo que sobrepõe a Formação Pedra Pintada por discordância erosiva (Almeida, 2005).

### EVOLUÇÃO DAS PROPOSTAS DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA PARA O GRUPO GUARITAS

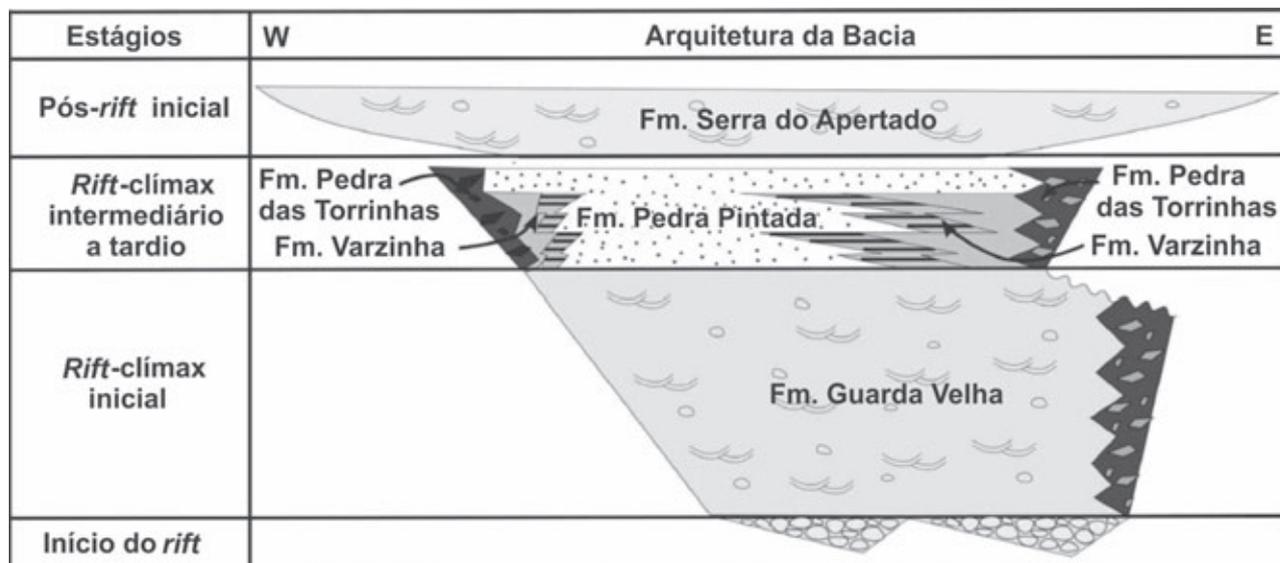
A proposta de subdivisão estratigráfica ora utilizada baseia-se em Almeida et al. (2009) (Figura 2) e mantém os termos prioritários da literatura. Porém, é realizada uma revisão da posição estratigráfica das unidades, incluindo-se uma nova formação, denominada Formação Serra do Apertado, que equivale a sucessões anteriormente consideradas dentro de uma das unidades tradicionais, sendo ela a Formação Guarda Velha. A seguir, é apresentada uma breve revisão

da terminologia e das definições das unidades que com-põem o Grupo Guaritas, com o objetivo de elucidar a defi-nição e o contexto da Formação Serra do Apertado.

### Formação Guarda Velha

A Formação Guarda Velha reúne os arcósios conglomeráti-cos com estratificação cruzada ou estratificação plano-pa-ralela, além de conglomerados, das porções inferiores do Grupo Guaritas, tendo por localidade referencial o Passo da Guarda Velha (Camadas Guarda Velha *sensu* Ribeiro e Lichtenberg, 1978). Essa unidade assenta em discodân-cia angular sobre o Grupo Santa Bárbara e em discordância litológica sobre rochas metamórficas e plutônicas do em-basamento da Bacia do Camaquã, sendo sobreposta pela Formação Varzinha em contato gradacional (Ribeiro, 1970). Apresenta espessura mínima de 1.000 m e, com exceção de fácies de conglomerados de calhaus em suas porções ba-sais, é litologicamente homogênea, caracterizada por arcó-sios conglomeráticos, com seixos arredondados de quartzo de veio, rochas granitoides, vulcânicas e metamórficas, tais como filitos, quartzitos, milonitos e xistos.

Devido às características litológicas da unidade, suas áreas de exposição estão associadas a formas de relevo distintas, com morros escarpados de topo plano, separados por vales encaixados, como os encontrados na Serra das Guaritas. Os afloramentos mais acessíveis da unidade são cortes da BR-392 e da estrada que liga a BR-392 à BR-153, passando pelas Minas do Camaquã e Serra das Guaritas, além dos grandes afloramentos naturais expostos nas proximidades dessas vias.



Fm: formação.

**Figura 2.** Carta estratigráfica do Grupo Guaritas, segundo Almeida et al. (2009). Extraído de Nóbrega (2011).

Paim (1994) interpretou as sucessões da unidade como depósitos de sistemas aluviais efêmeros, com base em análise de fácies sedimentares e geometria de camadas; porém, considerou-as como parte da Aloformação Varzinha, na porção superior do Alogrupo Guaritas. Tal hipótese estratigráfica foi mantida por Paim (1995), Lopes et al. (1999) e Paim, Chemale Jr. e Lopes (2002), entre outros autores.

A hipótese alternativa de posicionamento estratigráfico da Formação Guarda Velha na base do Grupo Guaritas (Ribeiro e Lichtenberg, 1978; Almeida, et al. 2009) é sugerida pelas abundantes exposições do contato basal da formação com unidades sotopostas do Supergrupo Camaquã, como na região das Minas do Camaquã e nas proximidades do entroncamento entre a BR-392 e a BR-153, conhecidas desde Ribeiro et al. (1966) e Ribeiro (1970). A justaposição de fácies semelhantes das formações Guarda Velha e Serra do Apertado — que representam, respectivamente, as unidades de base e de topo do Grupo Guaritas — ocasionada pela zona de falhas das Minas do Camaquã *sensu* Ribeiro et al. (1966), também conhecida como Falha Tapera-Emiliano, pode ter contribuído para a hipótese de posicionamento das sucessões da Formação Guarda Velha acima dos arenitos eólicos da Formação Pedra Pintada. Entretanto, o mesmo lineamento que separa a Serra do Apertado das exposições da Formação Guarda Velha, a nordeste das Minas do Camaquã, apresenta, em estimativa conservadora, rejeito vertical superior a 800 m entre o Passo da Mina e o Passo do Marmeleiro, 5 km a sul, com abatimento do bloco leste justapondo a Formação Pedra Pintada a sucessões do Grupo Santa Bárbara (Figura 1).

A espessura total da Formação Guarda Velha, calculada com base em seções geológicas, é de aproximadamente 1.000 m (Almeida et al., 2009).

### Formação Varzinha

O conjunto de arcósios laminados intercalados a siltitos gretados e arcósios conglomeráticos expostos ao longo da BR-153 (a sul do rio Camaquã) e da BR-392 foi designado Camadas Varzinha por Ribeiro e Lichtenberg (1978) e incluído na Aloformação Varzinha por Paim (1994). Na subdivisão estratigráfica de Ribeiro e Lichtenberg (1978), a unidade corresponderia a toda a porção superior da então denominada Formação Guaritas, sobreposta às Camadas Guarda Velha. Paim (1995) e Fragoso-Cesar et al. (1999) consideraram a unidade como posterior à Aloformação ou Formação Pedra Pintada, com base em seções geológicas na BR-392 e na estrada Santana da Boa Vista—Minas do Camaquã, que, entretanto, atravessam uma importante falha de direção NNE não considerada pelos autores. Esta foi denominada Falha do Rincão Bravo por Ribeiro et al. (1966) e apresenta componente vertical de abatimento do bloco oeste

(Figura 1). Perfis geológicos em diversas áreas da bacia revelam que a posição estratigráfica da Formação Varzinha é inferior à da Formação Pedra Pintada (Almeida, 2005).

O conceito empregado no presente trabalho para a Formação Varzinha inclui sucessões de arcósios e pelitos, geralmente gretados, dispostos ritmicamente em camadas tabulares de poucos centímetros a alguns metros de espessura, intercalados a camadas métricas a decamétricas, lenticulares, de arcósios conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada e estratificação plano-paralela. A espessura mínima da unidade é de 200 m, sendo seu limite superior caracterizado por contato brusco com a Formação Pedra Pintada e o limite inferior, por contato gradacional com a Formação Guarda Velha.

Paim (1994), após longa discussão sobre a hipótese de interpretação das sucessões aqui identificadas com a Formação Varzinha como sistemas de leques terminais (*sensu* Kelly e Olsen, 1993), optou pela interpretação de um sistema deltaico lacustre, sujeito a frequentes variações do nível de base, aprimorando a proposta de Ribeiro et al. (1966), Ribeiro (1970), Fragoso-Cesar et al. (1984) e Lavina et al. (1985).

### Formação Pedra das Torrinhas

Fácies conglomeráticas de leques aluviais ocorrem junto às bordas da Sub-Bacia Camaquã Central, destacadamente na borda leste, nos níveis estratigráficos equivalentes às formações Varzinha e Pedra Pintada. Tais depósitos conglomeráticos, que ocorrem a distâncias menores que centenas de metros a poucos quilômetros da borda leste do Grupo Guaritas, foram reunidos por Almeida (2005) e Almeida et al. (2009) na Formação Pedra das Torrinhas, equivalente aos Ruditos Pedra das Torrinhas de Fragoso-Cesar (1991).

Trabalhos anteriores incluíram tais fácies conglomeráticas como variações laterais de uma das unidades descritas acima, sendo que Ribeiro e Lichtenberg (1978) consideram esses “fanglomerados” como pertencentes às Camadas Guarda Velha.

