



Luiz Felipe de Queiroz Ferreira Braga

**Interpretação Paleodeposicional da Formação Resende na
extremidade oeste da Bacia de Taubaté, município de Jacareí/SP**

**Trabalho Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2017



UFRJ

Luiz Felipe de Queiroz Ferreira Braga

**Interpretação Paleodeposicional da Formação Resende na
extremidade oeste da Bacia de Taubaté, município de Jacareí/SP**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador (es):

Renato Rodriguez Cabral Ramos
Lucas Gabriel Silva de Aguiar

Rio de Janeiro

Janeiro 2017

BRAGA, Luiz Felipe de Queiroz Ferreira

Interpretação Paleodeposicional da Formação Resende na extremidade oeste da Bacia de Taubaté, município de Jacareí/SP / Luiz Felipe de Queiroz Ferreira Braga - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2017.

74 p.: il. 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2017.

Orientador (es): Renato Rodriguez Cabral Ramos, Lucas Gabriel Silva de Aguiar

1. Geologia. 2. Setor da Graduação – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Renato Rodriguez Cabral Ramos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Título.

Luiz Felipe de Queiroz Ferreira Braga

Interpretação Paleodeposicional da Formação Resende na extremidade oeste da
Bacia de Taubaté, município de Jacareí/SP

Trabalho Final de Curso de Graduação em
Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ, apresentado como requisito
necessário para obtenção do grau de
Geólogo.

Orientador (es):

Renato Rodriguez Cabral Ramos
Lucas Gabriel Silva de Aguiar

Aprovada em: 06/01/2017

Por:

Orientador: Renato Rodriguez Cabral Ramos (MN/UFRJ)

Claudio Limeira Mello (IGEO/UFRJ)

Thaís Coelho Brêda (PPGGel-IGEO/UFRJ)

UFRJ
Rio de Janeiro
2017

A minha família pelo apoio e todo o carinho através desta jornada.

Ao seu mais novo integrante, Lucas Braga Chavarry, meu sobrinho e afilhado.

Agradecimentos

Ao Prof. Renato Rodriguez Cabral Ramos, pelos ensinamentos, paciência e amizade durante todos estes anos de convívio.

Ao também orientador e amigo, geólogo Lucas Gabriel Silva de Aguiar, por toda ajuda e apoio quando precisei.

A empresa Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda, em especial ao Sérgio, por permitir total acesso a cava.

A Rota Bandeirantes por permitir a utilização do acostamento da rodovia Dom Pedro I (SP-65), essencial para a realização deste trabalho.

A todos os meus amigos da Geologia, em especial Artur Iró Rodrigues, Thiago Roulien Pires Fagundes, Natan Soares Santarém e Roberto Pasquale da Cruz Trotta, que me ajudaram e participaram deste trabalho de conclusão de curso, trazendo valiosas contribuições.

A minha companheira, Kathelyn Nunes da Silva Santos, pelas sugestões, além da paciência e compreensão durante a finalização deste trabalho.

Ao CNPq pelo apoio através da bolsa PIBIC, que ajudou a custear as despesas de campo.

Por fim, mas não menos importante, agradeço ao IGEO/UFRJ e ao Museu Nacional/UFRJ, por tudo que aprendi dentro da instituição, além de toda a ajuda na logística neste trabalho.

Resumo

BRAGA, Luiz Felipe de Queiroz Ferreira. **Interpretação Paleodeposicional da Formação Resende na extremidade oeste da Bacia de Taubaté, município de Jacareí/SP**. 2017. 74 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A Formação Resende possui ampla representatividade nas bacias do segmento central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), constituindo o principal preenchimento sedimentar das bacias de Taubaté, Resende e Volta Redonda. A bacia de Taubaté apresenta área em torno de 3.200 km², comprimento de 170 km, largura máxima de 20 km, sendo a maior do RCSB. Nessa bacia, as melhores exposições da Formação Resende ocorrem em sua extremidade oeste, nos cortes da Rodovia Dom Pedro I (SP-65), entre os km 7 e 2, no município de Jacareí/SP. O objetivo do trabalho é a caracterização paleodeposicional da Formação Resende na região. Como metodologia, foram confeccionados perfis estratigráficos em escala 1:20 e 1:40, além de interpretação de painéis arquiteturais em escala 1:100. Foram descritas 12 litofácies, que em conjuntos com os dados da arquitetura deposicional, permitiram separar estes depósitos em três associações de fácies. A Associação de Fácies 1, melhor representada ao sul da área, é caracterizada por espessos pacotes conglomeráticos e arenosos em contexto de canal, com camadas lamíticas subordinadas. Seguindo para norte ao longo da rodovia Dom Pedro I (SP-65), a proporção cascalho/areia diminui e as feições canalizadas são preenchidas por depósitos arenosos com estratificações cruzadas acanaladas. Neste setor da área de estudo, há um aumento significativo de depósitos lamíticos - interpretados como planícies de inundação - intercalados com camadas lenticulares de arenitos maciços resultantes do transbordamento de canais. Esta sucessão foi agrupada na Associação de Fácies 2. A Associação de Fácies 3, localizada mais ao norte da área estudada, representa os setores mais distais deste sistema aluvial, com feições de canais menores e isoladas sobre depósitos lamosos de planície de inundação, bem como depósitos arenosos decorrentes de leques de arrombamento. Estes depósitos são interpretados como pertencentes a um sistema distributário fluvial, onde as associações de fácies 1, 2 e 3 representam setores proximais, medianos e distais, respectivamente. Este sistema possui um padrão radial parecido com os de leques aluviais, devido à alta taxa de avulsão dos canais em zonas mais proximais. Esta interpretação difere dos paleoambientes deposicionais antes descritos para a Formação Resende nesta região.

Palavras-chave: Paleógeno; *Rift* Continental do Sudeste do Brasil; Sistema Distributário Fluvial.

Abstract

BRAGA, Luiz Felipe de Queiroz Ferreira. **Paleodepositional interpretation of Resende Formation in the western extremity of Taubaté Basin, Jacareí/SP.** 2017. 74 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Resende Formation has great importance in the basins of the central segment of the Southeast Continental Brazilian Rift (RCSB), being the major sediment fill of Taubaté, Resende and Volta Redonda basins. The Taubaté basin is the largest basin of the RCSB, showing an area of 3,200 km², a length of 170 km and maximum width of 20 km. In this basin the Resende Formation best outcrops can be observed in the western part in Dom Pedro I (SP-65) highway road cuts, between the kilometers 7 and 2, in the city of Jacareí/SP. The aim of this work is to characterize the depositional model of Resende Formation in the region. To aid this goal, were produced graphic logs in 1:20 and 1:40 scales, besides the interpretation of architectural panels in scale 1:100. Were described 12 lithofacies which, together with the architectural elements data, was possible to define three facies associations. Facies Association 1, best shown in south area, is characterized by thick conglomeratic and sandy deposits within channels, with minor mudstones. Heading north, through Dom Pedro I (SP-65) highway, gravel/sand proportion diminishes and the channel elements are filled by trough cross bedded sandstones. In this sector there is an increase in mud deposits – interpreted as overbank -, intercalated with lenses of massive sandstones, by product of channel overflow. This succession is identified as Facies Association 2. Facies Association 3, in the north area, represents the distal sector of this alluvial system, with isolated and smaller channels, over overbank deposits as sandy deposits due to crevassing. These strata are interpreted as a fluvial distributary fluvial system, where facies association, 1, 2 and 3, represents proximal, medial and distal sectors, respectively. This system has a similar radial pattern as alluvial fans, due to the high rate of avulsion in proximal sectors. This paleoenvironmental interpretation is different from the previous models regarding the Resende Formation.

Key-Words: Paleogene; Southeast Continental Brazilian Rift; Fluvial Distributary System.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização da bacia de Taubaté no contexto do estado de São Paulo (Carvalho *et al.*, 2011). O retângulo em cor vermelha destaca a área de estudo dentro da bacia.3
- Figura 2:** Localização da área de estudo e suas principais vias de acesso. Imagem adaptada do *software Google Earth™* - acessada em 09/07/2016. Coordenadas UTM dos vértices: A (392204/7424636); B (394659/7424688); C (392608/7419540); D (396413/7419725). Fuso: 23K, DATUM: WGS84.4
- Figura 3:** Mapa Tectônico da região Sudeste do Brasil onde é possível identificar as principais bacias cenozoicas - 1) Cráton São Francisco; 2) Cinturão Brasília; 3) Terreno Cabo Frio; 4) Terreno Oriental – Domínio Costeiro; 5) Terreno Oriental – Arco Magmático Rio Negro; 6) *Klippe* Paraíba do Sul; 7) Terreno Ocidental; 8) Bacia do Paraná; 9) Corpos alcalinos do Cretáceo Tardio a Eoceno; 10) bacias do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) : A – São Paulo; B – Taubaté; C – Resende; D – Volta Redonda; G – Barra de São João; 11) Sedimentos cenozoicos indiferenciados; 12) falhas reversas, *nappes*; 13) Alinhamento Magmático de Cabo Frio; 14) limites de grábens do RCSB (Riccomini *et al.*, 2004).5
- Figura 4:** Mapa do contexto geológico regional do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) - 1) embasamento pré-cambriano; 2) rochas sedimentares paleozoicas da Bacia do Paraná; 3) rochas vulcânicas toleíticas eocretáceas da Formação Serra Geral; 4) rochas relacionadas ao magmatismo alcalino mesozoico-cenozoico; 5) bacias cenozoicas do *rift* (1- Bacia de São José de Itaboraí, 2- Gráben de Barra de São João, 3- Bacia de Macacu, 4- Bacia de Volta Redonda, 5- Bacia de Resende, 6- Bacia de Taubaté, 7- Bacia de São Paulo, 8- Gráben de Sete Barras, 9- Formação Pariquera-Açu, 10- Formação Alexandra e gráben de Guaraqueçaba, 11- Bacia de Curitiba, 12- Gráben de Cananéia); 6) zonas de cisalhamento pré-cambrianas, em parte reativadas durante o Mesozoico e o Cenozoico (Riccomini *et al.*, 2004).6
- Figura 5:** Perfil geológico, sem escala, transversal à área afetada pelo tectonismo cenozoico, ressaltando o caráter escalonado dos falhamentos e o basculamento dos blocos resultantes. Formaram-se, em consequência, áreas elevadas, já modeladas hoje pela erosão (serras do Mar e da Mantiqueira, e a serra da Carioca), e, entre estas, depressões em forma de semi-grábens (gráben do Paraíba; Baixada Fluminense), que acumularam depósitos sedimentares continentais. K indica os sedimentos cretácicos da bacia de Santos e T, os sedimentos paleogênicos, neogênicos e quaternários (Asmus & Ferrari, 1978).7
- Figura 6:** Fases de evolução tectônica do segmento central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. Legenda das falhas: 1) Falha de componente predominante normal; 2) Falha de componente transcorrente sinistral; 3) Falha de componente transcorrente dextral; 4) Falha de componente predominante reversa (Riccomini, 1989).8

Figura 7: Mapa apresentando o delineamento SRCSB e seus subdomínios: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo (Zalán & Oliveira, 2005)...9

Figura 8: Mapa simplificado representando o alinhamento magmático alcalino Poços de Caldas-Cabo Frio (traço azul) e demais ocorrências menores ou fora deste *trend*, no contexto da Faixa Ribeira e das bacias do RSCB (Negrão, 2014 Modificado de Riccomini *et al.*, 2004).9

Figura 9: Modelo de formação da bacia de Taubaté associada a uma zona móvel transcorrente sinistral de direção ENE-WSW (Zalán, 1986). 10

Figura 10: Esquema evolutivo dos principais estágios tectonossedimentares e de deformação da bacia de Taubaté, e campos de esforços correlacionáveis às orogenias andinas Incaica e Quéchuá. Em a), b) e c) desenvolvimento e conexão de rombogrâbens e de suas respectivas tectonossequências sob regime de esforços transtrativos de direção NE-SW e distensão principal de direção NW-SE, configurando à bacia um estilo tectônico *pull-apart*. d) estágio final da transtensão NE-SW, com baixas taxas de subsidência e instalação de sistema lacustre do tipo *playa lake*. e) estágio de deformação regional da bacia através de esforços predominantemente transpressivos de direção E-W, ocasionando a formação de sinformais suaves paralelos ao eixo maior da bacia. Obs.: Unidades A e B identificadas sismicamente, não sendo aflorantes ou interceptadas por sondagens (Cogné *et al.*, 2013)..... 11

Figura 11: Mapa do arcabouço estrutural da bacia de Taubaté (Vidal *et al.*,2004).. 13

Figura 12: Coluna litoestratigráfica das rochas aflorantes da bacia de Taubaté. S.L.A – Sistema de leques aluviais; S.F.E- Sistema fluvial entrelaçado; S.F.M.ps – Sistema fluvial meandrante psamítico; S.F.M.pe- Sistema fluvial meandrante pelítico; S.L. – Sistema Lacustre; modificado de Campanha (1994)..... 15

Figura 13: Mapa geológico da bacia de Taubaté: (1) embasamento; (2) Sistema de leques aluviais proximais da Formação Resende; (3) Sistema de leques aluviais medianos a distais associados à planície aluvial de rios entrelaçados da Formação Resende; (4) Formação Tremembé; (5) Formação São Paulo; (6) Formação Pindamonhangaba; (7) sedimentos quaternários; (8) falhas cenozoicas, em parte reativadas do embasamento Pré-Cambriano; (9) eixos de dobras principais (Riccomini *et al.*, 2004)..... 16

Figura 14: Carta estratigráfica do segmento central do RSCB e suas fases tectônicas (Riccomini *et al.*, 2004). 17

Figura 15: Localização dos pontos 5 (Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda) e 7 (estrada de terra adjacente a rodovia), entre os km 4 e 2 da rodovia SP-65. Imagem adaptada do *software Google Earth™* - acessada em 09/07/2016. 19

Figura 16: Localização dos pontos 1, 2, 3, 4 e 6, entre os km 7 e 4 da rodovia SP-65. Imagem adaptada do *software Google Earth™* - acessada em 09/07/2016.20

- Figura 17:** Caracterização faciológica de elementos arquiteturais fluviais. Litofácies: (Fl) lutitos laminados, (Gm) conglomerado suportado pelos clastos, maciço, (Gms) conglomerado suportado por matriz, (Gp) conglomerado com estratificação cruzada planar, (Sh) arenito com estratificação horizontal, (Sl) arenito com estratificação de baixo – ângulo, (Sp) arenitos com estratificação cruzada planar, (Sr) arenito com laminação cruzada ondulada, (St) arenito com estratificação cruzada acanalada (Miall, 1985 modificado).23
- Figura 18:** Ponto 1 - arcósios (litofácies Aa) intercalados com conglomerados (litofácies Cmm).27
- Figura 19:** Rodovia SP-65 (ponto 7) - litofácies Cch(i) em contato com lamitos (litofácies Lm). Nesta imagem é possível identificar percolação de óxidos e/ou hidróxidos de ferro.....29
- Figura 20:** Afloramento localizado em corte da rodovia SP-65 a aproximadamente 500 m ao sul do ponto 7. Contato entre as litofácies Am e Lm.31
- Figura 21:** Rodovia SP-65 (ponto 6) – fácies ALm, arenito seixoso maciço com abundante matriz lamosa.32
- Figura 22:** Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda. (ponto 5) - litofácies Ap, arcósio com grande quantidade de grânulos e quartzo e feldspato.33
- Figura 23:** Rodovia SP-65 (ponto 7) - arenito com estratificação horizontal mal definida (Ah).....34
- Figura 24:** Rodovia SP-65 (ponto 6) – lamito maciço de coloração cinza esverdeada.36
- Figura 25:** Rodovia SP-65 (ponto 6) - lamito arenoso maciço com grânulos de quartzo e feldspato.....37
- Figura 26:** Perfil estratigráfico realizado dentro da cava da Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda (Ponto 5). Coordenadas UTM: 395644/7420059, fuso: 23K, DATUM: WGS84.....39
- Figura 27:** Cava da Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda. (ponto 5), em exposição adjacente ao perfil estratigráfico apresentado na Figura 27. Seção onde é sugerida a ocorrência do elemento LA ou acreção lateral.40
- Figura 28:** Cava de areia da Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda. (ponto 5, coordenadas UTM 395817/7420129). Afloramento onde foi realizado um perfil estratigráfico, identificando a litofácies ALm, representativa de depósitos de fluxo gravitacional do tipo corrida de lama, em contato com a litofácies Lm.40
- Figura 29:** Cava de areia da Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda. (ponto 5). Seção representativa da Associação de Fácies 1, observando-se o predomínio de pacotes conglomeráticos e areníticos, com lentes lamíticas subordinadas. O perfil estratigráfico da Figura 27 foi realizado logo ao lado esquerdo, fora desta seção. ..41