Essa unidade é caracterizada por brechas de seixos a matações nas fácies mais proximais e intercalações de conglomerados estratificados com arcósios seixosos e pelitos, geralmente gretados, compondo ciclos granodécrescentes métricos. No nível estratigráfico equivalente à Formação Varzinha, a passagem lateral da Formação Pedra das Torrinhas para esta é caracterizada pela diminuição gradual da granulação e da frequência de seixos provenientes do embasamento a leste (quartzo-milonitos, granitos miloníticos e filonitos do Alto da Serra das Encantadas). No nível estratigráfico da Formação Pedra Pintada, a passagem lateral dá-se por intercalação das fácies eólicas com as fácies de leques aluviais, com tendência a expansão do campo de dunas sobre os depósitos aluviais (Marconato et al., 2009).

## Formação Pedra Pintada

Inicialmente, essa unidade foi cartografada como Formação Santa Bárbara por Ribeiro et al. (1966), sendo composta pelos arcósios com estratificação cruzada de grande porte que afloram no morro da Pedra Pintada e regiões a leste das Minas do Camaquã. Tal unidade foi reconhecida como eólica pelos então professores do Curso de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IG-UFRGS), Dr. Renato Rodolfo Andreis e Dr. Gerardo Bossi, em 1979. Sucessões análogas foram mapeadas e descritas por Becker e Fernandes (1982); posteriormente, reconhecidas e estudadas em diversas outras exposições (Fragoso-Cesar, 1984; Fragoso-Cesar et al., 1984, 1985; Lavina et al. 1985; Faccini, Paim, Fragoso-Cesar, 1987). Independentemente da categoria estratigráfica adotada, a designação Pedra Pintada (Arenitos Pedra Pintada de Fragoso-Cesar, 1991) foi consagrada para referir-se a essa unidade (Paim, 1995; Fragoso-Cesar et al. 1999; Paim, Chemale Jr., Lopes, 2002).

Quanto à posição estratigráfica das sucessões de dunas eólicas, Paim (1995) e Paim, Chemale Jr. e Lopes (2002) relacionaram essa unidade, então denominada Aloformação Pedra Pintada, à base do Alogrupo Guaritas, enquanto Fragoso-Cesar et al. (1999) a consideraram – sob a designação de Formação Pedra Pintada – como intermediária no Grupo Guaritas.

Paim (1994), em tese de doutoramento sobre todo o Supergrupo Camaquã, detalhou as fácies e as interpretações dos processos sedimentares, com destaque para as sucessões de dunas eólicas do Grupo Guaritas e para as sucessões com intercalações pelíticas, interpretadas como deltaicas, dos grupos Santa Bárbara e Guaritas. O mesmo autor descartou a interpretação de ambiente costeiro de Faccini, Paim e Fragoso-Cesar (1987), considerando as mesmas fácies como de interdunas úmidas, e aprimorou os modelos de deposição aluvial e eólica, além de propor uma subdivisão da unidade com base na alostratigrafia (Paim et al., 1992; Paim, 1994, 1995). Paim (1995) procurou reconstituir a paleogeografia da unidade com base nos depósitos aluviais e Paim (1996) abordou especificamente as fácies eólicas, enfatizando a presença de interdunas úmidas. De Ros, Morad e Paim (1994) realizaram análise das condições de diagênese e compactação de arenitos da denominada Sequência Guaritas, além de deduzirem um ambiente semiárido de deposição.

Trabalhos sobre a arquitetura deposicional das sucessões de dunas eólicas da Pedra Pintada seguiram-se à tese inédita de Paim (1994), destacando-se as interações eólico-fluviais (Paim, Chemale Jr., Lopes, 2002; Paim e Scherer, 2003, 2007; Scherer, Paim, Melo, 2003; Teixeira et al. 2004; Almeida, 2005; Marconato et al., 2009).

## Formação Serra do Apertado

A Formação Serra do Apertado foi inicialmente proposta por Almeida (2005) e Almeida et al. (2009), reconhecida na serra homônima, situada a NE da vila das Minas do Camaquã, e na região do Rincão do Inferno, situada a W da Serra das Guaritas. Caracteriza-se por sucessões de arenitos conglomeráticos aluviais com aspecto similar ao da Formação Guarda Velha, que se situa na base do Grupo Guaritas, mas diferencia-se dessa última principalmente por sobrepor as sucessões eólicas da Formação Pedra Pintada por contato erosivo e por apresentar arquitetura deposicional distinta.

Não é possível reconhecer o limite superior da Formação Serra do Apertado, uma vez que ela ocorre até o cume dos morros de maior altitude da região, sendo a unidade de topo do Grupo Guaritas. Segundo Almeida (2005), que realizou o mapeamento dessa unidade (Figura 1), sua espessura mínima é de 200 m.

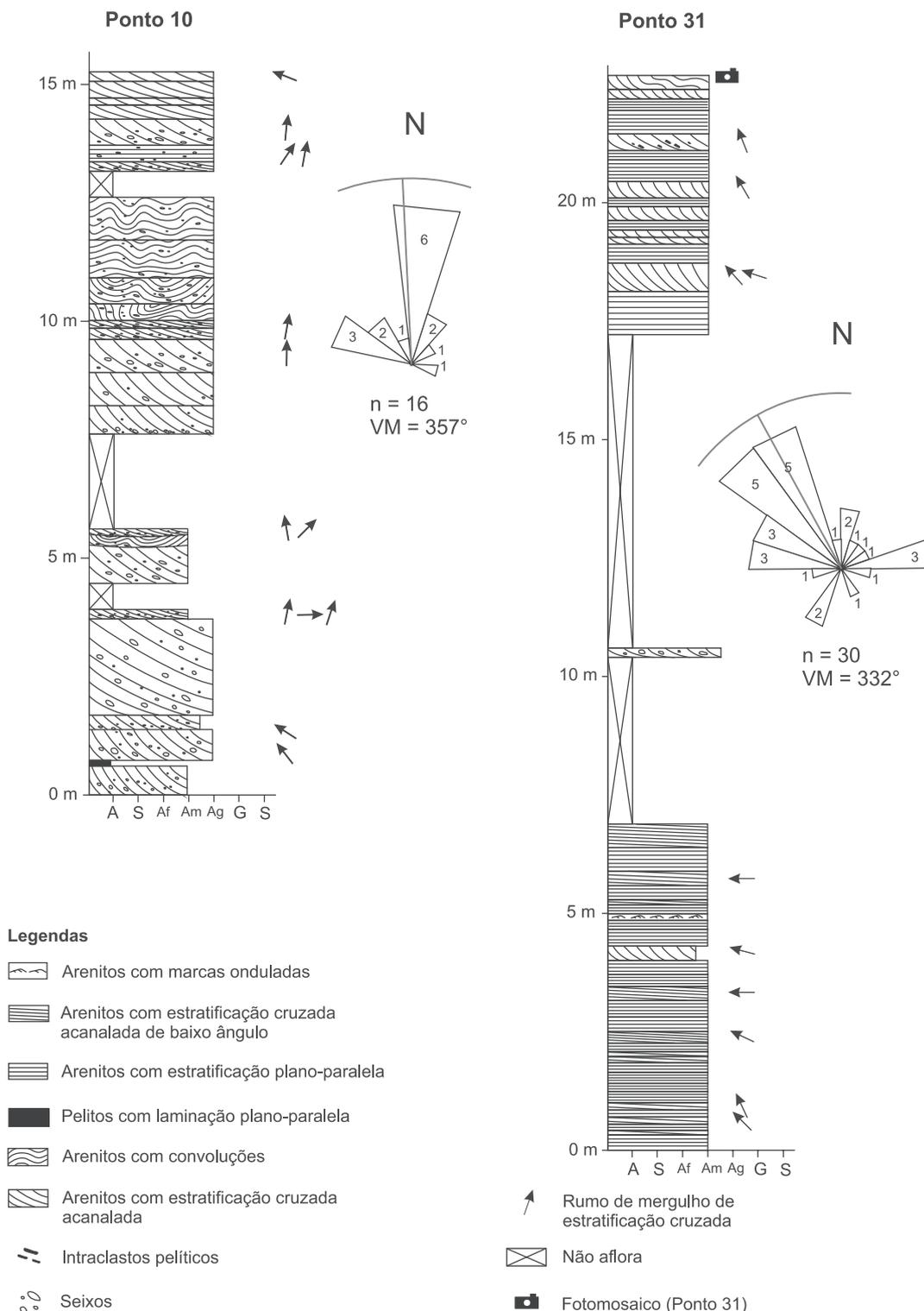
Neste trabalho, descrevemos 11 afloramentos da Formação Serra do Apertado (Figura 1), com base em levantamento de perfis sedimentológicos para exemplificar a sucessão vertical de fácies da unidade (Figura 3), assim como a transição entre a porção superior da Formação Pedra Pintada e a base da Formação Serra do Apertado (Figura 4). A seção-tipo da Formação Serra do Apertado localiza-se nos flancos da própria Serra do Apertado (Figuras 1 e 5), no cerro cuja localização é definida pelas coordenadas UTM E0277398 e N6584061, zona 22J, datum SAD69.

Em trabalhos anteriores, as rochas da Formação Serra do Apertado foram agrupadas dentro de outras unidades com sucessões aluviais similares, como a Aloformação Varzinha de Paim (1994) e as Camadas Guarda Velha de Ribeiro e Lichtenberg (1978). Isso se deve principalmente ao fato de que ambas as unidades apresentam uma grande semelhança em seus litotipos e ao não reconhecimento de falhas importantes, o que dificulta o estabelecimento de relações estratigráficas.

Os litotipos mais abundantes nos afloramentos estudados da Formação Serra do Apertado são arenitos arcósios conglomeráticos, cujos grânulos, seixos e calhaus polimíticos são sustentados pela matriz arenosa (Figura 6).

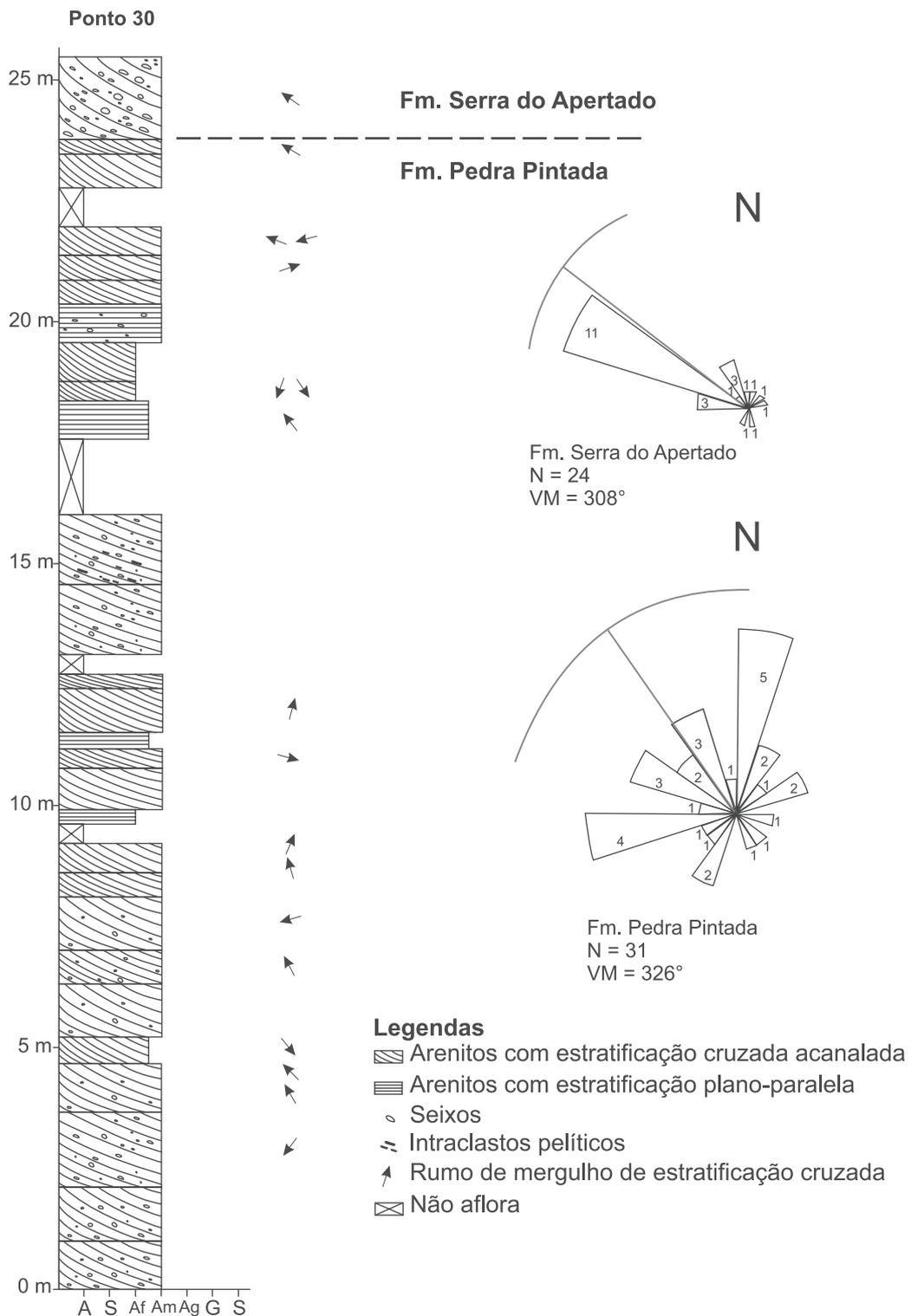
## FÁCIES SEDIMENTARES

Nas exposições das formações Pedra Pintada superior e Serra do Apertado na serra homônima, foram descritas, ao todo, dez fácies distintas (Figura 7), que ocorrem de maneira predominante e são descritas a seguir:



VM: vetor médio; A: argila; S: silte; Af: areia fina; Am: areia média; Ag: areia grossa; G: grânulos; 1, 2, 3,...: quantidade de paleocorrentes medidas.

**Figura 3.** Perfis sedimentológicos da Formação Serra do Apertado em pontos distintos. Nota-se que, no ponto 31, ocorrem mais comumente superfícies de segunda ordem (Miall, 1996) — marcadas pela transição entre fácies de arenito plano-paralelo e arenito com estratificação cruzada — do que no ponto 10, onde predominam arenitos com estratificação cruzada. Ao lado das colunas, encontram-se os dados de paleocorrentes coletados para cada localidade.



Fm: Formação; VM: vetor médio; A: argila; S: silte; Af: areia fina; Am: areia média; Ag: areia grossa; G: grânulos; 1, 2, 3,...quantidade de paleocorrentes medidas.

**Figura 4.** Perfil sedimentológico mostrando a Formação Pedra Pintada superior e seu contato com a Formação Serra do Apertado. Nota-se que a passagem da Formação Pedra Pintada para a Formação Serra do Apertado é marcada pelo aparecimento de uma fácies de arenito médio com estratificação cruzada acanalada com abundantes seixos arredondados. Ao lado da coluna, encontram-se os dados de paleocorrentes referentes a cada unidade.



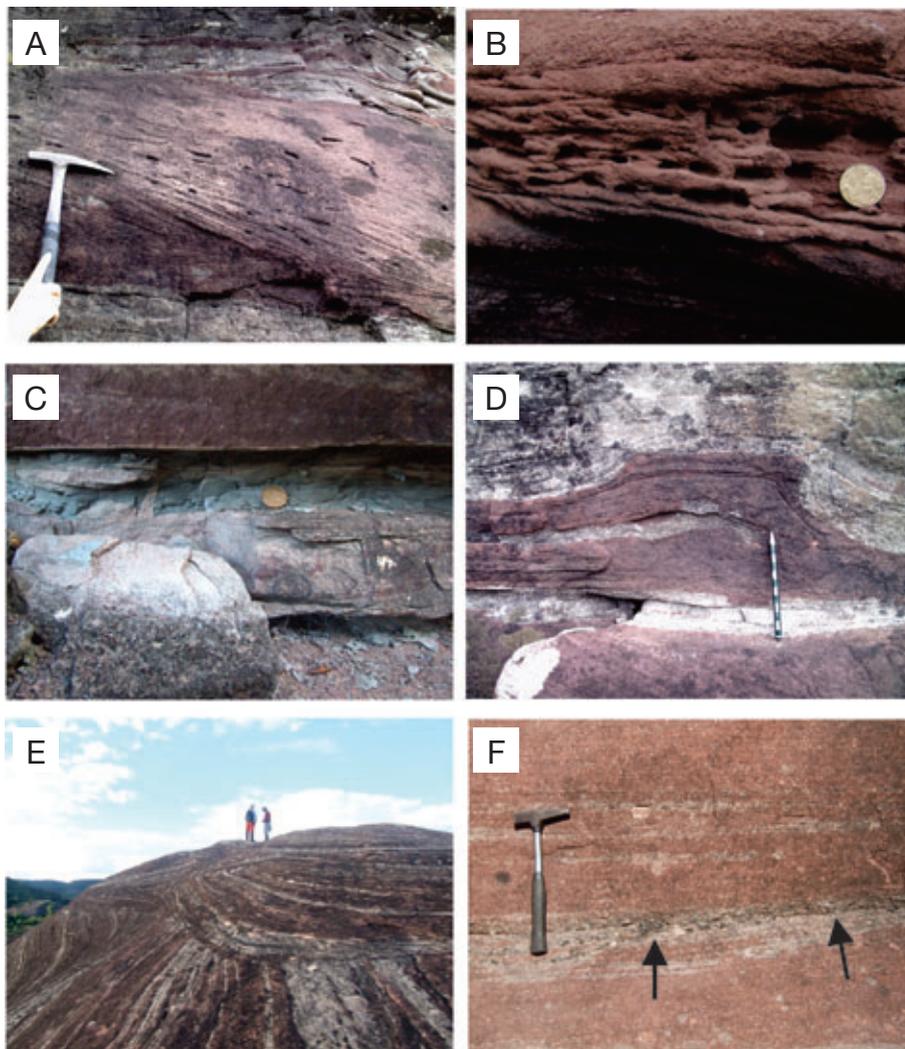
**Figura 5.** Foto do cerro que abriga a seção-tipo da Formação Serra do Apertado, cuja localização encontra-se indicada no mapa da Figura 1. Notam-se superfícies sub-horizontais de continuidade lateral da ordem de dezenas de metros, como indicado pelas setas, formadas principalmente por camadas da fácies PI (pelito laminado).