- Figura 30:** Modelo arquitetural de rio errante com carga de leito de fundo cascalhosa (GB: Barra e forma de leito rudácea; DA: Acreção à jusante; LA: Acreção lateral), segundo Miall (1996).....42
- Figura 31:** Perfil estratigráfico realizado no ponto 7. Observa-se o aumento da espessura das camadas lamíticas em relação a AF1, e além ser o único perfil onde foram identificadas as litofácies ALm e LAm.43
- Figura 32:** Seção e perfil dos pontos 1 (imagem acima) e 2 (imagem abaixo). Coordenadas UTM: 393184/7421807, fuso: 23K, DATUM: WGS84.45
- Figura 33:** Seções e perfis estratigráficos dos pontos 3 (imagem acima) e 4 (imagem abaixo). Não é possível observar com detalhe nestas imagens as camadas acima do topo das seções, entretanto, estas foram representadas nos perfis. Coordenadas UTM: 393181/7421567, fuso: 23K, DATUM: WGS84.46
- Figura 34:** Modelo arquitetural de rio de baixa sinuosidade com barras alternadas, segundo Miall (1996). (LA: Acreção lateral; DA: Acreção à jusante; CS: Leque de arrombamento).....47
- Figura 35:** Seção e perfis estratigráficos do afloramento do ponto 6, onde foi definida a Associação de Fácies 3. Coordenadas UTM: 392971/ 7424161, fuso: 23K, DATUM: WGS84.....50
- Figura 36:** Modelo esquemático (sem escala) de leques fluviais distais em contexto de leque, usando como base a Associação de Fácies 3. A cor cinza indica depósitos lamíticos, enquanto a cor amarela, depósitos com preenchimento cascalhoso ou arenoso (Cain & Mountney, 2009 modificado).51
- Figura 37:** Esquema tectônico e climático para a formação de sistemas distributários fluviais (Nichols & Fischer, 2007; modificado).53
- Figura 38:** Modelo de sistema distributário fluvial. Sua forma de leque é devido ao processo de avulsão. Características arquiteturais das zonas proximal, mediana e distal são aqui propostas (Nichols & Fischer, 2007).54
- Figura 39:** Distribuição das associações de fácies, da mais proximal (AF1) a mais distal (AF3). A área de estudo nesta imagem de satélite foi expandida para melhor representatividade. Imagem adaptada do *software Google Earth™* - acessada em 26/12/2016.Fuso: 23K, DATUM: WGS84.55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Escala granulométrica de Udden-Wentworth modificada, proposta por Blair & McPherson (1999) para uma melhor diferenciação da fração grossa dos sedimentos.....	21
Quadro 2: Hierarquia de unidades deposicionais e de superfície limitantes (Miall, 1996 modificado).....	22
Quadro 3: Sumário de litofácies	24

SUMÁRIO

Agradecimentos	vi
Resumo	viii
<i>Abstract</i>	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS E METAS	2
3. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA	3
3.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	3
4. GEOLOGIA REGIONAL	5
4.1. EMBASAMENTO	5
4.2. GEOLOGIA DA BACIA DE TAUBATÉ	6
4.2.1. Evolução Tectônica e Sedimentar	6
4.2.2. Arcabouço Estrutural e Estratigrafia	12
5. MÉTODOS E TÉCNICAS	18
5.1. BASES CONCEITUAIS	18
5.2. METODOLOGIA	19
6. RESULTADOS	24
6.1. FÁCIES SEDIMENTARES	24
6.1.1. Litofácies Rudíticas	25
6.1.1.1. Ccc (conglomerado sustentado pelos clastos com estratificação cruzada planar)	26
6.1.1.2. Cmm (conglomerado maciço sustentado por matriz arenosa)	26
6.1.1.3. Ccm (conglomerado maciço sustentado pelos clastos)	27
6.1.1.4. Cch(i) (conglomerado sustentado pelos clastos com estratificação horizontal e imbricação)	28
6.1.1.5. Cca (conglomerado sustentado pelos clastos com estratificação cruzada acanalada)	29

6.1.2. Litofácies Areníticas	30
6.1.2.1. Am (Arenito maciço)	30
6.1.2.2. ALm (Arenito maciço com matriz lamosa)	31
6.1.2.3. Ap (arenito com estratificação cruzada planar)	32
6.1.2.4. Ah (arenito com estratificação horizontal)	33
6.1.2.5. Aa (arenito com estratificação acanalada)	34
6.1.3. Litofácies Pelíticas	35
6.1.3.1. Lm (lamito maciço)	35
6.1.3.2. LAm (lamito arenoso maciço)	36
6.2. ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES.....	37
6.2.1. Associação de Fácies 1	37
6.2.2. Associação de Fácies 2	42
6.2.3. Associação de Fácies 3	47
7. DISCUSSÃO	52
7.1. CONTEXTO DEPOSICIONAL DAS ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES.....	52
8. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

A bacia de Taubaté está localizada no Planalto Atlântico, entre as serras do Mar e Mantiqueira, apresentando forma alongada com cerca de 170 km de comprimento, largura média de 20 km e espessura máxima de sedimentos de 850 m (Marques, 1990; Riccomini *et al.*, 2004). Juntamente com as bacias de Resende, Volta Redonda e São Paulo, a bacia de Taubaté está inserida no segmento central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB - Riccomini, 1989), o qual foi originado devido a processos distensivos no Paleógeno, influenciados ainda pela abertura do Atlântico Sul iniciada no Jurássico Tardio (Riccomini *et al.*, 2004).

A bacia de Taubaté possui preenchimento predominantemente aluvial, caracterizado por depósitos de leques aluviais associados a planícies fluviais agrupados na Formação Resende. Ocorrem também depósitos lacustres representados pela Formação Tremembé, sendo a única bacia do RCSB com a fase lago do *rift* bem desenvolvida (Riccomini *et al.*, 2004). Estes depósitos são colmatados por depósitos fluviais meandrantos (formações São Paulo e Pindamonhangaba) e por coberturas aluviais e coluviais quaternárias.

A Formação Resende, objeto de estudo deste trabalho, tem grande importância na porção central do RCSB devido a sua grande representatividade não apenas na bacia de Taubaté, mas também por constituir o principal preenchimento sedimentar nas bacias de Resende e Volta Redonda, servindo como um importante registro da evolução tectônica e sedimentar destas bacias.

Nas últimas décadas, a bacia de Taubaté tem sido alvo de diversos estudos sobre sua evolução e seu contexto deposicional, baseados em dados litoestratigráficos, sedimentológicos, modelos tectônicos, dados de poços entre outros (Riccomini *et al.*, 2004; Cogné *et al.*, 2013; Vidal *et al.*, 2004; entre outros). O trabalho aqui propõe continuar os estudos e os avanços na caracterização geológica desta área.

Portanto, neste trabalho, o foco se deu na interpretação do contexto deposicional da Formação Resende, em depósitos localizados na região de Jacareí (SP), sob o ponto de vista da análise arquitetural, integrada com as descrições litofaciológicas.

2. OBJETIVOS E METAS

Este trabalho teve como objetivo principal a interpretação paleodeposicional dos depósitos da Formação Resende aflorantes ao longo da Rodovia Dom Pedro I, no município de Jacareí/SP.

Dentro deste estudo, buscou-se atingir as seguintes metas:

- caracterizar os aspectos faciológicos dos depósitos aluviais e suas associações de fácies;
- identificar os principais elementos arquiteturais;
- determinar a distribuição geográfica das associações de fácies.

3. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA

3.1. Localização e Acesso

A bacia de Taubaté está localizada na porção leste do Estado de São Paulo entre os municípios de Queluz e Itaquaquecetuba, sendo limitada a noroeste pela Serra da Mantiqueira e a sudeste pela Serra do Mar (Figura 1). Constitui uma depressão tectônica alongada de 170 km de comprimento e 20 km de largura, com orientação SW-NE, totalizando uma área de aproximadamente 3.200 km² e espessura sedimentar máxima de 850 m (Marques, 1990; Riccomini *et al.*, 2004).

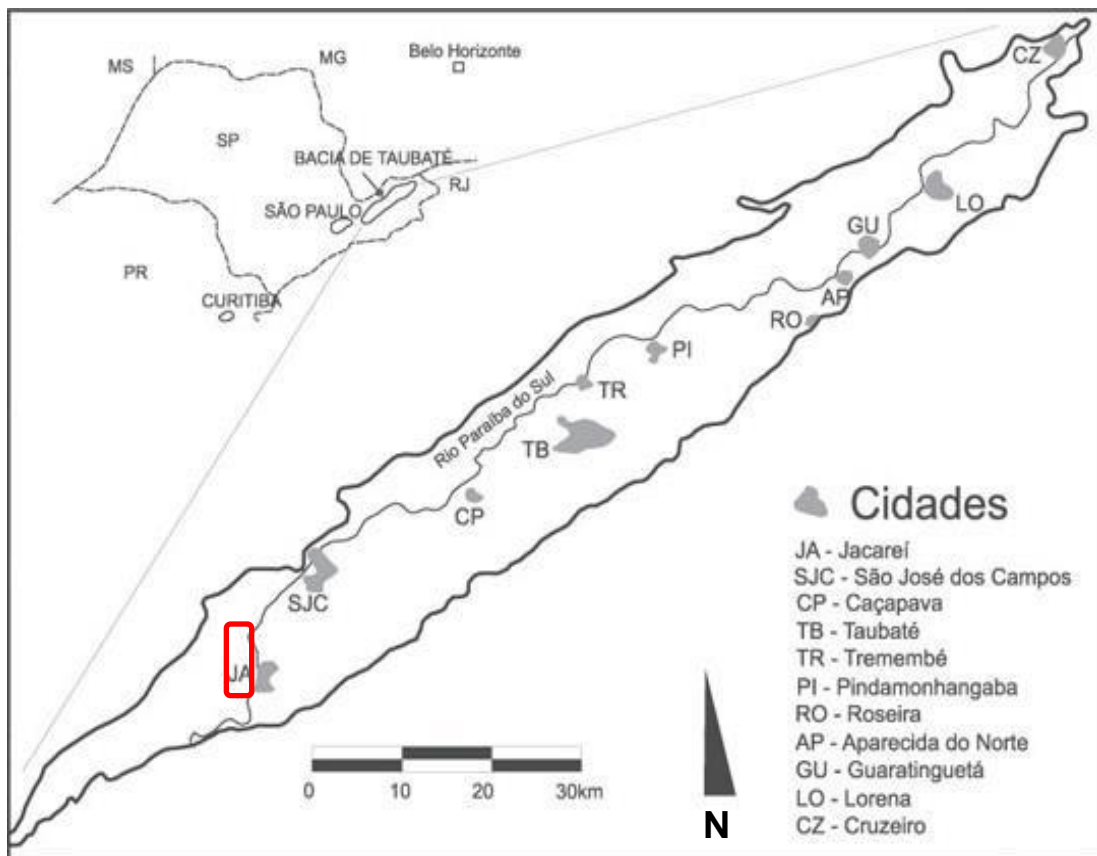


Figura 1: Localização da bacia de Taubaté no contexto do estado de São Paulo (Carvalho *et al.*, 2011). O retângulo em cor vermelha destaca a área de estudo dentro da bacia.

A bacia é facilmente acessada pela rodovia Presidente Dutra (BR-116), que corta toda a sua extensão ao longo de seu eixo principal. A cidade mais próxima da área de estudo é Jacareí, que fica a aproximadamente 360 km de distância do Rio de Janeiro. O trabalho foi concentrado em cortes de estrada e adjacências da rodovia Dom Pedro I (SP-65), entre os km 7 e 2 (Figura 2).

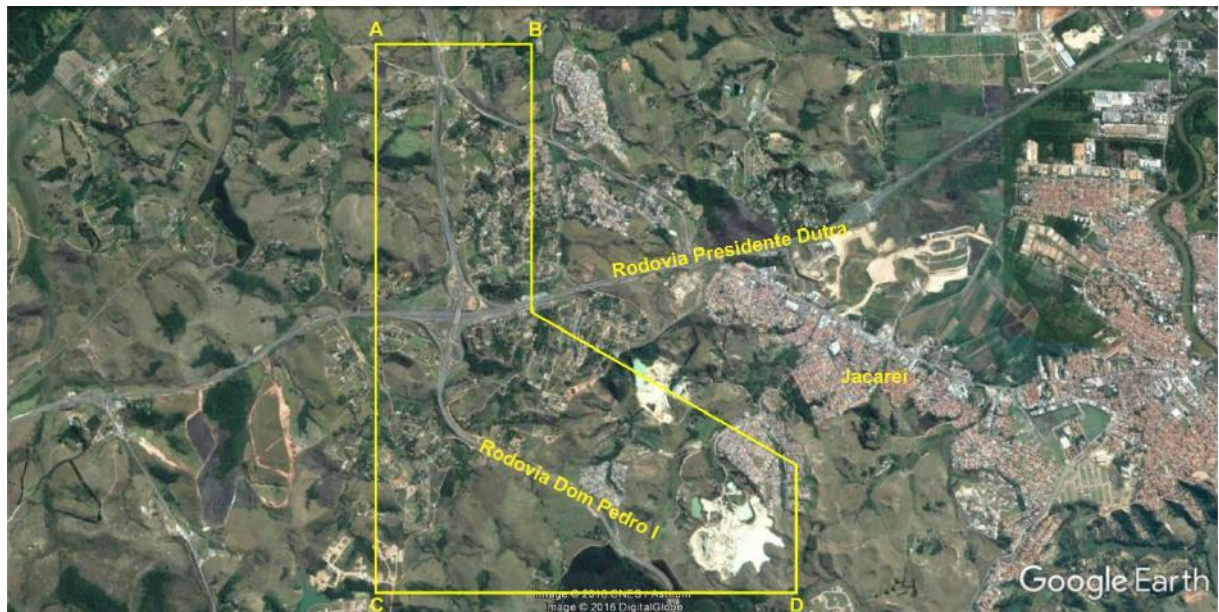


Figura 2: Localização da área de estudo e suas principais vias de acesso. Imagem adaptada do software *Google Earth*TM - acessada em 09/07/2016. Coordenadas UTM dos vértices: A (392204/7424636); B (394659/7424688); C (392608/7419540); D (396413/7419725). Fuso: 23K, DATUM: WGS84.

4. GEOLOGIA REGIONAL

4.1. Embasamento

A bacia de Taubaté está inserida na unidade geotectônica denominada de Cinturão de Dobramentos Ribeira ou Faixa Ribeira (Figura 3), composta por rochas ígneas e metamórficas paleoproterozoicas a neoproterozoicas que foram remobilizadas durante a Orogenia Brasileira (Hasui *et al.*, 1975). A Faixa Ribeira se estende pela costa por aproximadamente 1.500 km de extensão, desde o Paraná até o sul da Bahia, atravessando os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo. A Faixa Ribeira é caracterizada por falhas transcorrentes e zonas de cisalhamento de orientação NNE-SSW e NE-SW, que são responsáveis pela estruturação da bacia em sua posterior reativação durante o Cenozoico (Hasui, 2010).



Figura 3: Mapa Tectônico da região Sudeste do Brasil onde é possível identificar as principais bacias cenozoicas - 1) Cráton São Francisco; 2) Cinturão Brasília; 3) Terreno Cabo Frio; 4) Terreno Oriental – Domínio Costeiro; 5) Terreno Oriental – Arco Magmático Rio Negro; 6) *Klippe* Paraíba do Sul; 7) Terreno Ocidental; 8) Bacia do Paraná; 9) Corpos alcalinos do Cretáceo Tardio a Eoceno; 10) bacias do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) : A – São Paulo; B – Taubaté; C – Resende; D – Volta Redonda; G – Barra de São João; 11) Sedimentos cenozoicos indiferenciados; 12) falhas reversas, *nappes*; 13) Alinhamento Magmático de Cabo Frio; 14) limites de grábens do RCSB (Riccomini *et al.*, 2004).

O substrato proterozoico da bacia corresponde às rochas do Grupo Açungui, dividido em: Complexo Embu e Complexo Pilar, sendo o primeiro com o maior predomínio. São rochas migmatíticas com diversas texturas, corpos metabásicos e intercalados com rochas metassedimentares do Complexo Pilar (Fernandes, 1993).

4.2. Geologia da bacia de Taubaté

4.2.1. Evolução Tectônica e Sedimentar

A bacia de Taubaté está inserida na porção central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB – Riccomini, 1989), interpretado como uma estrutura tectônica alongada e estreita com aproximadamente 900 km de extensão, localizada nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, entre São João da Barra/RJ e Curitiba/PR. Esta grande feição estrutural compreende as bacias de Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende, Volta Redonda, Macacu e Itaboraí (Riccomini, 1989; Riccomini *et al.*, 2004; Figura 4), dispostas grosseiramente com o mesmo *trend* estrutural da Faixa Ribeira, sendo dividida em três segmentos: Ocidental que compreende a bacia de Curitiba, as formações Alexandra e Pariquera-Açu e os grábens de Guaraqueçaba, Cananéia e Sete Barras. O segmento central, além da bacia de Taubaté, inclui as bacias de São Paulo, Resende e Volta Redonda. Por último, o segmento oriental, é representado pelas bacias de São José de Itaboraí e Macacu, além do gráben de Barra de São João.



Figura 4: Mapa do contexto geológico regional do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) - 1) embasamento pré-cambriano; 2) rochas sedimentares paleozoicas da Bacia do Paraná; 3) rochas vulcânicas toleíticas eocretáceas da Formação Serra Geral; 4) rochas relacionadas ao magmatismo alcalino mesozoico-cenozoico; 5) bacias cenozoicas do *rift* (1- Bacia de Itaboraí, 2- Gráben de Barra de São João, 3- Bacia de Macacu, 4- Bacia de Volta Redonda, 5- Bacia de Resende, 6- Bacia de Taubaté, 7- Bacia de São Paulo, 8- Gráben de Sete Barras, 9- Formação Pariquera-Açu, 10- Formação Alexandra e gráben de Guaraqueçaba, 11- Bacia de Curitiba, 12- Gráben de Cananéia); 6) zonas de cisalhamento pré-cambrianas, em parte reativadas durante o Mesozoico e o Cenozoico (Riccomini *et al.*, 2004).

Diversos modelos tectônicos foram propostos para descrever a evolução do RCSB, sendo aqui abordados alguns dos mais importantes. Almeida (1976) propôs que esta feição geotectônica teria se formado devido ao soerguimento da crosta continental adjacente à bacia de Santos pela ação de uma pluma mantélica. O contínuo preenchimento desta bacia levou, durante o Paleógeno, à reativação de antigas falhas proterozoicas e a geração de grábens e hemi-grábens, sendo esta feição denominada por este autor de “Sistema de *Rifts* da Serra do Mar”.

Asmus & Ferrari (1978) propuseram um modelo baseado em um acentuado desequilíbrio isostático entre a área continental e a bacia de Santos, reativando no Paleoceno antigas zonas de cisalhamento e produzindo blocos crustais basculados com vergência para NW, sendo que nas depressões entre esses blocos implantaram-se bacias sedimentares (Figura 5).