**Figura 6.** Foto representativa dos arenitos arcósios conglomeráticos da Formação Serra do Apertado.

- Aa (Arenito médio com estratificação cruzada acanalada): é a fácies encontrada com maior frequência na Formação Serra do Apertado, mas pode ocorrer com menor frequência localmente, como ilustrado pelo perfil sedimentológico do ponto 31 da Figura 3. Na Formação Pedra Pintada superior, a fácies Aa é apenas predominante em associações de fácies subaquáticas, como mostra o perfil sedimentológico da Figura 4. Essa fácies é caracterizada por arenitos médios a grossos, normalmente com grânulos, seixos e calhaus polimíticos esparsos, estratificação cruzada acanalada, com ângulo entre 15 a 25°, em *sets* que variam de alguns centímetros até cerca de 1 m (Figura 7A). As séries apresentam contato erosivo em sua base, truncando as estruturas sotopostas. Ocorrem clastos pelíticos tabulares com poucos centímetros de espessura, orientados segundo a estratificação. Por vezes, acumulam-se seixos na base das séries. Essa fácies é interpretada como produto da migração de dunas subaquáticas com crista sinuosa. Os fragmentos tabulares pelíticos foram interpretados como intraclastos oriundos do retrabalhamento de gretas da fácies Pl, descrita adiante.
- Afa (Arenito fino com estratificação cruzada acanalada): é caracterizado por arenito fino de cor branca, bem selecionado, com estratificação cruzada acanalada marcada por *pin stripe* em *sets* de, aproximadamente, 0,15 m de espessura e até 2 m de continuidade lateral. Apresenta contato erosivo na base e ocorre intercalado com a fácies Aa. É interpretado como resultado da preservação parcial de depósitos de dunas eólicas (e.g. Tirsgaard e Øxnevad, 1998).
- Al (Arenito com laminação plano-paralela): arenito fino a grosso com laminação plano-paralela bem definida, por vezes apresentando grânulos e seixos esparsos. Ocorre em séries tabulares com centímetros a decímetros de espessura, frequentemente intercalado com a fácies Aa. Leitões planos podem ser formados tanto em regimes de fluxo inferior — normalmente areia média a grossa — como superior — normalmente areia fina (e.g. Nichols, 1999; Fielding, 2006). A presença de arenitos médios com clastos maiores, como grânulos e seixos, além de arenitos finos que não apresentam fração granulométrica mais grossa, indicam que o leito plano pode ter se formado em ambiente subaquático de regime ora de fluxo inferior, ora de fluxo superior.
- Alc (Arenito com laminação cruzada cavalgante): arenito médio podendo apresentar grânulos, com laminação cruzada cavalgante subcrítica a crítica. As séries apresentam contato erosivo na base e forma lenticular, com espessura de 0,02 a 0,1 m (Figura 7B). São interpretadas como produto da migração de formas de leito de pequeno porte por correntes trativas em desaceleração (e.g. Boggs, 1995).
- Ab (Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo): arenito médio com estratificação cruzada acanalada de baixo ângulo em séries de 0,1 a 0,25 m e até 12° de inclinação. Interpretou-se que o baixo ângulo dessas estratificações cruzadas deve-se ao desmonte da escarpa dos estratos frontais de dunas subaquáticas devido à diminuição da espessura da lâmina de água e consequente mudança de regime de fluxo (e.g. Tirsgaard e Øxnevad, 1998).
- Ap (Arenito com estratificação cruzada planar): arenito médio com estratificação cruzada planar em séries tabulares de poucos decímetros de espessura. É interpretado como produto da migração de dunas subaquáticas de crista retilínea, formadas a uma velocidade de fluxo menor do que na fácies Aa (e.g. Nichols, 1999).
- Pl (Pelito laminado): camadas tabulares ou lenticulares de argilito e siltito, com cores que variam entre vermelho, castanho e roxo, de espessura entre 0,02 a 0,25 m e continuidade lateral que varia desde poucos metros até mais de 10 m, com laminação plano-paralela. A parte superior das camadas pode apresentar gretas de contração com cerca de 0,02 m de espessura ou delicadas gretas enroladas no topo (Figura 7C). A fácies Pl normalmente ocorre intercalada com as fácies Aa e Aag. É interpretada como produto de decantação em corpos d'água estagnados, formados em eventos de enchente, que eventualmente podem ficar sujeitos à exposição subaérea (e.g. Bridge, 2006).
- Apc (Arenitos e pelitos convolutos): arenitos e pelitos com deformações plásticas na forma de dobras, podendo apresentar grânulos, com estratificação plano-paralela ou cruzada acanalada. Essas deformações apresentam amplitude e comprimento de onda da ordem de decímetros e normalmente ocorrem de forma pontual no interior das séries compostas por arenito (Figura 7D). Observou-se a ocorrência de uma camada tabular de coloração esverdeada, com cerca de 0,1 m de espessura, intercalada com as rochas avermelhadas da fácies Aa. Essa camada é composta por arenito fino com laminação cruzada e muscovita, intercalado com camadas milimétricas de pelito que localmente se apresentam com uma laminação convoluta, caracterizada por pequenas dobras da ordem de milímetros. As deformações observadas nessa fácies podem ser interpretadas como de origem tanto sin-deposicional como pós-deposicional. No caso de uma origem pós-deposicional, as estruturas primárias são parcialmente deformadas, devido ao escape vertical da água pelos poros da areia inconsolidada (e.g. Selley, 1982).

- Aag (Arenito com estratificação cruzada de grande porte): essa fácies é exclusiva da Formação Pedra Pintada, sendo formada por arenito médio com estratificação cruzada acanalada tangencial na base, caracterizada por pin stripe, em séries que variam em espessura de decímetros até cerca de 3 m e apresentam grande continuidade lateral, chegando a dezenas de metros (Figura 7E). Os contatos reconhecidos entre as séries e conjunto de séries são de três tipos: superfície de reativação, superfície de superimposição e superfície de migração de interduna, conforme descrito por Mountney (2006). Pelas características descritas acima, interpretou-se que a fácies Aag representa depósitos de dunas eólicas barcanoides (Hunter, 1977; Kocurek, 1996).
- Amg (Arenito maciço com concentração de grânulos): camadas tabulares com menos de 0,1 m de espessura e dezenas de metros de extensão, formadas por arenito médio a grosso, maciço, com alta concentração de grânulos, podendo também apresentar seixos pequenos a médios (Figura 7F). Possuem contato abrupto e erosivo na base e gradacional no topo, passando para a fácies Aag. A fácies Amg, por apresentar grânulos e seixos, é interpretada como depósito subaquático, enquanto que a sua espessura pequena, a alta concentração da fração granulométrica grossa e o contato gradacional com a fácies Aag sugerem uma remoção da fração mais fina através de processos eólicos (*e.g.* Mountney, 2006).



**Figura 7.** Exemplos das fácies descritas. (A) arenito médio com estratificação cruzada acanalada (Aa) e intraclastos de argila orientados segundo a estratificação; (B) laminação cruzada em arenito com cavalgamento subcrítico (Alc); (C) gretas de contração em camada de pelito laminado (Pl); (D) estrutura de escape de fluidos em arenito médio (Apc); (E) arenito com estratificação cruzada acanalada de grande porte (Aag); (F) camada com concentrado de grânulos e seixos (Amg) intercalada com séries da fácies Aag.

## ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS

As fácies sedimentares anteriormente descritas encontram-se organizadas em corpos sedimentares maiores, com geometria definida, aqui classificados com base no conceito de elementos arquitetônicos e hierarquia de superfícies limitantes (Miall, 1996). A hierarquização das superfícies limitantes para os depósitos de origem eólica segue a proposta de Mountney (2006). Um dos elementos arquitetônicos descritos no presente trabalho, denominado “Enchentes em lençol”, é uma nova proposta dos autores.

A seguir, são descritos os elementos arquitetônicos encontrados para a Formação Serra do Apertado e para os depósitos situados na porção superior da Formação Pedra Pintada, que serão denominados, ao longo das descrições neste trabalho, como Formação Pedra Pintada superior.

### Formação Serra do Apertado

O elemento arquitetônico Enchentes em lençol (**EL**) apresenta geometria tabular, definida por contatos erosivos tanto em seu topo como em sua base, além de grande continuidade lateral (Figura 5) – podendo se estender por dezenas de metros – e espessura que varia, aproximadamente, de 1 a 3 m (Figuras 8 a 10). A associação de fácies que o compõe é dada por: arenito médio com estratificação cruzada acanalada (Aa), arenito fino com estratificação cruzada acanalada (Afa), arenito com laminação plano-paralela (Al), arenito com laminação cruzada cavalgante (Alc), arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Ab), arenito com estratificação cruzada planar (Ap), pelito laminado (Pl) e arenitos e pelitos convolutos (Apc).

As fácies Aa e Al ocorrem de forma intercalada em séries limitadas por contatos erosivos e representam superfícies de segunda ordem, as quais, segundo Miall (1996), separam fácies formadas por processos distintos. Essa associação é predominante no elemento **EL**, e a intercalação entre essas duas fácies é muito frequente (Figura 9), sugerindo um ambiente com constantes variações de vazão e espessura da lâmina d'água. As fácies Alc, Ap e Ab são menos frequentes e ocorrem intercaladas com a fácies Aa, indicando também a alternância entre regimes de maior e menor vazão durante a deposição.

O topo do elemento **EL**, quando preservado da erosão, é marcado pela fácies Pl, que se estende lateralmente por dezenas de metros, normalmente sobrepondo séries da fácies Al. No topo do elemento **EL**, ocorre a transição das fácies Aa para Al e, finalmente, para Pl – respectivamente de baixo para cima no empilhamento estratigráfico, indicando a passagem do regime de fluxo inferior para o superior, decorrente da diminuição da espessura da lâmina d'água até a estagnação total do fluxo e eventual exposição subaérea (Figura 8). Acima da fácies Pl, as associações

descritas anteriormente se repetem, formando pacotes de 1 a 3 m de espessura, os quais representam ciclos de aumento e diminuição de vazão (Figura 10). Segundo Miall (1996), as superfícies que delimitam esses ciclos são de terceira ordem e indicam uma mudança de estágio, mas não uma mudança significativa no estilo de sedimentação.

Características do elemento **EL**, tais como o caráter unidirecional de corrente, formas de leito arenosas a conglomeráticas formando preenchimento de escavações pequenas e rasas que se entrecortam, a geometria tabular e os ciclos de grande variação de vazão apontam para um modelo deposicional de canais efêmeros com fluxo desconfinado (Miall, 1985; Tirsgaard e Øxnevad, 1998; Bridge, 2006).

A fácies Afa ocorre intercalada com a fácies Aa e apresenta contatos erosivos na base e no topo, definindo superfícies que indicam períodos nos quais as barras do rio ficavam emersas tempo suficiente para permitir o retrabalhamento por processos eólicos (Figura 8).

A fácies Apc ocorre de forma pontual no interior das séries das fácies Aa e Al, tendo sido encontrada em diversos locais ao longo de toda a sucessão estudada na Formação Serra do Apertado (Figuras 7D, 8 e 9).

### Formação Pedra Pintada superior

O elemento Dunas barcanoides (**DB**) é caracterizado pelas fácies: arenito com estratificação cruzada de grande porte (Aag), arenito maciço com concentração de grânulos (Amg) e pelito laminado (Pl). Possui contatos superior e inferior definidos por superfície erosiva de baixo ângulo, entre 2 a 6° de inclinação, e apresenta geometria tabular, com espessura da ordem de dezenas de metros e continuidade lateral chegando a centenas de metros.

A fácies Aag é predominante no elemento **DB** e ocorre como uma sucessão de séries com contatos erosivos na base, que se entrecortam. Os contatos erosivos que delimitam as séries são “superfícies de superimposição” (*sensu* Mountney, 2006), as quais refletem a erosão causada pelo processo de migração das mesmas (Figura 11). No interior das séries, também ocorrem superfícies erosivas, que separam estratificações cruzadas adjacentes com ângulos de inclinação ligeiramente distintos. Esses contatos erosivos interiores às séries são “superfícies de reativação”, truncadas pelas superfícies de superimposição (Figura 11).

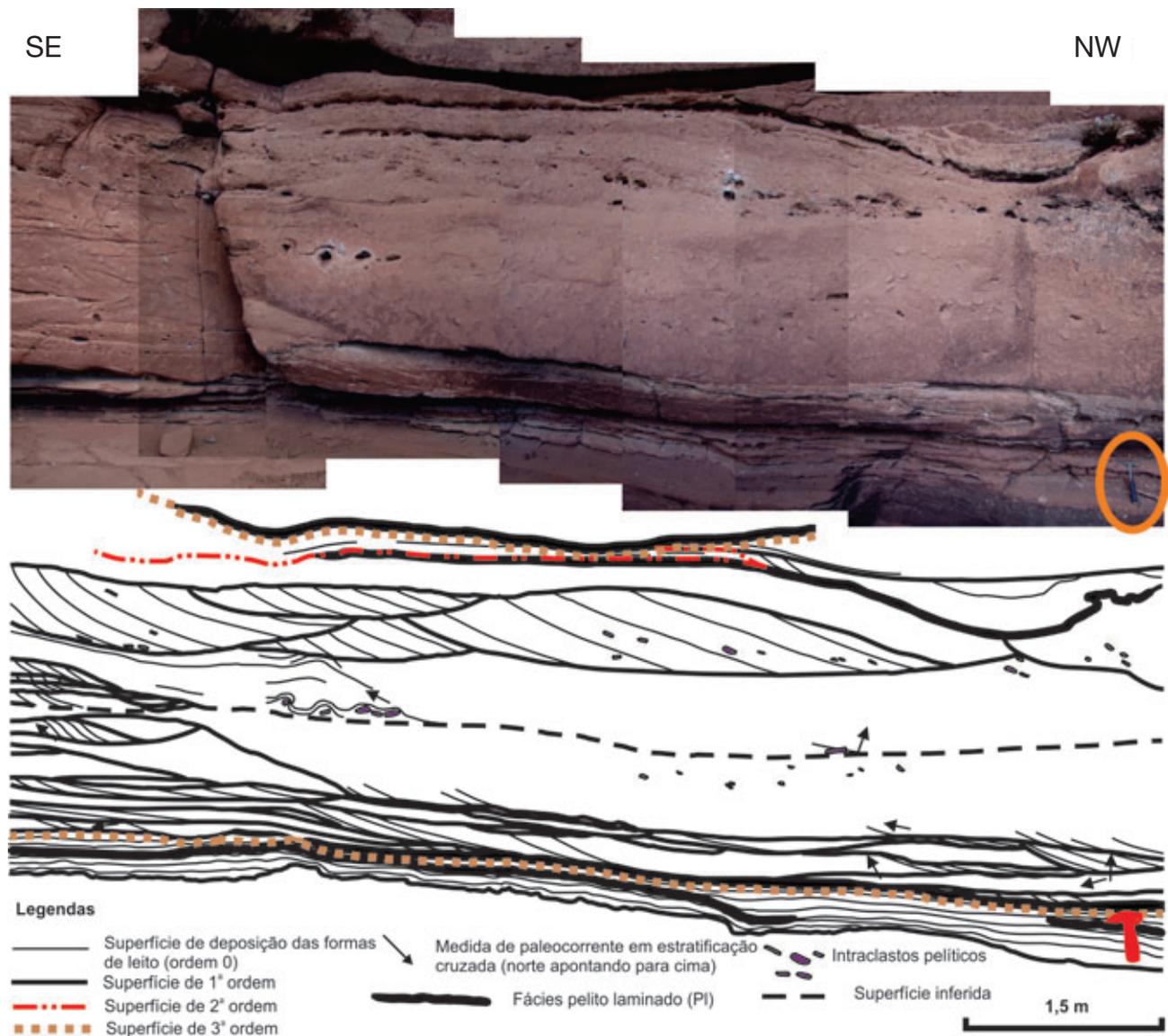
O contato erosivo na base da fácies Amg trunca as superfícies de superimposição da fácies Aag, de forma que as duas fácies ocorrem intercaladas. A superfície erosiva gerada pela fácies Amg possui grande continuidade lateral, apresenta baixo ângulo de mergulho e sentido de mergulho oposto ao sentido de migração das dunas da fácies Aag, definindo, assim, uma “superfície de migração de interdunas” (Figuras 11 e 12). Segundo Mountney (2006), uma

superfície de migração de interduna marcada por um nível de grânulos e seixos, como é o caso da fácies Amg, pode representar um pavimento de deflação em interduna seca.

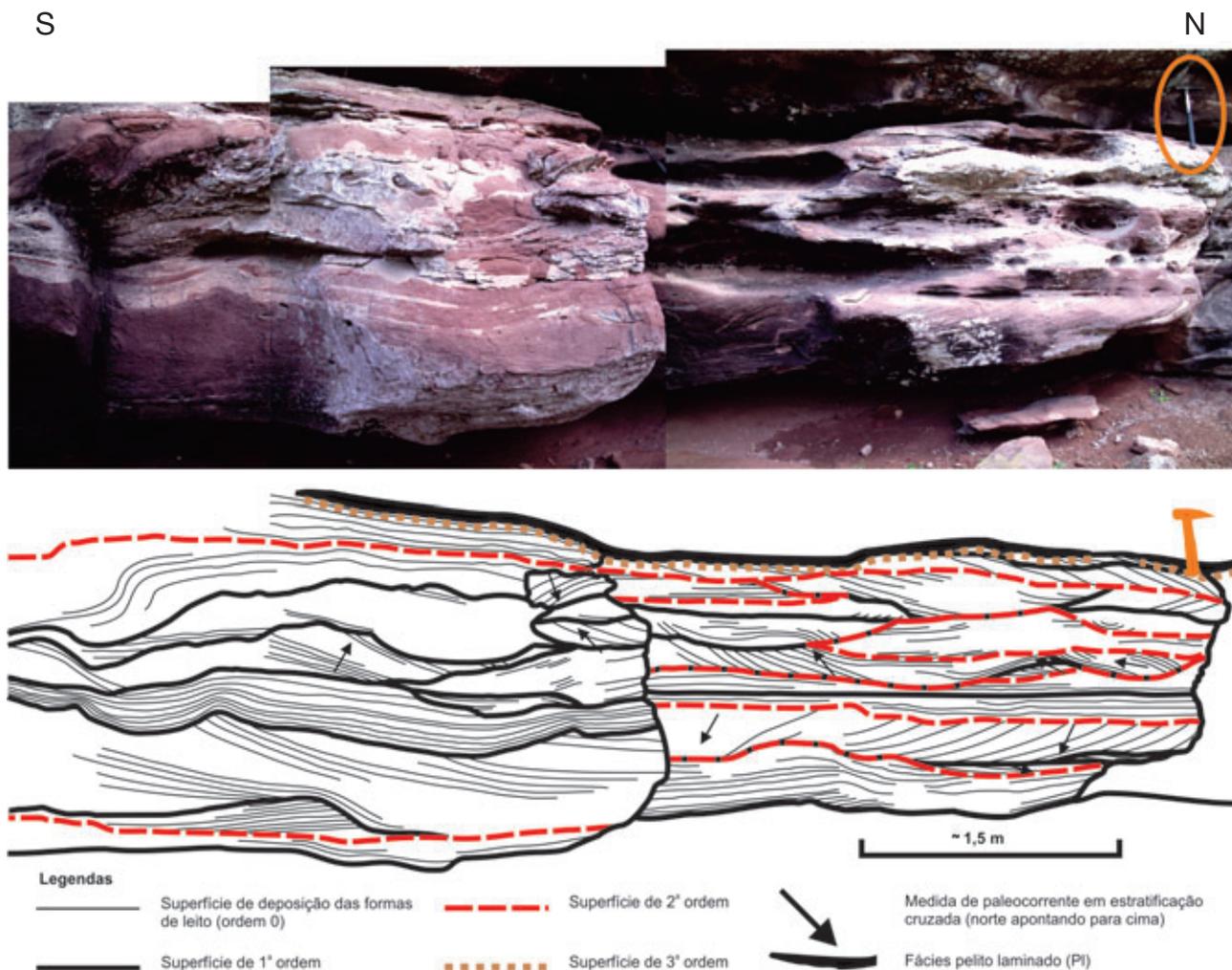
A fácies PI ocorre na forma de lentes pouco espessas, com continuidade lateral de poucos metros, e apresenta gretas enroladas, em contato no topo com a base erosiva das dunas da fácies Aag. Devido a essa associação no elemento **DB**, a fácies PI representa interdunas úmidas e isoladas, tendo em vista sua geometria, o que corrobora a

hipótese de que as formas de leito da fácies Aag são dunas barcanoides. A espessura centimétrica desses depósitos e sua ocorrência isolada em sucessões dominadas pela fácies Aag não permitem sua individualização como um elemento arquitetônico. Quando fácies semelhantes apresentarem maior espessura, são individualizadas no elemento **IF**.

O elemento Interdunas fluviais (**IF**) apresenta geometria tabular, com contato erosivo tanto na base como no topo, chegando a ter espessura de, pelo menos, 25 m



**Figura 8.** Fotomosaico do elemento arquitetônico Enchentes em Lençol em afloramento da Formação Serra do Apertado (coordenadas UTM E0277301 e N6585047, datum SAD69), em sua seção-tipo nos flancos da Serra do Apertado. Predominam séries de arenito com estratificação cruzada acanalada da fácies Aa. Observa-se que as superfícies de terceira ordem são sempre sobrepostas por camadas pelíticas da fácies PI e sobrepõem laminações plano-paralelas da fácies Al. Pontualmente, as estratificações cruzadas acanaladas da fácies Aa encontram-se convolutas (centro esquerdo da fotografia), assim como os pelitos da fácies PI (canto superior direito da fotografia). Ordens das superfícies segundo Miall (1996).