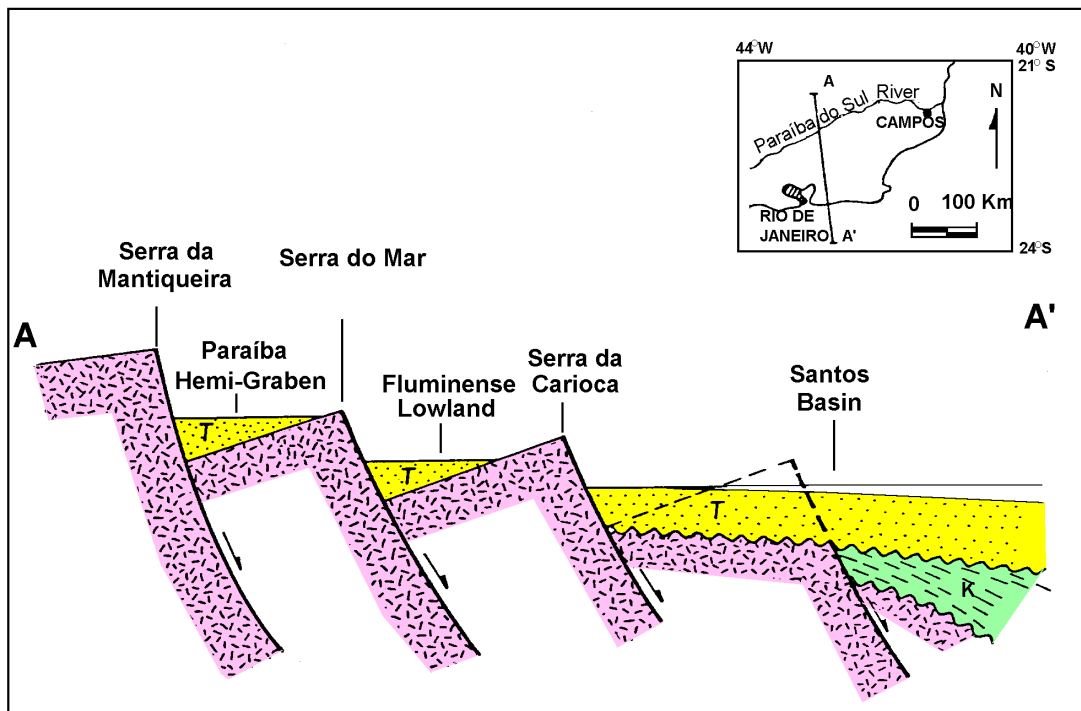


Figura 5: Perfil geológico, sem escala, transversal à área afetada pelo tectonismo cenozoico, ressaltando o caráter escalonado dos falhamentos e o basculamento dos blocos resultantes. Formaram-se, em consequência, áreas elevadas, já modeladas hoje pela erosão (serras do Mar e da Mantiqueira, e a serra da Carioca), e, entre estas, depressões em forma de semi-grábens (gráben do Paraíba; Baixada Fluminense), que acumularam depósitos sedimentares continentais. K indica os sedimentos cretácicos da bacia de Santos e T, os sedimentos paleogênicos, neogênicos e quaternários (Asmus & Ferrari, 1978).

Riccomini (1989) propôs o termo *Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB)* para a depressão tectônica situada entre Curitiba/PR e Barra de São João/RJ, que teria se formado no Paleógeno através de esforços distensivos de direção NW-SE, gerando falhas normais de direção NE-SW, posteriormente reativadas no Neógeno e no Quaternário (Figura 6).

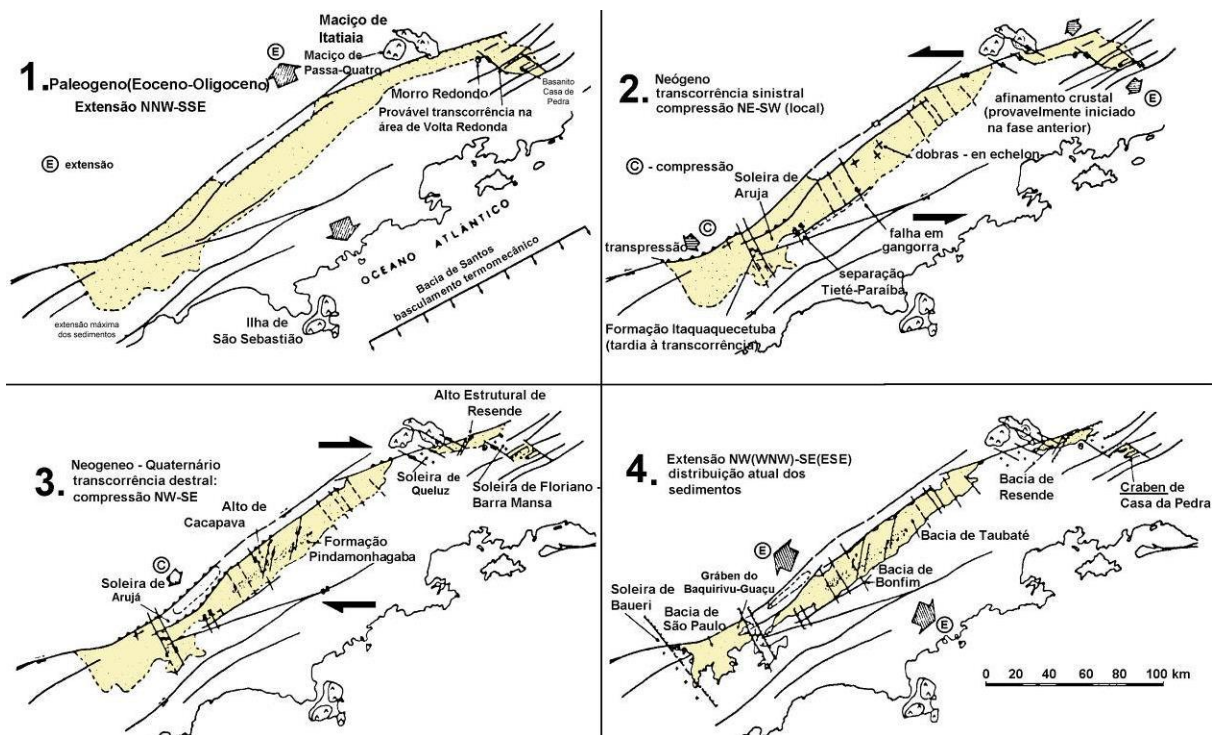


Figura 6: Fases de evolução tectônica do segmento central do *Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Legenda das falhas: 1) Falha de componente predominante normal; 2) Falha de componente transcorrente sinistral; 3) Falha de componente transcorrente dextral; 4) Falha de componente predominante reversa (Riccomini, 1989).

Riccomini *et al.* (2004) retomaram a discussão sobre o RCSB, focado agora no segmento central, mantendo a ideia de rifteamento, onde as bacias de Taubaté, São Paulo, Resende e Volta Redonda teriam se formado como uma única depressão que, devido às reativações tectônicas posteriores, foram segmentadas em bacias distintas.

Mais recentemente, Zalán & Oliveira (2005) revisaram os trabalhos anteriores e utilizando dados tanto terrestres quanto marítimos, redefiniram esta feição geotectônica como Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (SRCSB – Figura 7). A história evolutiva do SRCSB teve início com o soergimento da crosta continental no Cretáceo Tardio devido à passagem da Placa Sul-Americana sobre o *hot-spot* de Trindade, gerando intenso magmatismo local, representado pelos

principalmente pelos maciços alcalinos do alinhamento Poços de Caldas-Cabo Frio (Figura 8). Formou-se, então, o que foi denominado como “Serra do Mar Cretácea”, uma imensa área continental elevada que ocupava uma grande extensão do atual Sudeste do Brasil. Adjacente a ela, as bacias de Santos e Campos continuavam a subsidir, gerando uma situação isostaticamente instável levando, ao deslizamento gravitacional e à formação de diversos vales.

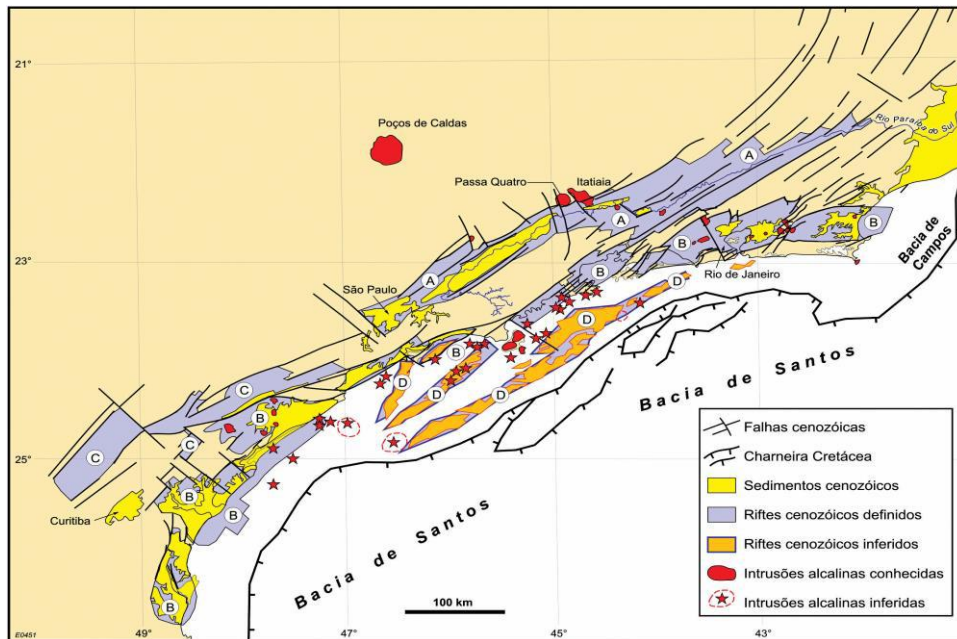


Figura 7: Mapa apresentando o delineamento SRCSB e seus subdomínios: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo (Zalán & Oliveira, 2005).

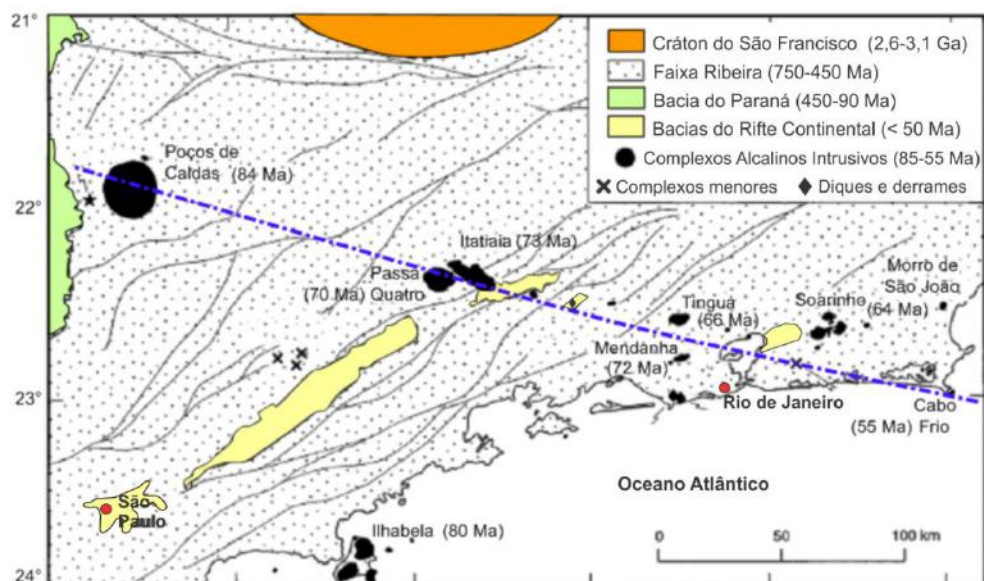


Figura 8: Mapa simplificado representando o alinhamento magmático alcalino Poços de Caldas-Cabo Frio (traço azul) e demais ocorrências menores ou fora deste trend, no contexto da Faixa Ribeira e das bacias do RCSB (Negrão, 2014 Modificado de Riccomini *et al.*, 2004).

Alguns trabalhos contestam a hipótese de rifteamento e propõem modelos transcorrentes como o principal gerador destas bacias. Zalán (1986) usando a própria bacia de Taubaté como exemplo, devido ao seu formato romboidal e fraturas *en echelon*, trouxe a hipótese de um cisalhamento sinistral divergente, resultado da reativação de antigas falhas transcorrentes (Figura 9). O trabalho de Cogné *et al.* (2013), estudando a bacia de Taubaté, também segue a ideia de uma transcorrência sinistral, classificando-a como uma bacia de *pull-apart* (Figura 10).

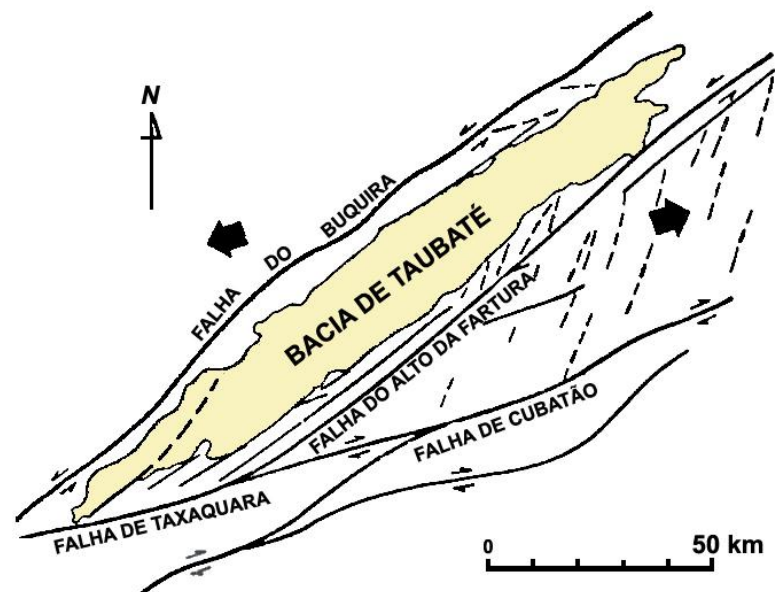


Figura 9: Modelo de formação da bacia de Taubaté associada a uma zona móvel transcorrente sinistral de direção ENE-WSW (Zalán, 1986).

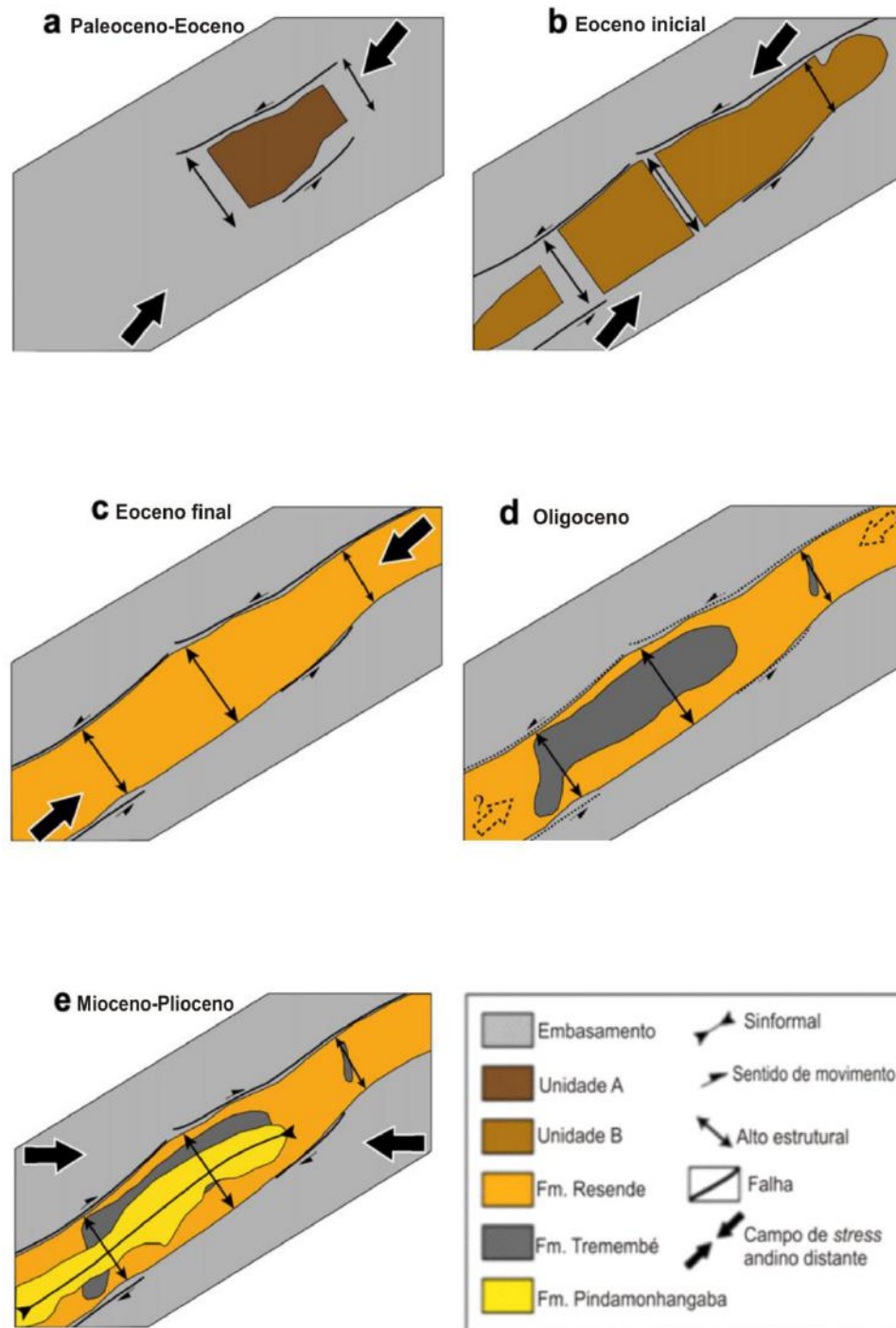


Figura 10: Esquema evolutivo dos principais estágios tectonossedimentares e de deformação da bacia de Taubaté, e campos de esforços correlacionáveis às orogenias andinas Incaica e Quéchua. Em a), b) e c) desenvolvimento e conexão de rombogrâbens e de suas respectivas tectonossequências sob regime de esforços transtrativos de direção NE-SW e distensão principal de direção NW-SE, configurando à bacia um estilo tectônico *pull-apart*. d) estágio final da transtensão NE-SW, com baixas taxas de subsidência e instalação de sistema lacustre do tipo *playa lake*. e) estágio de deformação regional da bacia através de esforços predominantemente transpressivos de direção E-W, ocasionando a formação de sinformais suaves paralelos ao eixo maior da bacia. Obs.: Unidades A e B identificadas sismicamente, não sendo aflorantes ou interceptadas por sondagens (Cogné *et al.*, 2013).