**Figura 9.** Fotomosaico do elemento arquitetônico Enchentes em Lençol da Formação Serra do Apertado (coordenadas UTM E0283453 e N6589070, datum SAD69). Observa-se frequente intercalação entre as fácies Aa e Al. No contato entre essas duas fácies predominantes, ocorrem superfícies de segunda ordem que indicam mudanças no processo de deposição, interpretadas como variações de vazão e espessura da lâmina d'água. Ordens das superfícies segundo Miall (1996).

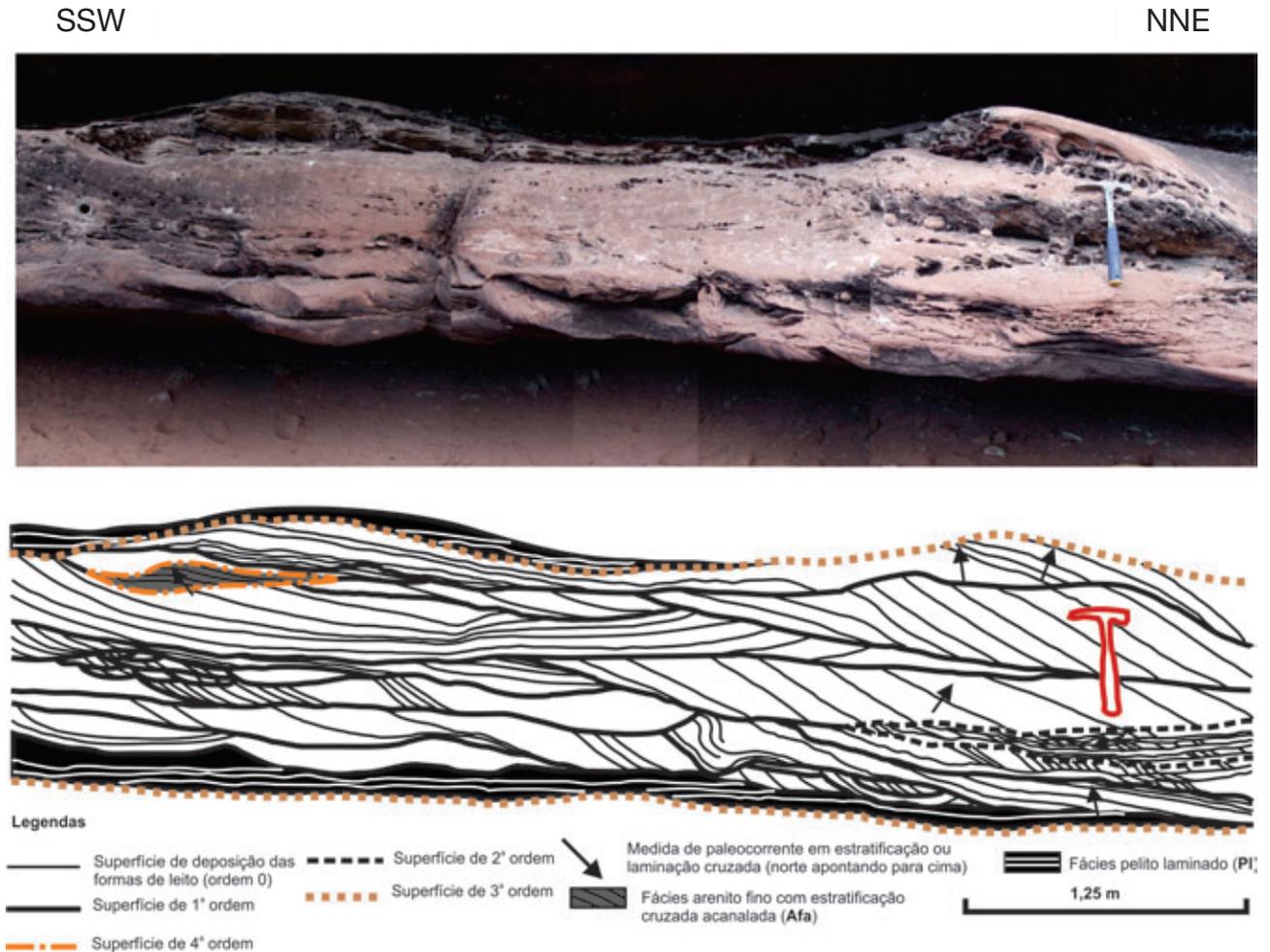
(Figura 4) e continuidade lateral da ordem de centenas de metros. As fácies que o compõem são: arenito médio com estratificação cruzada acanalada (Aa), arenito com laminação plano-paralela (Al), arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Ab), arenito com laminação cruzada cavalgante (Alc) e pelito laminado (Pl).

As fácies Aa e Al ocorrem intercaladas, com espessura entre 0,4 a 0,9 m; já Ab, Alc e Pl ocorrem em séries, apresentando contatos erosivos, com espessura de 0,1 a 0,4 m. Essa sucessão caracteriza um ambiente subaquático com intercalação entre formas de leito de regime de fluxo inferior e superior, indicando constantes variações de vazão (Figura 12). A presença dos pelitos da fácies Pl indica estagnação do fluxo. Observou-se que, verticalmente, o elemento **IF** está intercalado com o elemento **DB**, sendo que o contato erosivo que os separa possui baixo ângulo e é

paralelo às superfícies de migração de interdunas do elemento **DB** (Figura 12). Não foi possível estabelecer a relação lateral entre esses elementos, mas como **IF** e **DB** possuem geometria compatível, mesmo ângulo de mergulho e estão intercalados, interpreta-se que o elemento **IF** corresponde a um ambiente de interdunas com influência fluvial, marcadas por grandes variações de fluxo.

### SUPERFÍCIE LIMITANTE REGIONAL

O contato entre as formações Pedra Pintada e Serra do Apertado foi descrito por Almeida (2005) e Almeida et al. (2009) como uma superfície erosiva regional, interpretada como o limite entre as fases de subsidência mecânica e térmica da bacia. Nas seções estudadas, a superfície basal



**Figura 10.** Fotomosaico do elemento arquitetônico Enchentes em Lençol em afloramento da Formação Serra do Apertado (coordenadas UTM E0277301 e N6585047, datum SAD69). Observa-se que as superfícies de terceira ordem definem uma geometria tabular aos depósitos. Nota-se uma série de arenito fino acanalado da fácies Afa (canto superior esquerdo da ilustração), interpretada como retrabalhamento eólico de barras emersas. Intercaladas com as séries da fácies Aa, ocorrem laminações cruzadas cavalgantes da fácies Alc (canto inferior direito da fotografia). Ordens das superfícies segundo Miall (1996).

da formação Serra do Apertado de fato se apresenta como uma discordância erosiva, ora sobre arenitos eólicos, ora sobre sucessões de interdunas fluviais da Formação Pedra Pintada. No segundo caso, uma marcante mudança na composição e forma dos seixos caracteriza o limite, sendo que fácies conglomeráticas da Formação Pedra Pintada apresentam seixos predominantemente angulosos a subangulosos de milonitos e rochas metamórficas de baixo grau — litotipos semelhantes aos encontrados no embasamento imediatamente adjacente a leste. Os seixos na porção basal da Formação Serra do Apertado, por sua vez, são predominantemente arredondados e compostos por granitos, vulcânicas ácidas e quartzo de veio. Dessa forma, ficam caracterizadas fontes mais distantes para a formação Serra do Apertado, corroborando a hipótese de subsidência das ombreiras do *rift* nessa fase.

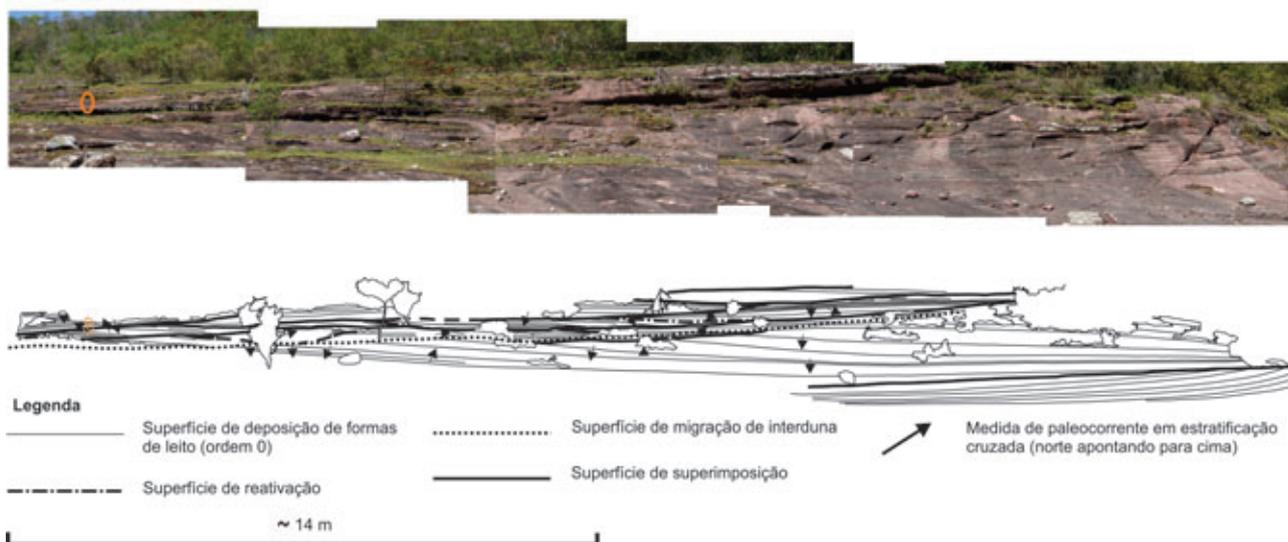
## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A análise de fácies e de elementos arquitetônicos realizada nas formações Pedra Pintada superior e Serra do Apertado permitiu a caracterização dos seus depósitos e a interpretação do paleoambiente no qual se formaram.