Mesmo com o grande debate em torno de sua formação, principalmente em relação ao seu mecanismo, a maior parte do acervo sobre a gênese destas bacias defende um tectonismo gerador puramente distensivo, modelo que será acompanhado neste trabalho.

Portanto, aqui serão utilizados como base os trabalhos de Riccomini (1989), Riccomini *et al.* (2004) e Zalán & Oliveira (2005), sendo que os dois primeiros propõem uma evolução tectono - sedimentar detalhada para o segmento central do RCSB, descrita abaixo:

1) **Distensão NNW-SSE**: A região teria sido submetida a um regime distensivo entre o Eoceno-Oligoceno, devido ao basculamento termomecânico na bacia de Santos, reativando zonas de cisalhamento proterozoicas como falhas normais, gerando uma grande depressão tectônica (Figura 6-1), esta foi a principal fase para o preenchimento sedimentar da bacia, sendo representada pelo Grupo Taubaté.

2) **Transcorrência sinistral E-W**: Primeiro evento do tectonismo deformador do RCSB, ocorrido no Mioceno, gerou distensão na direção NW-SE e compressão NE-SW (Figura 6-2). Este evento foi o responsável pela individualização das bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda.

3) **Transcorrência dextral E-W**: Ocorrido no Neógeno-Quaternário, reativou as falhas de borda em caráter transcorrente, inverso e/ou empurrão, responsável pelos altos estruturais que segmentam a bacia de Taubaté. É nesta fase que se depositaram os depósitos fluviais da Formação Pindamonhangaba (Figura 6-3).

4) **Distensão WNW-ESE**: De idade quaternária, seria o responsável pela distribuição atual dos sedimentos nas bacias (Figura 6-4).

Por último, Salvador & Riccomini (1995) reconheceram uma quinta fase tectônica, esta de caráter compressivo, direção E-W e idade holocênica.

4.2.2. Arcabouço Estrutural e Estratigrafia

No contexto do RCSB, a bacia de Taubaté se apresenta como a mais desenvolvida sob o ponto de vista tectono - sedimentar, além de possuir o maior registro da sedimentação cenozoica no Sudeste brasileiro, sendo palco para diversos trabalhos relacionados ao arcabouço estrutural e estratigrafia da bacia.

Marques (1990), utilizando o método sísmico, e Fernandes & Chang (2003), utilizando dados gravimétricos, delinearam boa parte do arcabouço da bacia, identificando dois altos estruturais (zonas de transferência), denominados alto de Caçapava e alto de Pindamonhangaba, que segmentam a bacia em três compartimentos: compartimento de São José dos Campos mais ao sul, compartimento Taubaté na parte central da bacia e, por último, o compartimento Aparecida ao norte (Figura 11). Estes compartimentos em forma de hemi-grabéns apresentam basculamento dos seus depocentros invertidos, ora SE ora para NW.

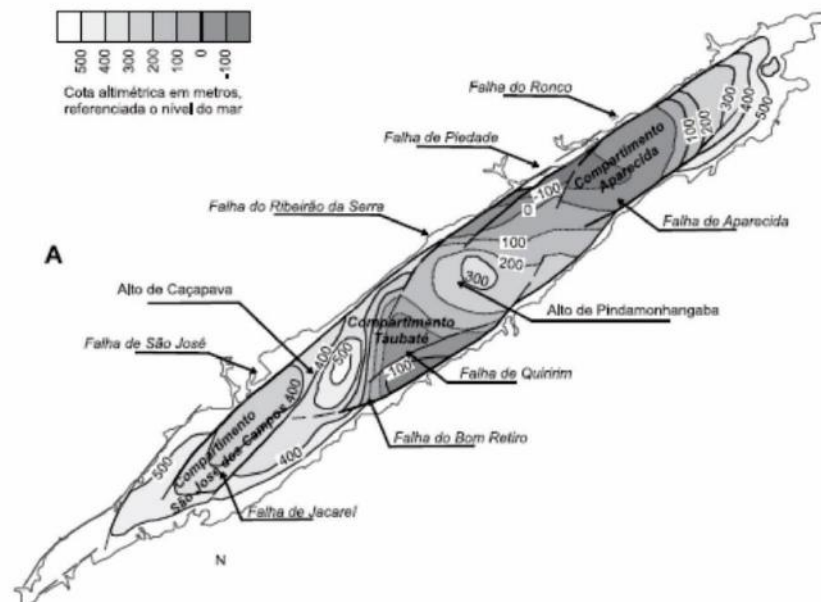


Figura 11: Mapa do arcabouço estrutural da bacia de Taubaté (Vidal *et al.*, 2004).

A bacia de Taubaté em conjunto com as outras bacias do RCSB, é preenchida basicamente por sedimentos aluviais e lacustres, e passou por diversas revisões em sua estratigrafia. Em trabalhos antigos, a bacia de Taubaté era dividida em duas principais unidades litoestratigráficas: a Formação Tremembé (Almeida, 1958 *apud* Vidal *et al.*, 2004), representada por pelitos lacustres, e a Formação Caçapava (Carneiro *et al.*, 1976), associada aos depósitos fluviais. Vespucci (1984) caracterizou a Formação Jacareí, se referindo aos depósitos de leques aluviais da bacia, mas a nomenclatura não foi adotada pela comunidade geológica.

Riccomini (1989), através de detalhado mapeamento geológico-estrutural e caracterização estratigráfica, configurou a base do atual conhecimento sobre a

estratigrafia da bacia. Este subdividiu o preenchimento sedimentar em duas fases: uma primeira, sintectônica, com a deposição dos sedimentos do Grupo Taubaté (formações Resende, Tremembé e São Paulo); e a segunda, representada pela deposição da Formação Pindamonhangaba e de depósitos aluviais e coluviais. Para a Formação Resende, foi atribuído um sistema de leques aluviais associados à planície aluvial de canais entrelaçados. Já a Formação São Paulo foi interpretada como tendo sua gênese associada a um sistema fluvial meandrante. A Formação Pindamonhangaba também foi interpretada como um sistema fluvial meandrante mais bem desenvolvido na porção central da bacia.

Marques (1990), focado em estudo sobre o potencial exploratório, identificou duas unidades sísmicas, não aflorantes e não penetradas por poços, identificadas como unidade sísmica A e unidade sísmica B, posicionadas estratigraficamente abaixo do Grupo Taubaté (vide Figura 10). Analisando a assinatura sísmica, o autor sugeriu que a unidade sísmica A representaria depósitos clásticos grossos enquanto a unidade sísmica B, representaria pelitos rítmicos com gradação para topo arenoso, estes discordantemente sobre a unidade sísmica B. Estes sedimentos teriam uma idade cretácea média a tardio.

Campanha (1994) propôs uma nova carta estratigráfica (Figura 12) para a bacia sob o ponto de vista da Estratigrafia de Sequências. A autora redefiniu o Grupo Taubaté (Eoceno tardio a Mioceno), composto pelas formações Resende, Itaquaquetuba, Guararema, São Paulo, Tremembé e Pindamonhangaba, e recoberto por depósitos aluviais representados pela fácies Santo Silvestre (Neógeno tardio a Quaternário). Neste trabalho, as formações Resende e São Paulo foram redefinidas em comparação ao trabalho de Riccomini (1989). A Formação Resende é desmembrada, sendo que apenas as fácies conglomeráticas e diamictíticas proximais associadas a um sistema de leques aluviais foram mantidas nesta unidade. Os depósitos distais, associados a um sistema fluvial entrelaçado, foram incluídos na Formação Itaquaquetuba. A Formação São Paulo foi desmembrada em duas associações faciológicas distintas: uma na porção mais ocidental da bacia representando um sistema fluvial meandrante psamítico redefinida como Formação Guararema, e outra a nordeste da bacia, interpretada como um sistema fluvial meandrante pelítico, cuja designação original foi mantida. Campanha (1994) manteve para as formações Tremembé e Pindamonhangaba as interpretações

litoestratigráficas propostas por Riccomini (1989). Entretanto, esta revisão estratigráfica não foi bem-sucedida.

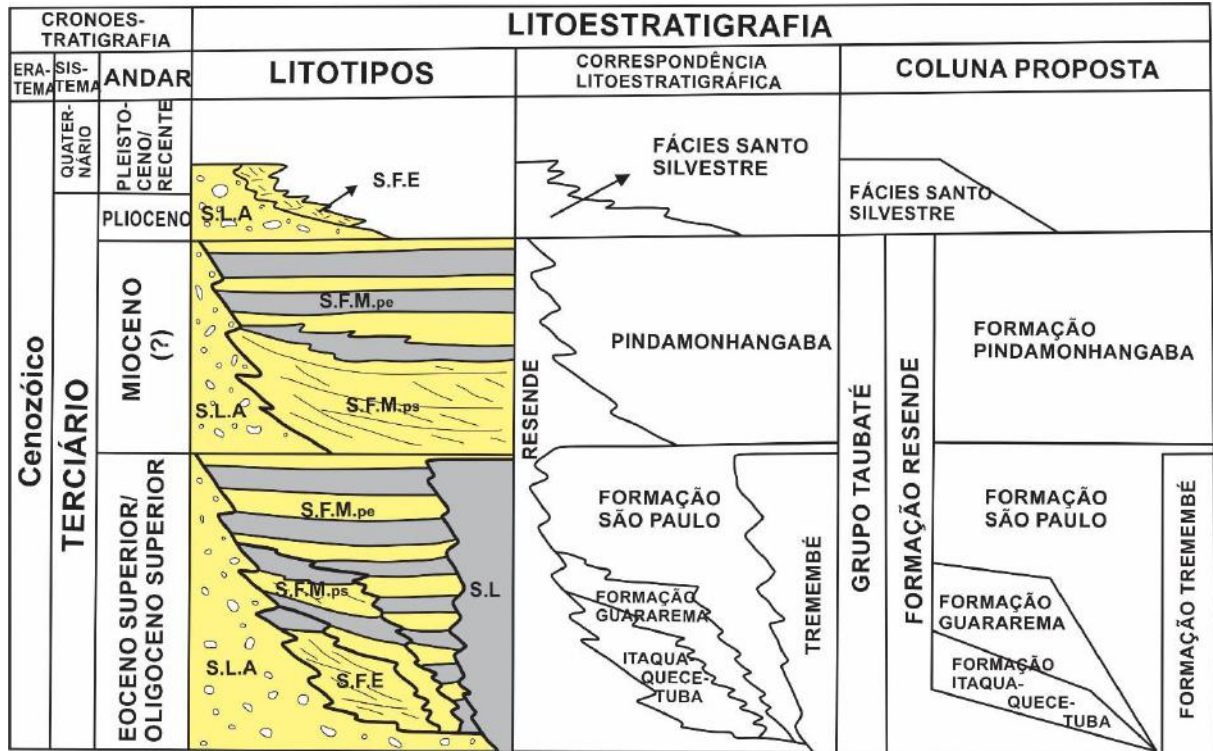


Figura 12: Coluna litoestratigráfica das rochas aflorantes da bacia de Taubaté. S.L.A – Sistema de leques aluviais; S.F.E- Sistema fluvial entrelaçado; S.F.M.ps –Sistema fluvial meandrante psamítico; S.F.M.pe- Sistema fluvial meandrante pelítico; S.L. – Sistema Lacustre; modificado de Campanha (1994).

Por fim, Riccomini *et al.* (2004) usando como base Riccomini (1989), apresentaram um mapa geológico (Figura 13) e um diagrama estratigráfico mais atualizada para a bacia.

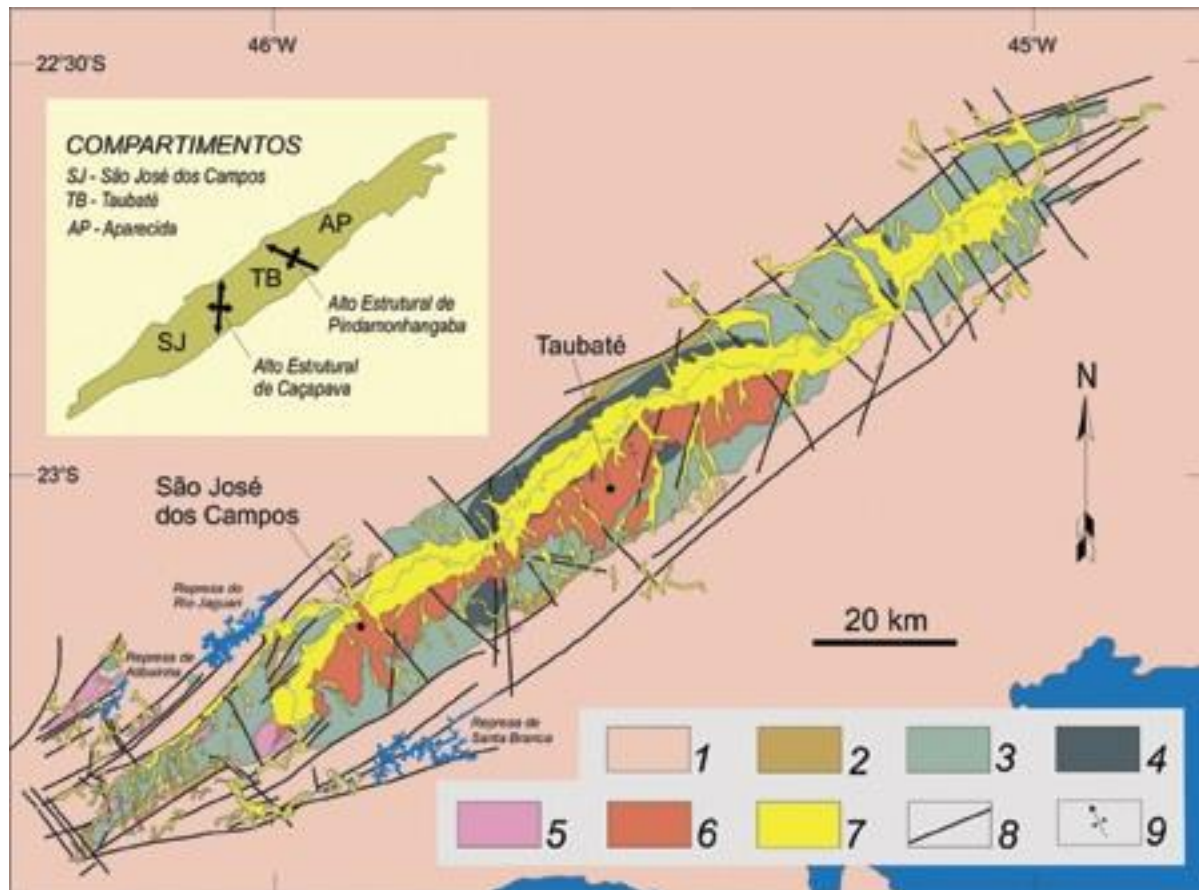


Figura 13: Mapa geológico da bacia de Taubaté: (1) embasamento; (2) Sistema de leques aluviais proximais da Formação Resende; (3) Sistema de leques aluviais medianos a distais associados à planície aluvial de rios entrelaçados da Formação Resende; (4) Formação Tremembé; (5) Formação São Paulo; (6) Formação Pindamonhangaba; (7) sedimentos quaternários; (8) falhas cenozoicas, em parte reativadas do embasamento Pré-Cambriano; (9) eixos de dobras principais (Riccomini *et al.*, 2004).

A proposta litoestratigráficas utilizada neste trabalho é a de Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004), descrita abaixo (Figura 14):

Formação Resende: corresponde à porção basal do Grupo Taubaté. Predominam intercalações de arcósios estratificados e conglomerados finos, além de depósitos de lamitos, lamitos arenosos e fácies fanglomeráticas, associados a leques aluviais interdigitados com rios entrelaçados.

Formação Tremembé: representa a fase lago na evolução do *rift*, e é a unidade mais significativa na porção central da bacia. Esta formação foi depositada em um ambiente lacustre do tipo *playa-lake*. É composta por argilitos verdes maciços, dolomitos tabulares, folhelhos e margas, além de arenitos finos a grossos alguns apresentando estratificação cruzada sigmoidal. Também tem grande

importância devido ao seu rico e diversificado conteúdo fóssilífero de idade oligocênica.

Formação São Paulo: ocorre restritamente na porção sudoeste da bacia sendo a unidade de topo do Grupo Taubaté. Corresponde a um sistema fluvial meandrante, composta por conglomerado, arenitos grossos com estratificação cruzada, além de siltitos e argilitos laminados.

Formação Pindamonhangaba: se sobrepõe discordantemente ao Grupo Taubaté. Corresponde a um sistema fluvial meandrante desenvolvido nas porções central e sudoeste da bacia. É subdividida em duas sub-unidades (Mancini, 1995): Membro Rio Pararangaba, constituído por conglomerados, arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, representativos das fácies de canal, e localmente argilitos depositados em canais abandonados; e Membro Presidente Dutra, constituído por argilitos maciços a laminados, ritmitos e arenitos finos relacionados a planícies de inundação.

No topo da coluna estratigráfica ocorrem depósitos coluvionares e aluviais quaternários. A Formação Itaquaquecetuba que está presente no diagrama estratigráfico não foi descrita neste trabalho por ser restrita apenas à bacia de São Paulo.

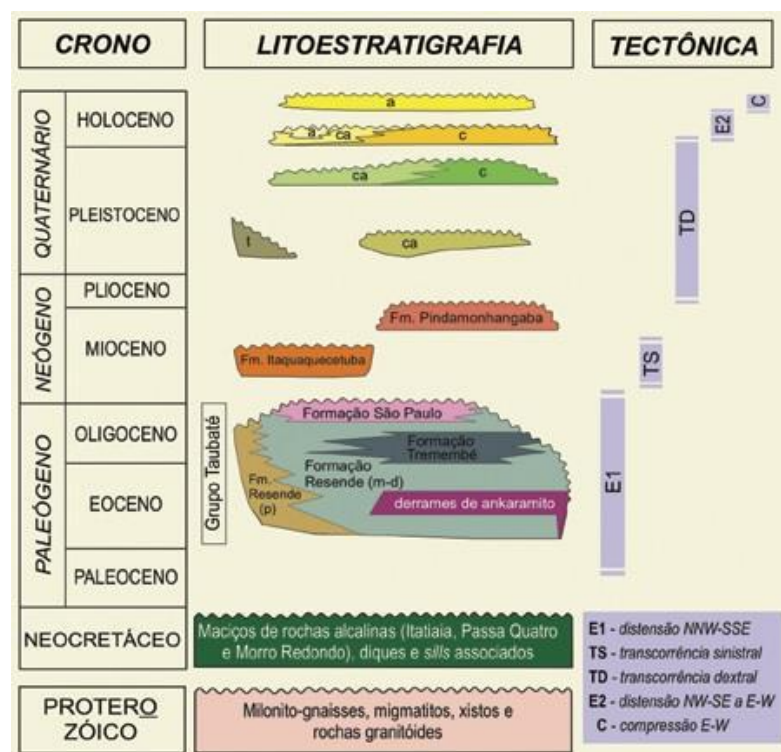


Figura 14: Diagrama estratigráfico do segmento central do RSCB e suas fases tectônicas (Riccomini *et al.*, 2004).

5. MÉTODOS E TÉCNICAS

O trabalho apresentado provém de atividades de campo, envolvendo basicamente a elaboração de painéis arquiteturais de afloramentos com excelente exposição e o estudo de sucessões verticais de fácies sedimentares com o uso de perfis estratigráficos de detalhe. A seguir, serão resumidas as principais atividades realizadas e os seus métodos.

5.1. Bases Conceituais

Este trabalho se baseia no conceito de fácies sedimentares, mais especificamente, litofácies, onde a litologia é a principal característica na distinção de fácies.

A caracterização das fácies sedimentares está embasada no conceito de Selley (1970 *apud* Walker, 1992), que define o termo fácies sedimentar como “*uma massa de sedimento ou de rocha sedimentar caracterizada e distinguida das demais por seus atributos litológicos, geometria estratal, estruturas sedimentares, composição mineralógica, cores, conteúdo fóssilífero e pelos seus atributos direcionais*”. A partir de sua interpretação, é possível obter o processo deposicional que a gerou, do ponto de vista sedimentológico.

Borghi (2000) define associação de fácies como “uma relação tridimensional de fácies, ou seja, uma relação espacial elaborada ou expressa, por exemplo, por correlação de perfis ou por seções sedimentográficas”. Os perfis estratigráficos, de acordo com o autor, são importantes para caracterizar uma sucessão de fácies, que é a relação unidimensional entre fácies, contribuindo com informações importantes que a fácies sedimentar isolada não é capaz de fornecer.

Portanto, uma precisa definição de fácies e associação de fácies, permite a construção de um modelo de fácies que estará ligado diretamente a um modelo deposicional específico.

5.2. Metodologia

Foram realizados cinco dias de trabalho de campo ao longo da Rodovia Dom Pedro I (SP-65), sendo que apenas um ponto situava-se fora da rodovia, localizado na lavra de extração de areia da empresa Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda.

Primeiramente, buscaram-se as melhores exposições em cortes de estrada ao longo da via, percorrendo a área de carro ou a pé, além da utilização de imagens de satélite do *software Google Earth™*.

Após a definição dos pontos (figuras 15 e 16), foi dada atenção especial à descrição detalhada das exposições ao longo da rodovia, através do reconhecimento de litofácies. Para isso, foram elaborados perfis sedimentográficos verticais nas escalas 1:20 e 1:40, representativos das sucessões sedimentares em cada localidade estudada, expressando uma relação vertical e unidimensional entre as fácies sedimentares identificadas.



Figura 15: Localização dos pontos 5 (Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda) e 7 (estrada de terra adjacente a rodovia), entre os km 4 e 2 da rodovia SP-65. Imagem adaptada do *software Google Earth™* - acessada em 09/07/2016.



Figura 16: Localização dos pontos 1, 2, 3, 4 e 6, entre os km 7 e 4 da rodovia SP-65. Imagem adaptada do software Google Earth™ - acessada em 09/07/2016.

A cada litofácies caracterizada foi atribuída um código para representação. Neste trabalho, para atribuição de códigos às fácies, seguiu-se a proposta de Miall (1985). De acordo com o autor, a primeira letra, em maiúsculo, representa a litologia dominante, a segunda e a terceira, esta última se necessário, aparecem em minúsculo e representam as estruturas sedimentares, aspectos texturais ou outra

característica diagnóstica (Exemplo: Cca – conglomerado, sustentado pelos clastos, com estratificação cruzada acanalada). Os prefixos dos códigos das litofácies G (*gravel*), S (*sandstone*) e F (*finer*) foram substituídos por C (conglomerado), A (arenito) e L (lamito), respectivamente. Para a classificação granulométrica das rochas sedimentares foi utilizada a escala de Wentworth (1922), sendo que a fração rudito foi descrita baseada em Blair & McPherson (1999) (Quadro 1).

Quadro 1: Escala granulométrica de Udden-Wentworth modificada, proposta por Blair & McPherson (1999) para uma melhor diferenciação da fração grossa dos sedimentos.

PARTICLE LENGTH (d _i)				GRADE	CLASS	FRACTION	
km	m	mm	φ			Unlithified	Lithified
1075				very coarse	Megalith	Megagravel	Mega-conglomerate
538				coarse			
269				medium			
134				fine			
67.2				very fine			
33.6				very coarse	Monolith		
16.8				coarse			
8.4				medium			
4.2				fine			
2.1				very fine	Slab		
1.0	1048.6			very coarse			
0.5	524.3			coarse			
0.26	262.1			medium	Block		
	131.1			fine			
	65.5			very coarse			
	32.8			coarse	Boulder		
	16.4			medium			
	8.2			fine			
	4.1	4096		very coarse			
	2.0	2048		coarse	Cobble		
	1.0	1024		medium			
	0.5	512		fine			
	0.25	256		coarse	Pebble		
		128		fine			
		64		very coarse			
		32		coarse	Granule		
		16		medium			
		8		fine			
		4			Sand		
		2		very coarse			
		1		coarse			
		0.50		medium			
		0.25		fine			
		0.125		very fine			
		0.063		coarse		Silt	
		0.031		medium			
		0.015		fine			
		0.008		very fine		Clay	
		0.004					
		0.002					
		0.001					
		0.0005					
		0.0002					
		0.0001					
				?			

Entretanto, a maioria dos depósitos aluviais, inclusive os aqui estudados, possuem grande variação lateral e, sendo assim, perfis estratigráficos isolados podem não fornecer toda a informação necessária para uma reconstituição paleodeposicional precisa. Portanto, neste trabalho foram realizadas análises estratigráficas e litofaciológicas dentro da perspectiva do reconhecimento da

arquitetura deposicional (Allen 1983; Miall, 1985). A melhor forma de reconhecer estes elementos é através de afloramentos com boa exposição lateral, com informações de natureza bi e tri-dimensionais. A técnica utilizada para o detalhamento das seções estratigráficas foi a cobertura fotográfica (fotomosaicos) em escala aproximada de 1:100 dos afloramentos com o tratamento das imagens nos softwares *CorelDRAW Technical Suite X7* e *PhotoStitch 3.1* e posterior decalque, com papel vegetal ou filme de poliéster. Com isso, buscou-se identificar a natureza dos contatos, geometria externa, espessura e extensão lateral e geometria interna.

A caracterização da hierarquia das superfícies limitantes (contatos) e os elementos arquitetônicos seguiram a classificação de Miall (1985; 1996) conforme o Quadro 2 e a Figura 17, respectivamente.

Quadro 2: Hierarquia de unidades deposicionais e de superfície limitantes (Miall, 1996 modificado).

Escala de tempo do processo (anos)	Exemplo de processos	Unidades deposicionais fluviais	Hierarquia e característica das superfícies limitantes
10^{-6}		lâmina	Ordem 0 - superfície de laminação
$10^{-5} - 10^{-4}$	migração de formas de leito	marca de onda (microforma)	1º ordem - superfície limitante de sets
10^{-3}	migração de formas de leito	crescimento diurno de duna, superfície de reativação	1º ordem - superfície limitante de sets
$10^{-2} - 10^{-1}$	migração de formas de leito	duna (mesoforma)	2º ordem - superfície limitante de cosets
$10^0 - 10^1$	eventos sazonais, enchente decenal	crescimento de macroforma	3º ordem - mergulhos de 5 - 20° na direção da acreção
$10^2 - 10^3$	enchente secular, migração de canal ou barra	macroforma, ex : barra de pontal, paleossolo imaturo	4º ordem - topo de macroforma, elementos de planície fluvial, etc
$10^3 - 10^4$	processos geomórficos de longo termo, ex: avulsão de canais	canal, paleossolo maduro	5º ordem - base de canal

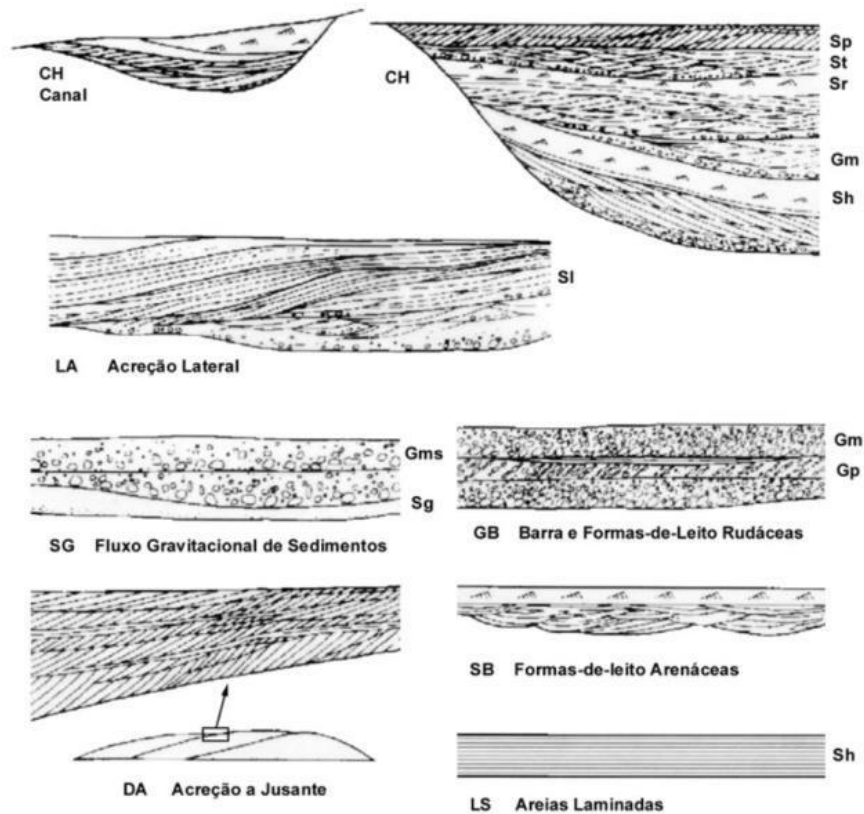


Figura 17: Caracterização faciológica de elementos arquiteturais fluviais. Litofácies: (Fl) lutitos laminados, (Gm) conglomerado suportado pelos clastos, maciço, (Gms) conglomerado suportado por matriz, (Gp) conglomerado com estratificação cruzada planar, (Sh) arenito com estratificação horizontal, (Sl) arenito com estratificação de baixo ângulo, (Sp) arenitos com estratificação cruzada planar, (Sr) arenito com laminação cruzada ondulada, (St) arenito com estratificação cruzada acanalada (Miall, 1985 modificado).

Para a medição dos atributos direcionais (paleocorrentes) em estruturas sedimentares unidirecionais, especialmente estratificações cruzadas e imbricações, utilizou-se a bússola tipo *Brunton* modelo *Eclipse Pro 8099*.

Por fim, os perfis estratigráficos e seções geológicas antes feitas a mão, foram digitalizados no software *CorelDRAW Technical Suite X7* para uma apresentação mais clara e limpa.

6. RESULTADOS

6.1. Fácies Sedimentares

Foram caracterizadas doze fácies sedimentares, sendo cinco rudíticas, cinco areníticas e duas pelíticas (Quadro 3).

Quadro 3: Sumário de litofácies

Código	Diagnose	Descrição	Interpretação
Ccc	Conglomerado sustentado pelos clastos com estratificação cruzada planar	Conglomerado com clastos subangulosos a subarredondados de tamanho grânulo, com estratificação cruzada planar, mal a moderadamente selecionado, cor esbranquiçada, matriz arenosa grossa a muito grossa e arcabouço composto de quartzo e feldspato.	Migração de megaondulações cascalhosas de crista reta sob fluxo trativo unidirecional em regime de fluxo inferior no fundo do canal
Cmm	Conglomerado maciço sustentado por matriz arenosa	Conglomerado com clastos subangulosos a subarredondados de tamanho grânulo a seixo fino, maciço, mal a moderadamente selecionado, cor esbranquiçada, matriz arenosa grossa a muito grossa e arcabouço composto de quartzo e feldspato	Fluxos trativos unidirecionais de alta energia
Ccm	Conglomerado maciço sustentado pelos clastos	Conglomerado com clastos subarredondados de tamanho grânulo a seixo fino, maciço, moderadamente selecionado, cor esbranquiçada, matriz arenosa média a grossa e arcabouço composto de quartzo e feldspato.	Fluxos trativos em regime de fluxo superior
Cch(i)	Conglomerado sustentado pelos clastos com estratificação horizontal e imbricação	Conglomerado com clastos subangulosos a subarredondados de tamanho grânulo a seixo médio, com estratificação horizontal e imbricação mal definida a definida, moderadamente selecionado, cor esbranquiçada, matriz arenosa muito grossa e arcabouço composto de quartzo e feldspato.	Migração e superposição de lençóis cascalhosos através de correntes trativas unidirecionais em regime de fluxo superior
Cca	Conglomerado sustentado pelos clastos com estratificação cruzada acanalada	Conglomerado com clastos subarredondados, de tamanho grânulo a seixo fino, com estratificação cruzada acanalada, moderadamente selecionado, cor esbranquiçada, matriz arenosa grossa a muito grossa e arcabouço composto de quartzo e feldspato.	Migração de megaondulações (barras) cascalhosas de crista sinuosa sob fluxo trativo unidirecional

Am	Arenito maciço	Arenito médio a grosso podendo apresentar alguns grânulos e seixos finos, grãos subangulosos a subarredondados, maciço, mal a moderadamente selecionado, cor esbranquiçada e composição quartzo-feldspática	Fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior com modificações pós-deposicionais
ALm	Arenito lamoso maciço	Arenito grosso a muito grosso, com grânulos e seixos, grãos subangulosos a subarredondados, maciço, mal selecionado, cor acinzentada, matriz lamosa e composição quartzo-feldspática	Fluxo gravitacional (corrida de lama)
Ap	Arenito com estratificação cruzada planar	Arenito grosso a muito grosso, com grânulos dispersos, grãos subangulosos a subarredondados, com estratificação cruzada de pequeno porte, moderadamente selecionado, cor amarelada e composição quartzo-feldspática	Migração de ripples de crista reta sob fluxo trativo unidirecional em regime de fluxo inferior
Ah	Arenito com estratificação horizontal	Arenito médio a grosso, com grânulos subarredondados dispersos, grãos subangulosos a subarredondados, estratificação horizontal mal a bem definida, moderadamente selecionado, cor esbranquiçada e composição quartzo-feldspática	Superposição de formas de leito planas em regime de fluxo superior
Aa	Arenito com estratificação cruzada acanalada	Arenito grosso a muito grosso, com grânulos, grãos subarredondados, moderadamente a bem selecionado, com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte, cor esbranquiçada e composição quartzo-feldspática	Migração de megaondulações de crista sinuosa sob fluxo trativo unidirecional em regime de fluxo inferior
Lm	Lamito maciço	Lamito maciço de cor cinza escuro	Decantação de carga suspensiva
LAm	Lamito arenoso maciço	Lamito maciço com areia fina a muito grossa e grânulos dispersos, grãos e clastos angulosos a subangulosos, muito mal selecionado, composição quartzo-feldspática e cor cinza escuro	Fluxo gravitacional (corrida de lama)

6.1.1. Litofácies Rudíticas

Foram reconhecidas cinco litofácies rudíticas, que se referem a diferentes tipos de conglomerados: Ccc, Cmm, Ccm, Cch(i), Cca. Todas estas compartilham da mesma composição quartzo-feldspática, bem como constituem conglomerados de granulação fina, com arcabouço não ultrapassando o tamanho seixo médio.