Na Formação Serra do Apertado, foi reconhecido um único tipo de elemento arquitetônico, chamado aqui de elemento **EL**, que apresenta geometria tabular, cerca de 3 m de espessura e dezenas de metros de continuidade lateral, interpretado como produto de um ambiente fluvial efêmero, devido às associações de fácies que demonstram a existência de ciclos de grande variação de vazão, os quais se repetem durante a deposição dessa unidade. Tal interpretação se adequa ao modelo de clima árido a semiárido proposto por De Ros, Morad

NNE

SSW



**Figura 11.** Fotomosaico do elemento arquitetônico Dunas Barcanoides em afloramento da Formação Pedra Pintada superior, a leste das Minas do Camaquã (coordenadas UTM E280212 e N6574898, datum SAD69). Predominam séries de arenito com estratificações cruzadas de grande porte da fácies Aag. Observa-se uma superfície de migração de interduna que trunca as superfícies de superimposição, com ângulo baixo de mergulho e sentido de mergulho contrário ao das estratificações cruzadas. Ao longo de toda a superfície de migração de interduna, ocorrem camadas com concentrados de grânulos. Ordens das superfícies segundo Miall (1996).

e Paim (1994) para o Grupo Guaritas, pois, atualmente, nesse tipo de clima, são comuns eventos de enchentes esporádicas que geram rios efêmeros caracterizados por uma grande variação de vazão (Tooth, 2000). Por outro lado, considerando-se a ausência de vegetação em ambientes continentais anteriores ao Siluriano, sistemas aluviais semelhantes poderiam desenvolver-se também em climas mais úmidos (Schumm, 1968; Tirsgaard e Øxnevad, 1998; Long, 2006; Eriksson et al., 2006; Davies e Gibling, 2010).

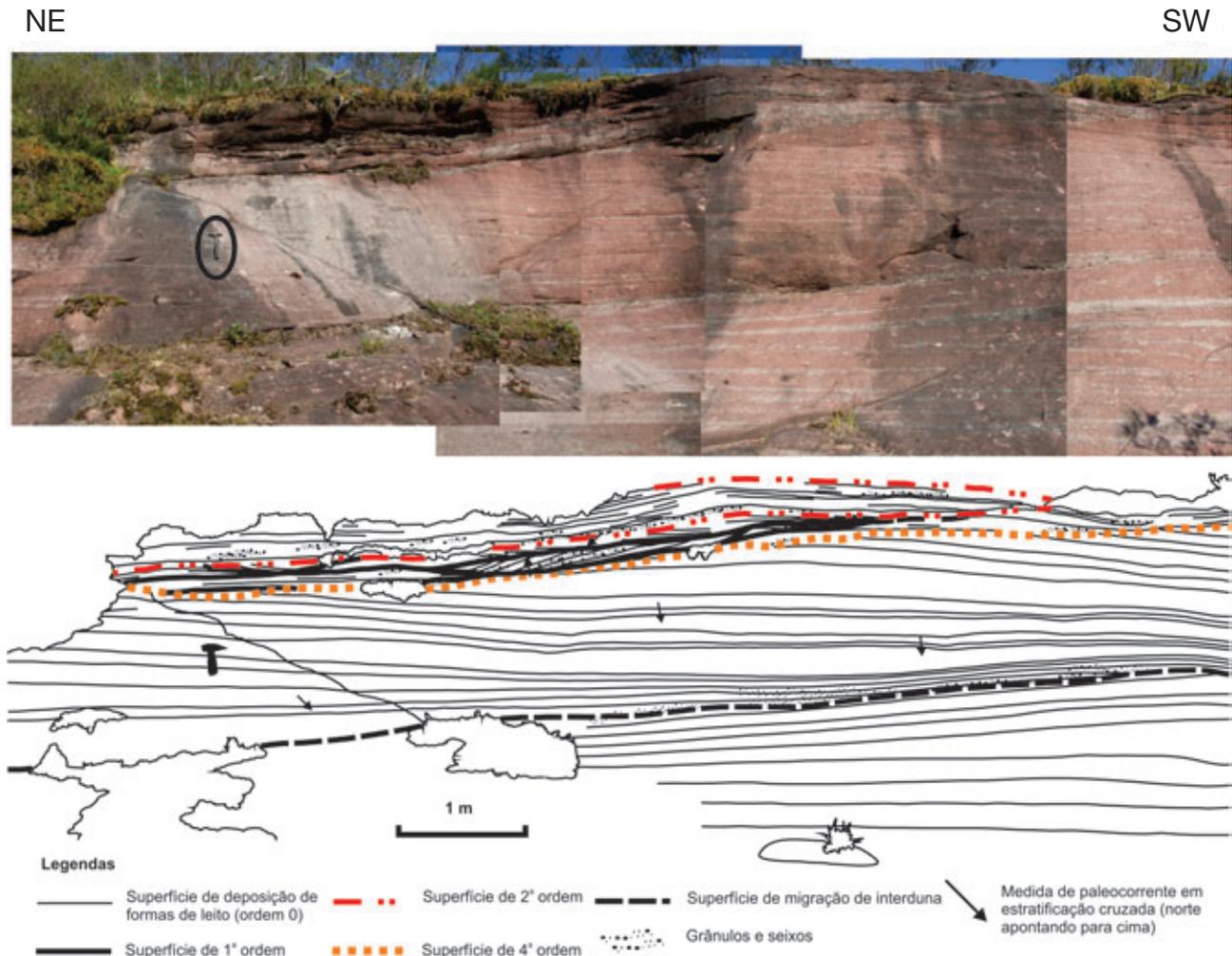
Foram observados, no elemento **EL**, depósitos eólicos em associação com depósitos fluviais, o que foi interpretado como um retrabalhamento eólico dos sedimentos de barras fluviais emersas.

Nas exposições da Formação Pedra Pintada superior da região da Serra do Apertado, foram reconhecidos dois tipos de elementos arquitetônicos:

- **DB**, que apresenta geometria tabular, dezenas de metros de espessura e continuidade lateral de centenas de metros, sendo interpretado como produto de um campo de dunas eólicas barcanoides, devido à sua associação de fácies dominada por estratificações cruzadas acanaladas de grande porte e à apresentação de superfícies erosivas de superimposição, reativação e migração de interdunas;
- o elemento **IF**, também apresentando geometria tabular, espessura de poucas dezenas de metros e continuidade lateral de centenas de metros, cujo

ambiente de formação foi interpretado como de interdunas fluviais pelo fato de apresentar associação de fácies dominada por formas de leito subaquáticas, ocorrer intercalado com o elemento **DB** e apresentar geometria e ângulo de mergulho compatíveis com esse último.

O detalhamento da descrição da Formação Serra do Apertado, unidade de topo do Grupo Guaritas, baseou-se em estudos das fácies, elementos arquitetônicos e levantamento de colunas estratigráficas, que permitiram caracterizar essa nova unidade em sua área-tipo, localizada nos flancos da serra homônima. A caracterização da aparente exclusividade do elemento **EL** na Formação Serra do Apertado contrasta com descrições detalhadas da Formação Guarda Velha (Paim, 1994; Almeida, 2005; Santos, 2010), que relatam elementos de preenchimento de canais e abundância de lentes conglomeráticas. Dessa forma, a suposição original de Almeida (2005) e Almeida et al. (2009) de semelhança de fácies e arquitetura deposicional entre as formações Guarda Velha e Serra do Apertado não foi confirmada pelo presente estudo, permitindo o estabelecimento de critérios descritivos de distinção entre as unidades. Tais diferenças revelam maior retrabalhamento eólico na Formação Serra do Apertado e, possivelmente, fluxo mais episódico, sugerindo, de forma preliminar, clima mais árido que aquele da Formação Guarda Velha.



**Figura 12.** Fotomosaico dos elementos arquitetônicos Dunas Barcanoides, abaixo, e Interdunas Fluviais, acima, separados por uma superfície erosiva de quarta ordem, em afloramento da Formação Pedra Pintada superior (coordenadas UTM E280212 e N6574898, datum SAD69). O elemento Interdunas Fluviais apresenta arenitos com laminação plano-paralela da fácies Al e estratificação cruzada acanalada da fácies Aa, com seixos e grânulos abundantes. Observa-se que a superfície de quarta ordem que define o contato entre os elementos Interdunas Fluviais e Dunas Barcanoides é concordante com a superfície de migração de interduna do elemento Dunas Barcanoides. Ordens das superfícies segundo Miall (1996).

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. P. *Tectônica e sedimentação do Ediacarano ao Ordoviciano: exemplos do Supergrupo Camaquã (RS) e do Grupo Caacupé (Paraguai Oriental)*. 2005. 203 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ALMEIDA, R. P.; JANIKIAN, L.; FRAGOSO-CESAR, A. R.; MARCONATO, A. Evolution of a rift basin dominated by subaerial deposits: the Guaritas Rift, Early Cambrian, Southern Brasil. *Sedimentary Geology*. Amsterdam, v. 217, p. 30-51, 2009.

BECKER, M. R.; FERNANDES, L. A. D. Caracterização faciológica de uma sequência vulcano-sedimentar eopaleozóica na folha de Passo do Tigre (RS). *Acta Geológica Leopoldensia*, v. 6, n. 13, p. 287-322, 1982.

BOGGS, S. *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Englewood Cliffs: N. J. Prentice Hall, 1995. 774 p.

BRIDGE, J. S. Fluvial facies models: recent developments. In: POSAMENTIER, H. W.; WALKER, R. G. (Eds.). *Facies Models Revisited*. Oklahoma: Society for Sedimentary Geology, 2006. p. 85-170.