6.1.1.1. Ccc (conglomerado sustentado pelos clastos com estratificação cruzada planar)

a) Descrição

Os depósitos da litofácies Ccc representam conglomerados com estratificação cruzada planar, subangulosos a subarredondados, mal a moderadamente selecionados, com clastos de quartzo e feldspato tamanho grânulo a seixo médio, estes últimos apresentando baixo grau de arredondamento. Apresentam matriz arenosa grossa a muito grossa, com quantidade subordinada de finos (areia fina a muito fina e silte). Dispostos em camadas lenticulares com espessuras entre 20 a 30 cm, apresentam base erosiva. Apresenta coloração esbranquiçada devido a grande quantidade de feldspato.

b) Interpretação

Esta litofácies está relacionada a fluxos trativos unidirecionais em meio aquoso, com a migração de megaondulações cascalhosas de cristas retas. Essa fácies foi relacionada à litofácies Gp de Miall (1996), sendo interpretada como barras transversais (*transverse bars*).

6.1.1.2. Cmm (conglomerado sustentado por matriz arenosa maciço)

a) Descrição

Os depósitos da litofácies Cmm (Figura 18) representam conglomerados maciços podendo apresentar uma imbricação incipiente, com arcabouço de tamanho de grânulo a seixo fino, mal a moderadamente selecionado, com clastos subangulosos a subarredondados de quartzo e feldspato, sendo que estes últimos tendem a ser mais angulosos. Ocorrem dispostos em pequenas camadas lenticulares com espessura entre 10 a 20 cm, comumente associados com litofácies areníticas Am, Ap e Aa. Este conglomerado é sustentado por uma matriz arenosa grossa a muito grossa com grãos subarredondados. Sua coloração mais clara é produzida pela presença de feldspato.

b) Interpretação

A litofácies Cmm pode levantar dúvidas quanto a sua interpretação, mas devido a sua matriz arenosa, presença de imbricação incipiente e intercalação com arenitos são indicativos de um fluxo trativo unidirecional, e devido a pobre seleção dos grãos e a pequena espessura, indica fluxo de alta energia, possivelmente turbulento no fundo de leitos fluviais (Allen, 1970).

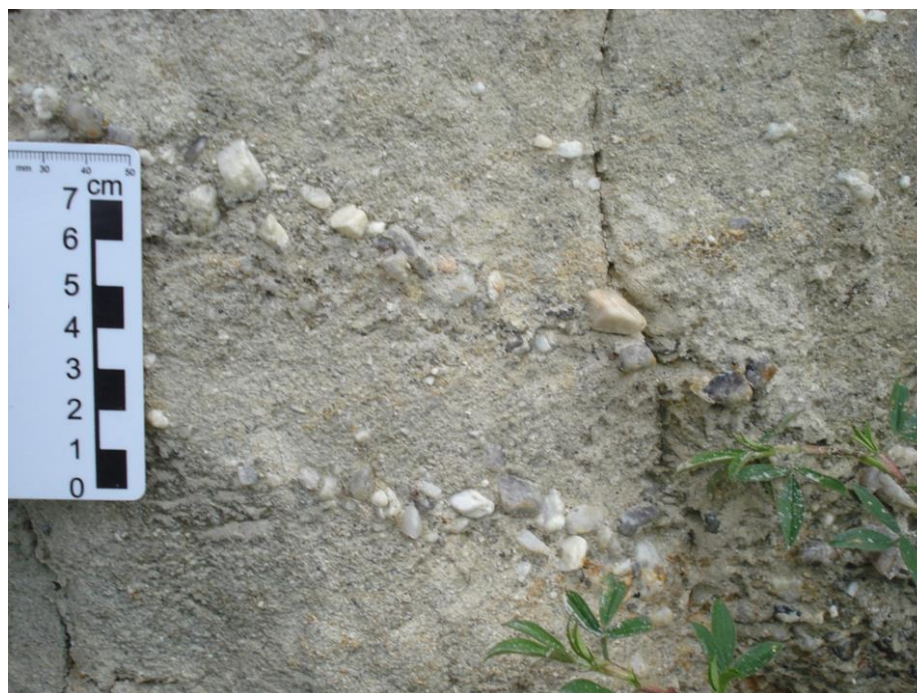


Figura 18: Ponto 1 - arcósios (litofácies Aa) intercalados com conglomerados (litofácies Cmm).

6.1.1.3. Ccm (conglomerado sustentado pelos clastos maciço)

a) Descrição

A litofácies Ccm ocorre escassamente na área de estudo, restrita área da lavra de extração de areia do ponto 5. Apresenta-se como um conglomerado com arcabouço predominante de seixos finos a médios subarredondados, com grânulos subordinados; moderadamente selecionado, de composição quartzo-feldspática. Sua matriz é predominantemente arenosa, média a grossa, com pequena quantidade de material mais fino. Ocorre como uma camada lenticular de base erosiva e espessura de aproximadamente 10 cm. A estrutura é maciça, apresentando uma discreta gradação normal.

b) Interpretação

Mesmo com estrutura aparentemente maciça, o maior grau de arredondamento dos grãos, matriz arenosa, moderada seleção, transição para arenito e base erosiva das camadas indicam fluxos trativos unidirecionais em regimes hidrodinâmicos de alta energia, em regime de fluxo superior.

6.1.1.4. Cch(i) (conglomerado sustentado pelos clastos com estratificação horizontal e imbricação)

a) Descrição

Melhor representada em depósitos ao sul da área estudada, esta litofácies é caracterizada por conglomerados que apresentam estratificação horizontal e uma imbricação mal definida a bem definida. Estes ruditos são sustentados por clastos de quartzo e feldspato subangulosos a subarredondados, com granulometria variando de grânulo a seixo médio. A matriz é representada por grãos de quartzo e feldspato, com predomínio do primeiro, grossos a muito grossos. Em geral, a litofácies Cch(i) (Figura 19) apresenta moderada seleção, cor esbranquiçada e algumas vezes avermelhada devido à percolação de ferro oxidado. Ocorre em camadas lenticulares mais extensas ou camadas tabulares mais espessas, variando entre 40 a 100 cm.

b) Interpretação

Segundo Rust (1978 *apud* Ramos, 2003), a superposição de formas longitudinais cascalhosas geradas por correntes trativas em regime de fluxo superior explica a presença de estratificação horizontal nesta litofácies.



Figura 19: Rodovia SP-65 (ponto 7) - litofácies Cch(i) em contato com lamitos (litofácies Lm). Nesta imagem é possível identificar percolação de óxidos e/ou hidróxidos de ferro.

6.1.1.5. Cca (conglomerado sustentado pelos clastos com estratificação cruzada acanalada)

a) Descrição

A litofácies Cca apresenta baixa representação na área deste trabalho, aparecendo apenas uma vez nos depósitos estudados (Ponto 1). Tal litofácies é caracterizada por um depósito conglomerático de coloração esbranquiçada, sustentada por clastos subarredondados de quartzo e feldspato com seleção moderada. O arcabouço tem granulometria variando de grânulo a seixo fino, enquanto a matriz arenosa predominantemente quartzosa grossa a muito grossa. Ocorre como uma camada lenticular de base erosiva de uma feição de canal, com espessura de aproximadamente 60 cm.

b) Interpretação

A presença de estratificação cruzada acanalada, indica fluxos trativos unidirecionais sob condições hidrodinâmicas de regime de fluxo inferior alto com migração de barras cascalhosas transversais de crista sinuosa em preenchimento de pequenos canais (Ashley, 1990).

6.1.2. Litofácies Areníticas

As litofácies areníticas são as mais frequentes nos depósitos da Formação Resende na área estudada. Estes arenitos, independentes da granulometria ou estruturas, têm composição feldspática.

Foram identificados cinco litofácies areníticas: Am, ALm, Ap, Ah e Aa.

6.1.2.1. Am (Arenito maciço)

a) Descrição

A litofácies Am (Figura 20), é caracterizada por camadas centimétricas a métricas lenticulares e tabulares de arenitos maciços com granulometria média a grossa, grãos subarredondados a subangulosos, frequentemente com clastos de quartzo e feldspato tamanho grânulo a seixo fino dispersos e seleção pobre a moderada. Apresenta coloração esbranquiçada e escassa matriz lamosa, de provável origem diagenética, devido à alteração dos feldspatos.

b) Interpretação

Arenitos maciços podem estar vinculados a processos variados, levando a diferentes explicações para a sua gênese. Devido à moderada seleção, presença de grânulos e seixos finos dispersos, geometria de suas camadas e posição estratigráfica, sua gênese pode estar ligada a fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior alto com modificações pós-deposicionais como bioturbação e/ou fluidização.



Figura 20: Afloramento localizado em corte da rodovia SP-65 a aproximadamente 500 m ao sul do ponto 7. Contato entre as litofácies Am e Lm.

6.1.2.2. ALm (Arenito maciço com matriz lamosa)

a) Descrição

A litofácies ALm (Figura 21) ocorre em depósitos tabulares com espessuras centimétricas a métricas, podendo chegar até 3 m. São caracterizados por arenitos grossos a muito grossos maciços, mal selecionados, com significativa quantidade de grânulos de quartzo e feldspato dispersos. Apresenta muito mais lama na sua matriz em comparação com as outras litofácies areníticas, que é responsável pela cor acinzentada.

b) Interpretação

Esta litofácies está relacionada a fluxos não confinados, como fluxos gravitacionais do tipo corrida de lama, fluxo este relativamente de alta energia e pouco seletivo (Hungar *et al.*, 2001; Miall, 1996).



Figura 21: Rodovia SP-65 (ponto 6) – fácies ALm, arenito seixoso maciço com abundante matriz lamosa.

6.1.2.3. Ap (arenito com estratificação cruzada planar)

a) Descrição

Esta litofácies (Figura 22) aparece com menor frequência que as outras litofácies areníticas, mas ainda tem significância, principalmente na porção sul da área estudada. Ocorre em camadas tabulares, de espessura entre 40 a 50 cm, formadas por arenitos grossos a muito grossos, de composição feldspática, com grânulos e seixos finos de quartzo e feldspato dispersos, e estratificação cruzada planar. Pode apresentar epimatriz proveniente da alteração do feldspato para caulinita.

b) Interpretação

A litofácies Ap está relacionada à migração de dunas bidimensionais de crista reta (Ashley, 1990), geradas sob condições de regime de fluxo inferior. De acordo com Miall (1996) podem ser interpretadas como depósitos de barras transversais.



Figura 22: Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda. (ponto 5) - litofácies Ap, arcócio com grande quantidade de grânulos e quartzo e feldspato.

6.1.2.4. Ah (arenito com estratificação horizontal)

a) Descrição

A litofácies Ah (Figura 23) é representada por arenitos com estratificação horizontal mal a bem definida, granulometria variando de média a grossa, com grânulos subarredondados dispersos, coloração esbranquiçada, moderadamente selecionados e com a presença de epimatriz proveniente da alteração de feldspatos. Os grãos têm composição predominante quartzosa, mas com grande quantidade de feldspato, e possuem formas subangulosas as subarredondadas. Ocorre em camadas tabulares de espessura média de 50 cm, podendo apresentar granodecrescência ascendente.

b) Interpretação

A litofácies Ah exemplifica um processo subaquoso com superposição de formas de leito fluvial planas sob regime de fluxo superior em profundidades rasas (Miall, 1996).



Figura 23: Rodovia SP-65 (ponto 7) - arenito com estratificação horizontal mal definida (Ah).

6.1.2.5. Aa (arenito com estratificação acanalada)

a) Descrição

Esta litofácies (vide Figura 18) é representada por pacotes areníticos de espessura centimétrica a métrica, podendo alcançar 3 m. Ocorrem como camadas lenticulares e tabulares com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a médio porte. São arenitos grossos a muito grossos, com grânulos dispersos de quartzo e feldspato, moderadamente a bem selecionados, com grãos subarredondados. Ocorre associada ou intercalada com lentes conglomeráticas e geralmente presente em depósitos com feições de canal.

b) Interpretação

A litofácies Aa tem sua formação associada ao meio aquoso, proveniente de fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior alto, com migração de megaondulações de crista sinuosa (Boggs, 2009; Miall, 1996).

6.1.3. Litofácies Pelíticas

As litofácies pelíticas apresentam excelente representatividade na área estudada, presentes em todos os afloramentos estudados. Foram observadas tanto em contato com fácies rudíticas como areníticas, geralmente marcadas no topo por contatos erosivos. Foram identificadas duas litofácies pelíticas: Lm e LAm.

6.1.3.1. Lm (lamito maciço)

a) Descrição

A litofácies Lm (Figura 24) é caracterizada por camadas lamíticas tabulares centimétricas a métricas, podendo alcançar pacotes de até 2 m de espessura. A cor é predominante cinza devido à concentração de matéria orgânica, entretanto em muitos depósitos também apresenta uma coloração avermelhada devido à percolação de ferro. Esta litofácies tem representatividade por toda a área estudada.

b) Interpretação

Lamitos maciços podem ter sua formação relacionada a processos de decantação de carga suspensiva em períodos de enchentes ou aumento do nível base d'água em planícies de inundação e canais abandonados (Collinson, 2006; Miall, 1996).



Figura 24: Rodovia SP-65 (ponto 6) – lamito maciço de coloração cinza esverdeada, litofácies Lm.

6.1.3.2. LAm (lamito arenoso maciço)

a) Descrição

A litofácies LAm (Figura 25) caracteriza-se por lamitos maciços em camadas tabulares, com presença de grãos desde areia muito fina até clastos como grânulos, subangulosos de quartzo e feldspato. Apresenta coloração cinza escuro.

b) Interpretação

A estrutura maciça, seleção muito pobre e abundância de lama indicam pulsos de corrida de lama de uma área fonte de embasamento fortemente intemperizado (argilizado). A má seleção e organização caótica indicam um fluxo denso de alta energia e pouco seletivo (Hungar, 2001; Miall, 1996).



Figura 25: Rodovia SP-65 (ponto 6) - lamito arenoso maciço com grânulos de quartzo e feldspato. Litofácies ALm.

6.2. Associações de Fácies

As doze litofácies descritas neste trabalho, compõem três associações que serão descritas a seguir:

6.2.1. Associação de Fácies 1

A Associação de Fácies 1 (AF1) é composta pelas litofácies Cch(i), Cmm, Ccm, Ccc, Ah, Aa, ALm, Ap e Lm. Esta associação é melhor representada na área do ponto 5 (Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda), porção sul da área de estudo.

No geral, a AF1 se caracteriza pela maior quantidade de litofácies mais grossas, sendo representada por ruditos e arenitos grossos a muito grossos com significativa presença de grânulos com presença subordinada de camadas lamíticas de espessuras centimétricas. Estas sucessões caracterizam-se por bases lenticulares rudáceas, transicionando para camadas lenticulares e tabulares areníticas, sendo que os lamitos (litofácies Lm) geralmente constituem o topo destas sucessões. É possível identificar uma gradação incipiente entre camadas das

litofácies Ccc, Ah e ALm, sendo que esta última indica que este ambiente esteve exposto a ocasionais fluxos gravitacionais do tipo corrida de lama. O perfil estratigráfico da Figura 26 exemplifica esta correlação.

Do ponto de vista arquitetural, as litofácies rudáceas representam barras cascalhosas (elemento GB) em contexto de canal fluvial (elemento CH). A presença de conglomerados maciços e estratificados indica variações no fluxo destes canais, ora mais turbulentos ora mais laminares sob regime de fluxo inferior. Estas feições de canal marcam superfícies erosivas de quinta ordem sobre outros depósitos. A transição destes conglomerados para as camadas areníticas (elemento SB) sugere redução progressiva na capacidade do transporte dos canais. A migração de barras cascalhosas-arenosas podem ter gerado feição de acreção lateral (elemento LA), em contexto de canal. A base côncava delimita superfície erosiva de quinta ordem, enquanto as superfícies de acreção/reativação são de terceira ordem (Figura 27). A litofácies Lm (elemento OF) representa momentos de afogamento do canal e/ou abandono do mesmo gerando planícies de inundação, enquanto a litofácies ALm (elemento SG), depósitos de fluxo gravitacionais não confinados (Figura 28).

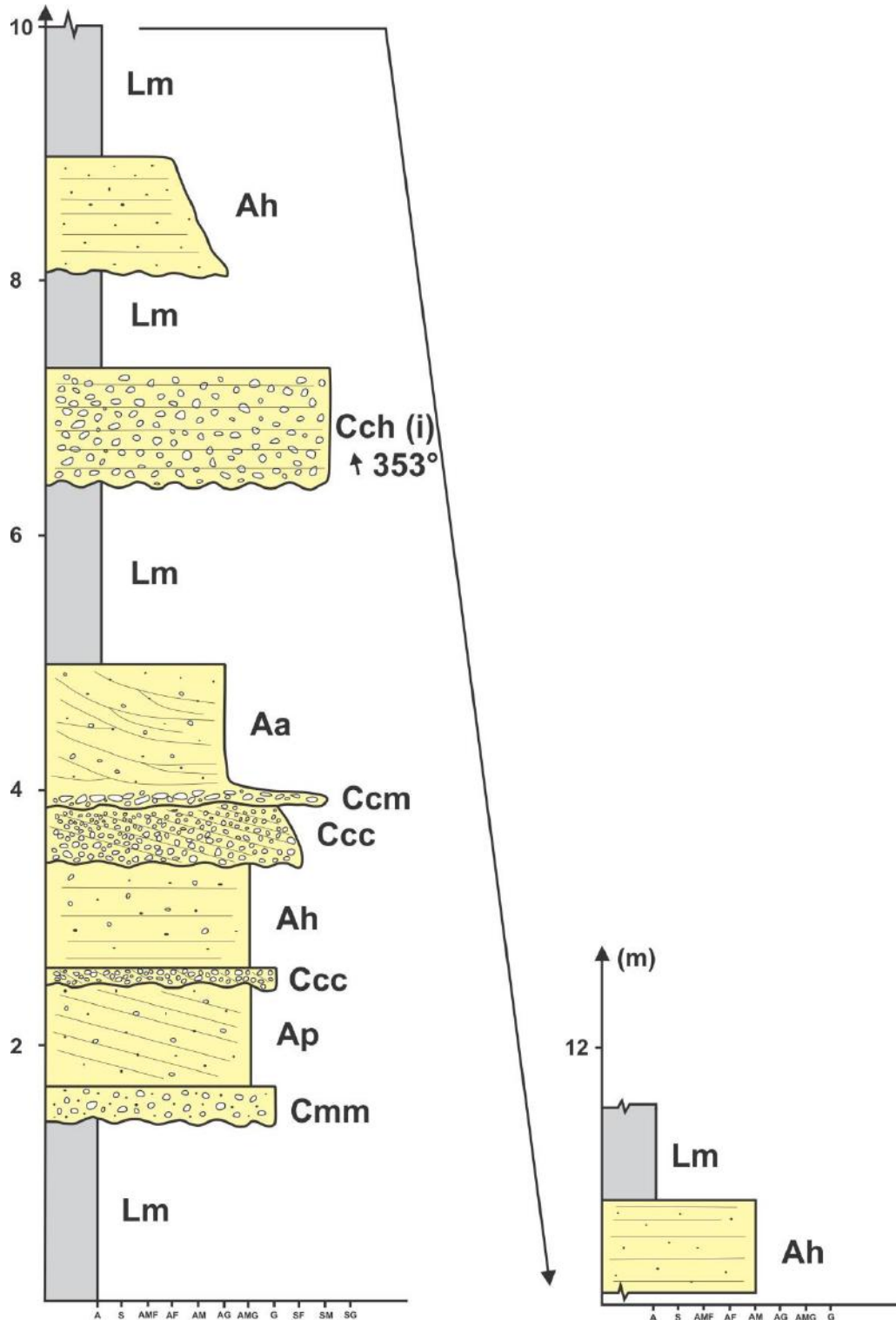


Figura 26: Perfil estratigráfico realizado dentro da cava da Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda (Ponto 5). Coordenadas UTM: 395644/7420059, fuso: 23K, DATUM: WGS84.