- DAVIES, N. S.; GIBLING, M. R. Cambrian to Devonian evolution of alluvial systems: the sedimentological impact of the earliest land plants. *Earth-Science Reviews*, v. 98, n. 3-4, p. 171-200, 2010.
- DE ROS, L. F.; MORAD, S.; PAIM, P. S. G. The role of detrital composition on the diagenetic evolution of continental molasses: evidences from the Cambro-Ordovician Guaritas Sequence, southern Brazil. *Sedimentary Geology*. Amsterdam, v. 92, p. 197-228, 1994.
- ERIKSSON, P. G.; BUMBY, A. J.; BRÜMER, J. J.; VAN DER NEUT, M. Precambrian fluvial deposits: enigmatic palaeohydrological data from the c. 2-1.9 Ga Waterberg Group, South Africa. *Sedimentary Geology*, v. 190, p. 25-46, 2006.
- FACCINI, U. F.; PAIM, P. S. G.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Análise faciológica das molassas brasileiras na região das Minas do Camaquã, Eo-paleozóico do RS. In: SBG, SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987. Curitiba. Atas, v. 1, 1987. p. 75-91.
- FIELDING, C. R. Upper flow regime sheets, lenses and scour fills: extending the range of architectural elements for fluvial sediment bodies. *Sedimentary Geology*. Amsterdam, v. 190, p. 227-240, 2006.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Evolução paleoambiental e tectônica da Bacia do Camaquã: uma introdução. 1984. 103 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. O Cráton Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980. Camboriu, *Anais...* v. 5, 1980. p. 2879-2892.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. *Tectônica de placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. 1991. 366 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; FACCINI, U. F.; PAIM, P. S. G.; LAVINA, E. L.; ALTAMIRANO, J. A. F. Revisão na estratigrafia das molassas do Ciclo Brasileiro no Rio Grande do Sul. In: SBG, SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., 1985. Florianópolis. *Anais...* 1985. p. 477-491.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; LAVINA, E. L.; PAIM, P. S. G.; FACCINI, U. F. A antefossa molássica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984. Rio de Janeiro. *Anais...* v. 7, 1984. p. 3272-3283.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; SILVA-FILHO, W. F.; FAMBRINI, G. L.; MACHADO, R.; RICCOMINI, C.; ALMEIDA, R. P.; PELOSI, A. P. M. R.; JANIKIAN, L. Significado tectônico do magmatismo Rodeio Velho no Rift Guaritas (Eopaleozóico do Rio Grande do Sul, Brasil). In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1999. Gramado. Boletim de resumos, 1999. p. 16.
- HUNTER, R. E. Basic types of stratification in small eolian dunes. *Sedimentology*. Oxford, v. 24, p. 361-387, 1977.
- KELLY, S. B.; OLSEN, H. Terminal fans – a review with reference to Devonian examples. *Sedimentary Geology*. Amsterdam, v. 85, p. 339-374, 1993.
- KOCUREK, G. Desert aeolian systems. In: READING, H. G. (Ed.). *Sedimentary environments, processes, facies and stratigraphy*. Oxford: Blackwell Science, 1996. p. 125-153.
- LAVINA, E. L.; FACCINI, U. F.; PAIM, P. S. G.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Ambientes de sedimentação da Bacia do Camaquã, eo-paleozóico do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, v. 21, n. 9, p. 185-227, 1985.
- LONG, D. G. F. Architecture of pre-vegetation sandy-braided perennial and ephemeral river deposits in the Paleoproterozoic Athabasca Group, northern Saskatchewan, Canada as indicators of Precambrian fluvial style. *Sedimentary Geology*, v. 190, p. 71-95, 2006.
- LOPES, R. C.; WILDNER, W.; SANDER, A.; CAMOZZATO, E. Alogrupo Guaritas: aspectos gerais e considerações sobre o posicionamento do vulcanismo Rodeio Velho (encerramento do Ciclo Brasileiro ou instalação da Bacia do Paraná?). In: Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados, 1999. Gramado. Boletim de resumos, 1999. p. 17.
- MARCONATO, A.; ALMEIDA, R. P.; SANTOS, M. G. M.; NÓBREGA, J. E. S.; SOUZA, R. B. Alluvial-eolian interaction in a Cambrian rift margin: the Pedra das Torrinhas and Pedra Pintada formations (Guaritas Group,

- RS). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro, v. 81, n. 4, p. 819-836, 2009.
- MIALL, A. D. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Science Reviews*. Amsterdam, v. 22, p. 261-308, 1985.
- MIALL, A. D. Methods of architectural-element analysis. In: MIALL, A. D. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin: Springer-Verlag, 1996. p. 75-98.
- MIALL, A. D. Facies analysis. In: MIALL, A. D. *Principles of sedimentary basin analysis*. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 141-248.
- MILANI, E. J.; THOMAZ-FILHO, A. Sedimentary basins of South America. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ-FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Eds.). *Tectonic evolution of South America*. Rio de Janeiro: Geological Society, 2002. p. 389-449.
- MOUNTNEY, N. P. Eolian facies models. In: POSAMENTIER, H. W.; WALKER, R. G. (Eds.). *Facies Models Revisited*. Oklahoma: Society for Sedimentary Geology, 2006. p. 19-83.
- NICHOLS, G. Processes of transport and sedimentary structures. In: NICHOLS, G. *Sedimentology and Stratigraphy*. Oxford: Blackwell Science, 1999. p. 287-322.
- NÓBREGA, J. E. S. *Proveniência sedimentar do Grupo Guaritas, Cambriano da Bacia do Camaquã (RS)*. 2011. 47 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PAIM, P. S. G. *Depositional systems and paleogeographical evolution of the Camaquã and Santa Bárbara Basins, Brazil*. 1994. 277 p. Thesis (Philosopher Doctor) – University of Oxford, Oxford.
- PAIM, P. S. G. Alluvial paleogeography of the Guaritas depositional sequence of southern Brasil. In: PLINT, A. G. (Ed.). *Sedimentary Facies Analysis*. International Association of Sedimentologists – Special Publication 22, 1995, p. 3-16.
- PAIM, P. S. G. O sistema desértico úmido Pedra Pintada (cambro-ordoviciano do RS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996. Salvador. Boletim de Resumos Expandidos, v. 2, 1996. p. 207-209.
- PAIM, P. S. G.; CHEMALE-JÚNIOR F.; LOPES, R. C. A Bacia do Camaquã. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: CIGO-UFRGS, 2002. p. 231-274.
- PAIM, P. S. G.; FACCINI, U. F.; NETTO, R. G.; NOWATZKI, C. H. Estratigrafia de seqüências e sistemas deposicionais das bacias do Camaquã e Santa Bárbara, Eopaleozóico do RS (Brasil). *Série Correlación Geológica*. Universidad Nacional de Tucumán, v. 9, p. 41-45, 1992.
- PAIM, P. S. G.; SCHERER, C. M. S. Arquitetura estratigráfica de sucessões flúvio-eólicas: o exemplo do Alogrupo Guaritas na região da Pedra Pintada, Rio Grande do Sul, Brasil. In: PAIM, P. S. G.; FACCINI, U. F.; NETTO, R. G. (eds.). *Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares – Estudo de casos*. São Leopoldo: Unisinos, 2003. p. 38-58.
- PAIM, P. S. G.; SCHERER, C. M. S. High-resolution stratigraphy and depositional model of wind and water-laid deposits in the ordovician Guaritas rift (Southernmost Brazil). *Sedimentary Geology*. Amsterdam, v. 203, p. 776-795, 2007.
- READING, H. G.; LEVELL, B. K. Controls on the sedimentary rock Record. In: READING, H. G. (Ed.). *Sedimentary environments and facies*. Oxford: Blackwell Scientific, 1986. p. 5-36.
- RIBEIRO, M. Geologia da folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul, Brasil. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia DNPM. Rio de Janeiro, n. 247, p. 1-142, 1970.
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P. R.; FIGUEIREDO-FILHO, P. M.; TESSARI, R. I. Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul. Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, 1966, 232 p. (Boletim 127).
- RIBEIRO, M.; LICHTENBERG, E. Síntese da Geologia do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978. Recife. Anais... v. 6, 1978. p. 2451-2463.
- ROBERTSON, J. F. Revision of stratigraphy and nomenclature of rock units in Caçapava-Lavras region. Notas e estudos. Porto Alegre, IG-UFRGS, v. 1, n. 2, p. 41-54, 1966.
- SANTOS, M. G. M. Tectônica e sedimentação na Bacia do Camaquã Central (RS): exemplos do Grupo Guaritas e do Grupo Santa Bárbara. 2010. 117 f.

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SCHERER, C. M. S.; PAIM, P. S. G.; MELO, M. A. Estratigrafia de alta resolução em sucessões flúvio-eólicas: o exemplo do Alogrupo Guaritas (Bacia do Camaquã) na localidade da Pedra Pintada, Rio Grande do Sul, Brasil. In: ENCONTRO SOBRE A ESTRATIGRAFIA DO RIO GRANDE DO SUL: ESCUDOS E BACIAS, 1., 2003. Porto Alegre. Anais... 2003, p. 99-103.

SCHUMM, S. A. Speculations concerning the palaeohydraulic controls of terrestrial sedimentation. *Geological Society of America Bulletin*, v. 79, p. 1573-1588, 1968.

SELLEY, R. C. *An introduction to sedimentology*. London: Academic Press, 1982. 417 p.

TEIXEIRA, A. L.; GAUCHER, C.; PAIM, P. S. G.; FONSECA, M. M.; PARENTE, C. V.; SILVA-FILHO,

W. F.; ALMEIDA, A. R. Bacias do estágio da transição da Plataforma Sul-Americana. In: MANTESO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (Eds). *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. p. 487-537.

TIRSGAARD, H.; ØXNEVAD, I. E. I. Preservation of pre-vegetation mixed fluvio-aeolian deposits in a humid climatic setting: an example from the Middle Proterozoic Eriksfjord Formation, Southwest Greenland. *Sedimentary Geology*. Amsterdam, v. 120, p. 295-317, 1998.

TOOTH, S. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. *Earth Sciences Reviews*, v. 51, n. 1-4, p. 67-107, 2000.

WALKER, R. G. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: WALKER, R. G.; JAMES, N. P. (Eds.). *Facies models: response to sea level change*. St. John's: Geological Association of Canada, 1992. p. 1-14