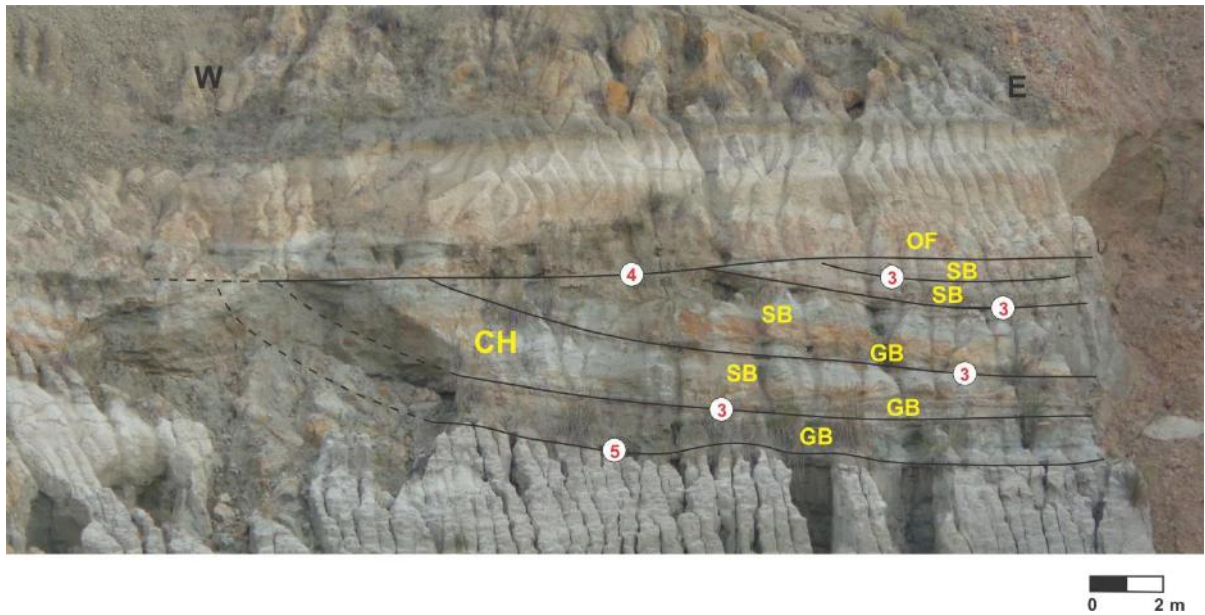


Figura 27: Cava da Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda. (ponto 5), em exposição adjacente ao perfil estratigráfico apresentado na Figura 26. Seção onde é sugerida a ocorrência do elemento LA ou acreção lateral.



Figura 28: Cava de areia da Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda. (ponto 5, coordenadas UTM 395817/7420129). Afloramento onde foi realizado um perfil estratigráfico, identificando a litofácies ALm, representativa de depósitos de fluxo gravitacional do tipo corrida de lama, em contato com a litofácies Lm.

Tanto os depósitos de fluxo gravitacional e de planície de inundação, quanto as barras cascalhosas-arenosas são delineadas no topo por superfícies de quarta ordem. A seção abaixo (Figura 29) exemplifica o padrão principal da arquitetura deposicional desta associação.



Figura 29: Cava de areia da Valpa Mineração e Terraplenagem Ltda. (ponto 5). Seção representativa da Associação de Fácies 1, observando-se o predomínio de pacotes conglomeráticos e areníticos, com lentes lamíticas subordinadas. O perfil estratigráfico da Figura 26 foi realizado logo ao lado esquerdo, fora desta seção.

Depósitos de barras cascalhosas-arenosas grossas em contexto de canal, em conjunto com sedimentos provenientes de fluxos gravitacionais, sugere um sistema dominado por fluxos fluviais canalizados, de maior energia, indicando uma maior proximidade da área fonte, típica em contexto de leques (Rust & Koster, 1984). A presença significativa de lamitos, mesmo em camadas pouco espessas, indica que este sistema deveria ser dominado por poucos canais ativos e/ou uma área-fonte intensamente argilizada, permitindo maior preservação de planícies de inundação. Este sistema, em conjunto com as litofácies e elementos arquitetônicos identificados, é similar ao modelo de Miall (1996) de “rios errantes com carga de fundo cascalhosa” (*gravel-bed wandering river*), sendo que neste caso a carga de fundo seria melhor definida como cascalhosa-arenosa. Este modelo (Figura 30) caracteriza-se pela atuação de poucos canais, formando barras cascalhosas na base do canal em momentos de maior vazão, sendo comum com a desaceleração deste fluxo formação de barras arenosas sobre as cascalhosas mais antigas. Com o posterior abandono do canal, se desenvolvem pacotes de sedimentos finos sobre estas barras.

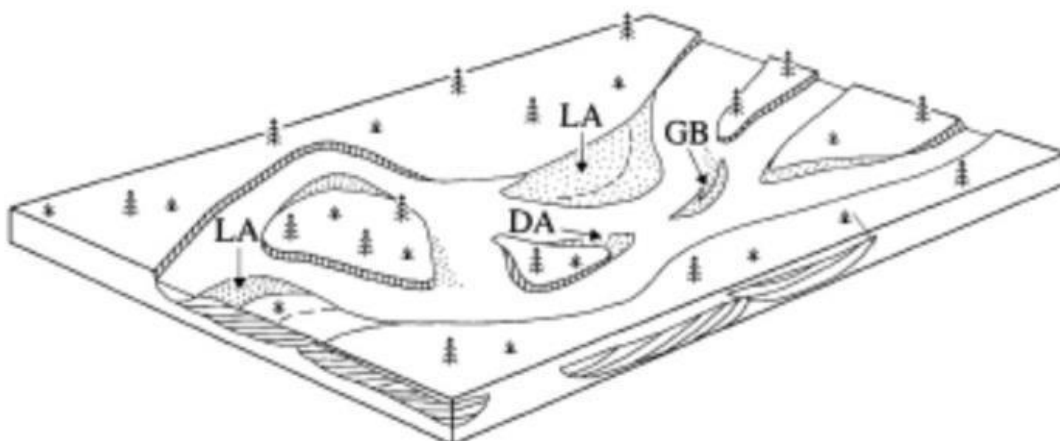


Figura 30: Modelo arquitetural de rio errante com carga de leito de fundo cascalhosa (GB: Barra e forma de leito rudácea; DA: Acreção à jusante; LA: Acreção lateral), segundo Miall (1996).

6.2.2. Associação de Fácies 2

A Associação de Fácies 2 (AF2) é bem representada mais ao norte da área, com excelentes exposições no trevo das rodovias Dom Pedro I (SP-65) e Presidente Dutra (BR-116). Esta associação é composta pelas litofácies Cca, Cmm, Cch (i), Aa, Ah, Am, ALm, LAm e Lm.

A AF2 representa perda de energia do sistema com o afastamento da área-fonte. Tal aspecto é evidenciado pela diminuição na frequência dos depósitos rudíticos e o aumento significativo da ocorrência e espessura dos depósitos arenosos e lamíticos. A AF2 é caracterizada por depósitos conglomeráticos finos de espessuras centimétricas representados pelas litofácies Cmm, Cch e Cca, com bases erosivas bem desenvolvidas, e que transicionam para litofácies arenosas, predominantemente camadas métricas de arcósios com estratificação cruzada acanalada (litofácies Aa). Ocorrem também, em menor quantidade, camadas centimétricas de arenitos com estratificação horizontal (litofácies Ah). Depósitos de lamitos maciços (litofácies Lm) são característicos da AF2, representados por camadas tabulares e lenticulares de espessuras variadas, podendo alcançar até 2 m. Nesses pacotes lamíticos são comuns intercalações de camadas lenticulares extensas de arenitos maciços (litofácies Am), com espessuras predominantemente centimétricas. As litofácies ALm e LAm foram registradas apenas no afloramento do ponto 7, ocorrendo em camadas tabulares com espessuras entre 50 cm e 1 m (Figura 31).

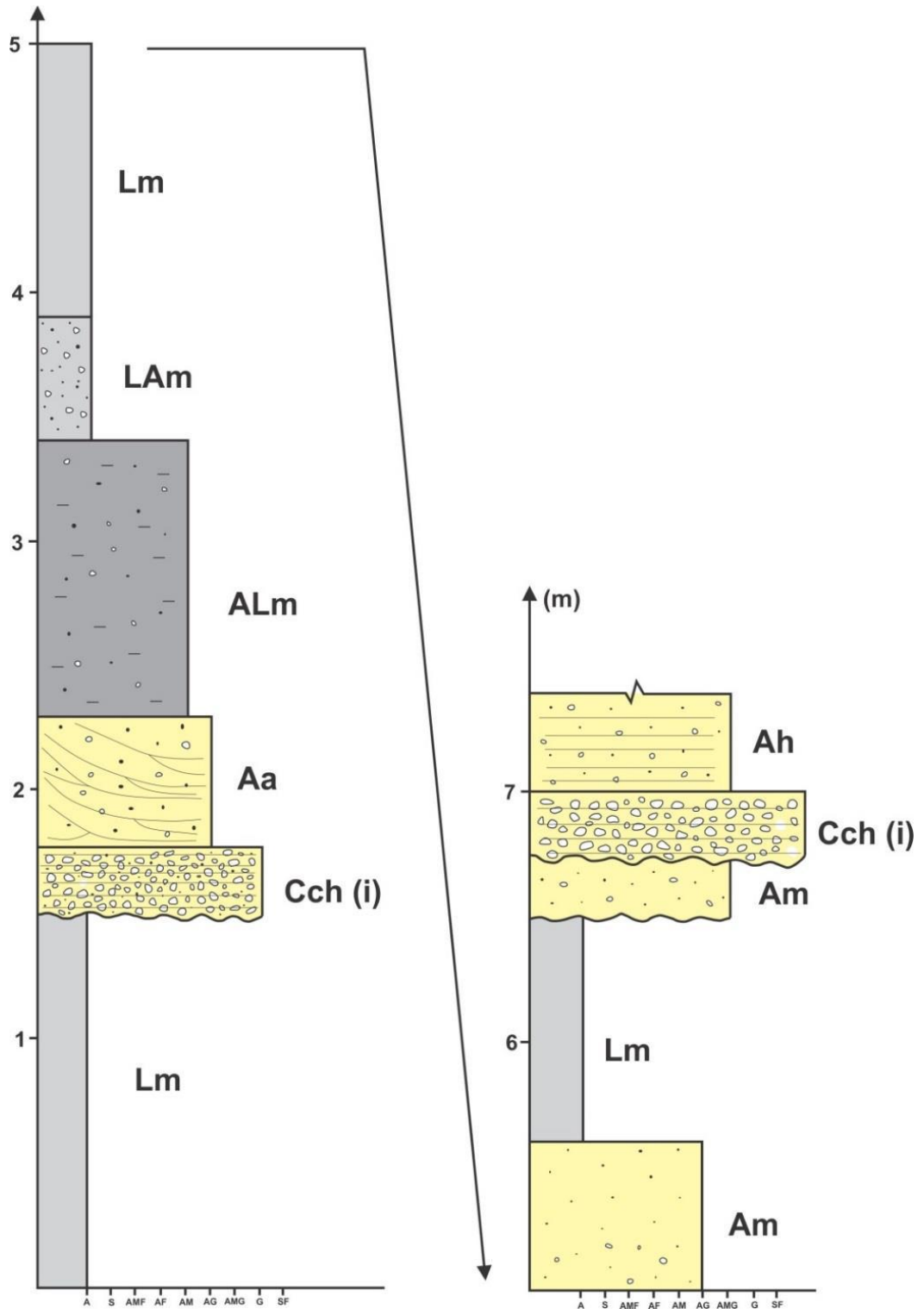


Figura 31: Perfil estratigráfico realizado no ponto 7. Observa-se o aumento da espessura das camadas lamíticas em relação a AF1, e além ser o único perfil onde foram identificadas as litofácies ALm e LAm.

As litofácies Aa e Ah correspondem a depósitos de barras arenosas (elemento SB), em contexto de canal fluvial (elemento CH). O predomínio da litofácies Aa indica que fluxos sob regime inferior eram dominantes. Os elementos de canal marcam superfícies erosivas de quinta ordem, geralmente bases conglomeráticas, representadas pelas litofácies Cch(i), Cmm e Cca, marcando momentos de maior vazão do sistema fluvial. Estes canais se desenvolvem sobre extensas camadas lamíticas, caracterizadas pela litofácies Lm (elemento OF), representando momentos de afogamento do sistema, que formaram planícies de inundação. Sobre estas planícies se desenvolveram camadas de arenitos maciços (litofácies Am), interpretadas como leques de arrombamento (elemento CS), resultado de transbordamentos do canal. Sua posição intercalada com depósitos de planícies de inundação reforça a interpretação que estes arenitos sofreram modificações pós-deposicionais, provavelmente causada por intensa bioturbação, que obliteraram as estruturas sedimentares primárias e homogeneizaram estas camadas, resultando em seu aspecto maciço. As litofácies ALm e LAm representam depósitos de fluxos gravitacionais do tipo corrida de lama (elemento SG). As figuras 32 e 33 exemplificam o padrão arquitetônico desta associação.

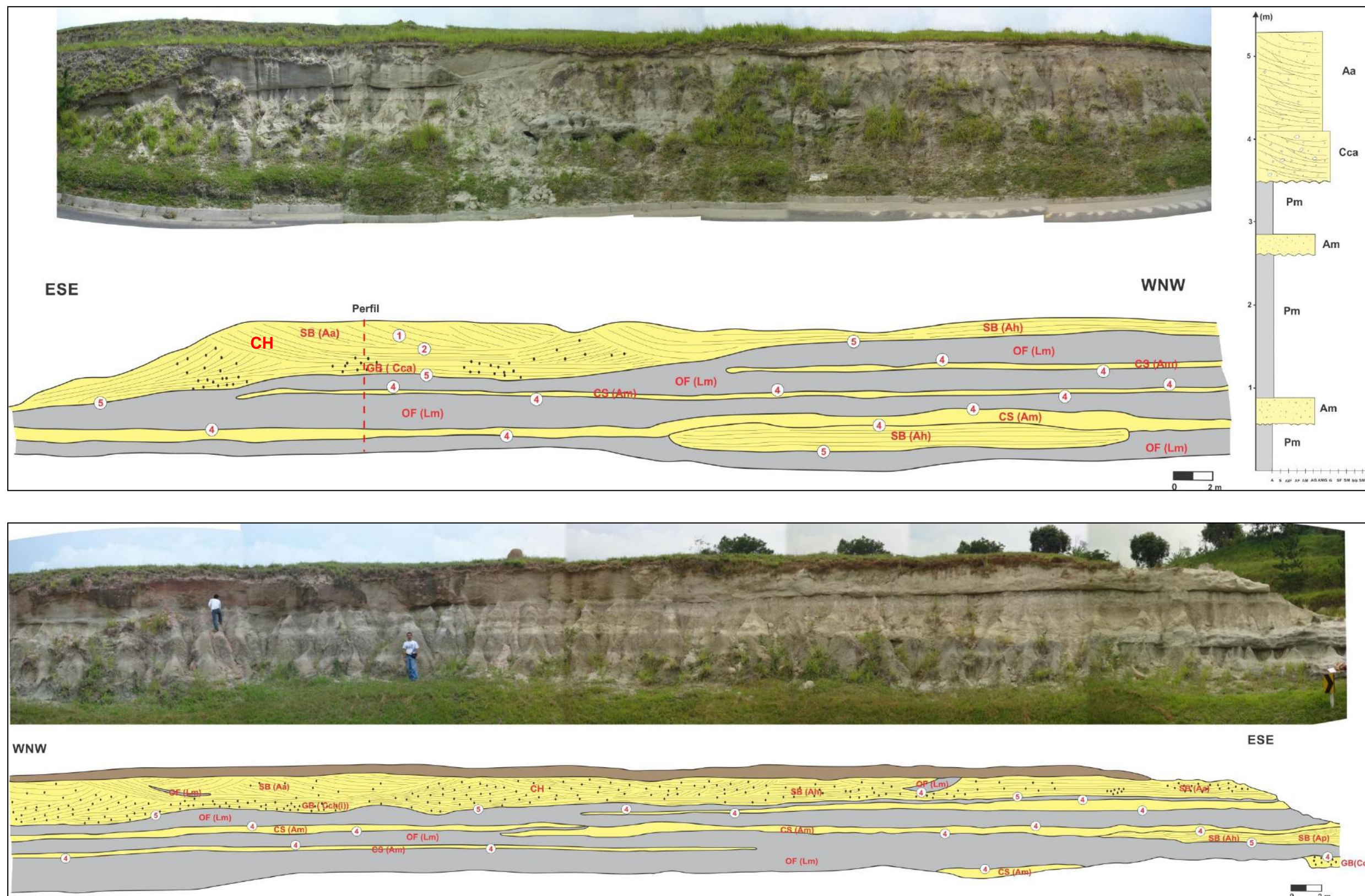


Figura 32: Seção e perfil dos pontos 1 (imagem acima) e 2 (imagem abaixo). Coordenadas UTM: 393184/7421807, fuso: 23K, DATUM: WGS84.

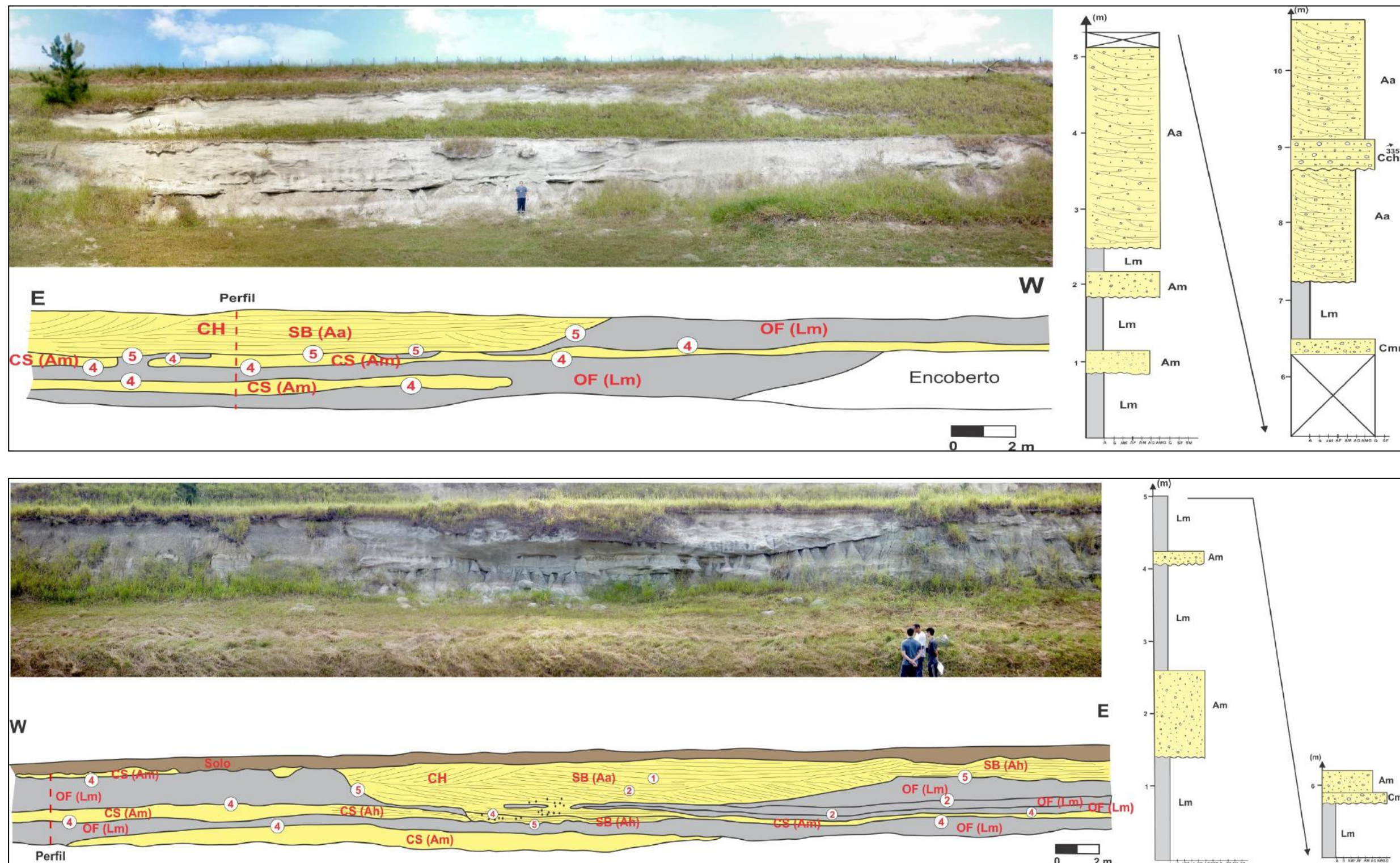


Figura 33: Seções e perfis estratigráficos dos pontos 3 (imagem acima) e 4 (imagem abaixo). Não é possível observar com detalhe nestas imagens as camadas acima do topo das seções, entretanto, estas foram representadas nos perfis. Coordenadas UTM: 393181/7421567, fuso: 23K, DATUM: WGS84.

Segundo Nichols & Fischer (2007), a transição de zonas proximais para medianas é marcada pelo aumento de depósitos de planície de inundação e decréscimo na granulometria do preenchimento de canais. Tais características estão presentes na AF2 em relação a AF1. Nesta, os depósitos de canal não são amalgamados e tem menor espessura que as camadas de planície de inundação, indicando baixo grau de entrelaçamento, podendo ser resultado de apenas um canal ativo. A ocorrência da litofácies LAm indica partes mais distais de fluxos gravitacionais. Miall (1996) descreve estilo fluvial semelhante ao aqui interpretado, sendo este denominado de “rios de baixa sinuosidade com barras alternadas” (*low-sinuosity river with alternate bars*) (Figura 34). Neste modelo, considerado um intermediário entre rios arenosos entrelaçados e meandrantes, é característico de possuir apenas um canal ativo de baixa sinuosidade, com barras arenosas de padrão alternado de migração em relação à jusante do fluxo criando estratificações de alto ângulo.

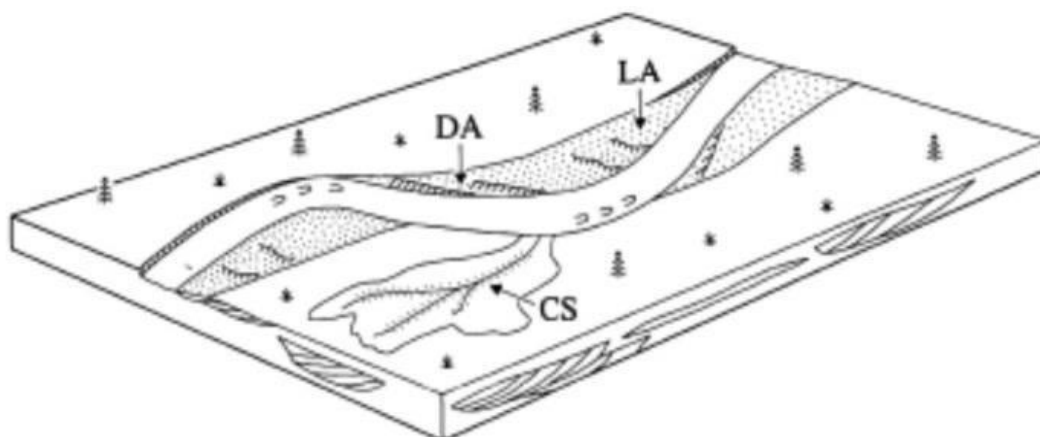


Figura 34: Modelo arquitetural de rio de baixa sinuosidade com barras alternadas, segundo Miall (1996). (LA: Acreção lateral; DA: Acreção à jusante; CS: Leque de arrombamento).

6.2.3. Associação de Fácies 3

A Associação de Fácies 3 (AF3) foi definida em um corte de estrada (ponto 6) da rodovia Dom Pedro I (SP-65), ao norte da Via Dutra, na altura do km 7, sentido para o município Igaratá/SP. Esta associação é composta pelas litofácies: Ccc, Am, ALm, Ah, LAm e Lm.

A AF3, representada na Figura 35, é caracterizada pela intercalação de arenitos médios a grossos e lamitos. Os depósitos arenosos são representados na

base da seção, pelas litofácies Ah, Am e ALm, dispostas em extensas camadas tabulares de espessura centimétrica a métrica. Na parte superior da seção, inteiramente envolvida por uma extensa e espessa camada de lama maciça (litofácies Lm), ocorre feição de canal preenchida por conglomerado fino com estratificação cruzada planar (litofácies Ccc), sotoposta a arenito maciço (Am). É interessante notar, na base da sucessão, uma feição canalizada preenchida pelas litofácies Lm e LAm.

As duas ocorrências da litofácies Am foram interpretadas de formas distintas: a primeira, na porção superior da sucessão, caracteriza elemento de barra arenosa (elemento SB) em contexto de canal (elemento CH), sendo sua gênese ligada a rápida deposição de sedimentos arenosos em suspensão em eventos de enchentes (Collinson, 1996); a segunda ocorrência, na base da sucessão, é marcada pela camada tabular, é interpretada como resultado do afogamento do canal e posterior arrombamento do mesmo, permitindo um avanço de sedimentos arenosos sobre as margens do canal (elemento CS), ambas são marcadas por topos de quarta ordem (Figura 36). A litofácies Ccc representa uma pequena barra cascalhosa (elemento GB), que esculpe superfície de quinta ordem sobre depósitos de lamas maciças (litofácies Lm), interpretadas como extensas planícies de inundação (elemento OF) que se desenvolveram as margens de canais e também compondo o próprio preenchimento destes, como é possível identificar no afloramento, indicando que canais abandonados em momentos de menor vazão do sistema poderiam se comportar como pequenos lagos. As litofácies ALm e LAm, indicam que fluxos gravitacionais eram presentes mesmo em regiões mais distais deste sistema fluvial. Por fim, a litofácies Ah, é interpretada, como resultado de enchentes que depositaram sedimentos arenosos em regime de fluxo superior com leito plano (elemento LS) (Miall, 1996).

À medida que os rios avançam em direção a áreas mais distais, a perda d'água por evaporação e infiltração favorece a formação de canais largos e rasos. Esta característica é representada pela arquitetura dos canais descritos nesta associação, identificado como *ribbon channel fill*, que se caracterizam por serem extensos e pouco espessos (Collinson, 1996).

A AF3 representa a zona distal do sistema, indicando um ambiente fluvial típico de leques fluviais mais distais, com canais rasos e mais estáveis, com menor taxa de avulsão, permitindo o desenvolvimento de planícies de inundação. Este

setor do sistema aluvial seria caracterizado por apenas um canal ativo, com sinuosidade intermediária. Este ambiente era exposto a ocasionais fluxos gravitacionais do tipo corrida de lama, e variações na vazão do canal, podendo gerar enchentes que poderiam gerar leques de arrombamento além de permitir deposição de arenitos laminados. A Figura 36 mostra um modelo esquemático proposto para esta associação, baseado em Cain & Mountney (2009).

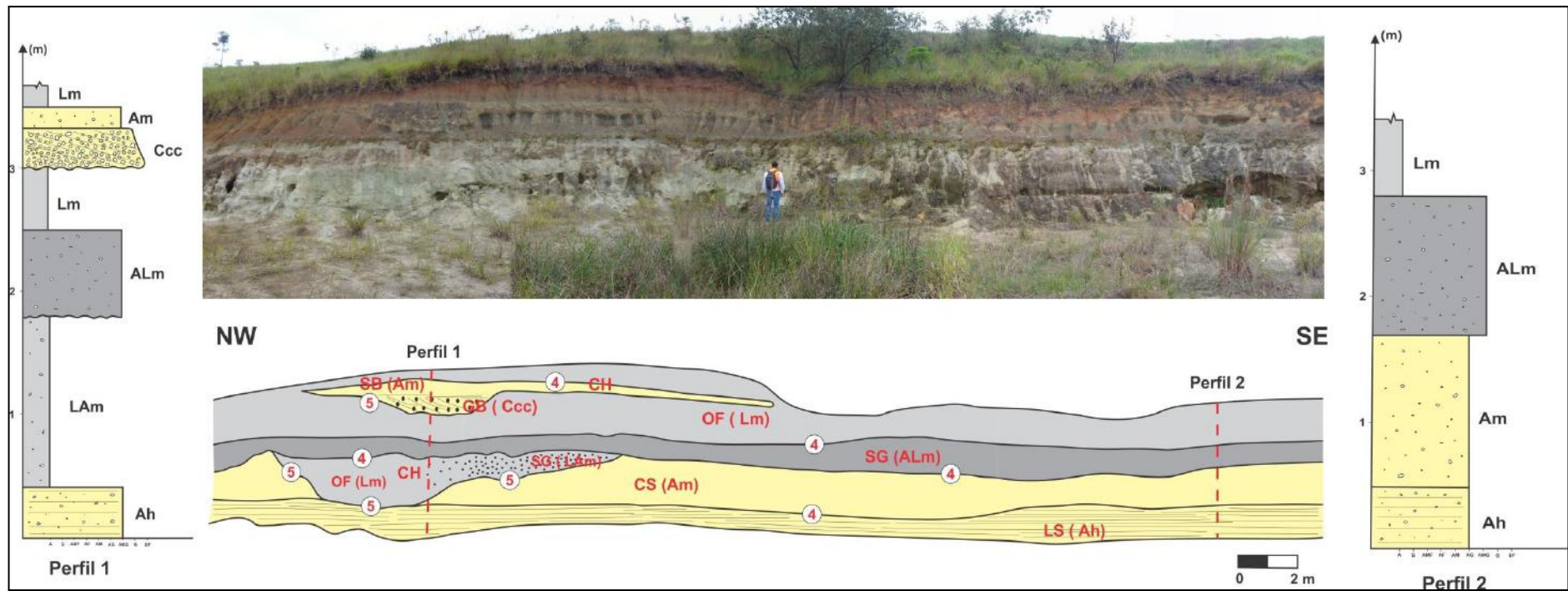


Figura 35: Seção e perfis estratigráficos do afloramento do ponto 6, onde foi definida a Associação de Fácies 3. Coordenadas UTM: 392971/ 7424161, fuso: 23K, DATUM: WGS84.

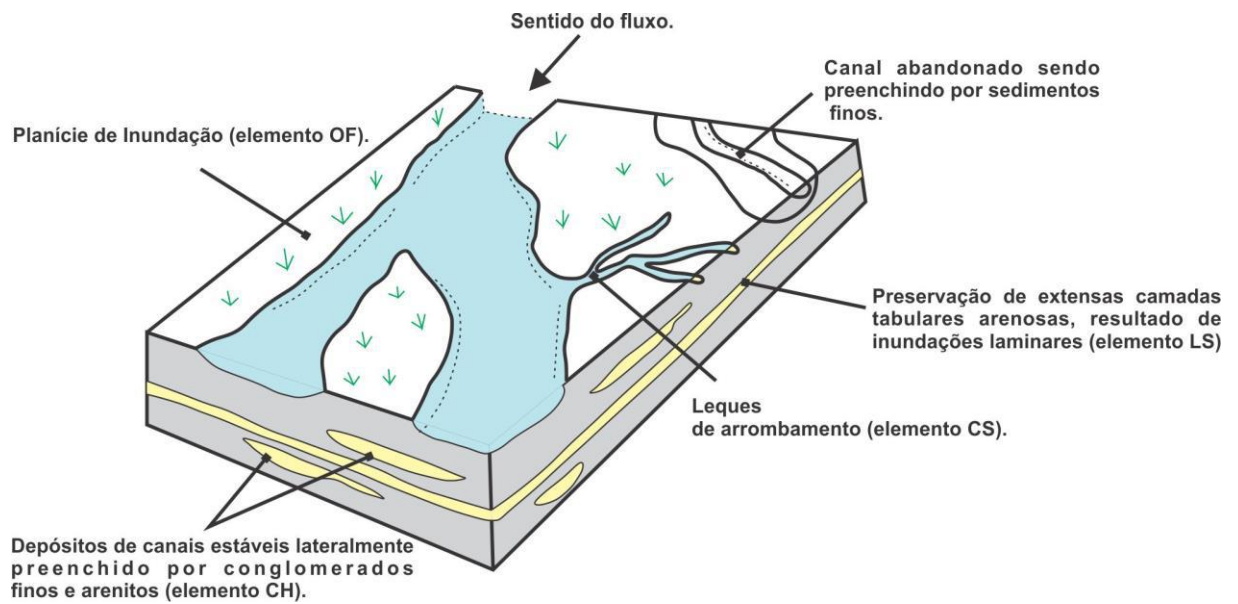


Figura 36: Modelo esquemático (sem escala) de leques fluviais distais em contexto de leque, usando como base a Associação de Fácies 3. A cor cinza indica depósitos lamífticos, enquanto a cor amarela, depósitos com preenchimento cascalhoso ou arenoso (Cain & Mountney, 2009 modificado).

7. DISCUSSÃO

7.1. Contexto Depositional das Associações de Fácies

A Formação Resende na bacia de Taubaté na área estudada é sugestiva de ser interpretada como um sistema distributário fluvial, segundo o modelo de Nichols & Fischer (2007).

De acordo com esses autores, sistemas distributários fluviais ocorrem em bacias endorreicas, com climas predominantemente áridos a semiáridos, porém, com área-fonte mais úmida com intenso volume de chuvas. Caracterizam-se por apresentar baixa declividade, sendo o entulhamento dos canais por sedimentos, a principal causa para a avulsão dos mesmos. Para isto, a entrada de sedimentos no sistema até as regiões distais deve exceder a taxa de subsidência da bacia, elevando o nível de base através do seu preenchimento por agradiação e, conseqüentemente, mantendo a declividade baixa. Portanto, o principal controlador do estilo fluvial neste sistema é a perda d'água através da evaporação e infiltração, sendo necessário que a taxa de evaporação seja maior que a entrada de água no sistema. (Figura 37) (Nichols & Fischer, 2007).

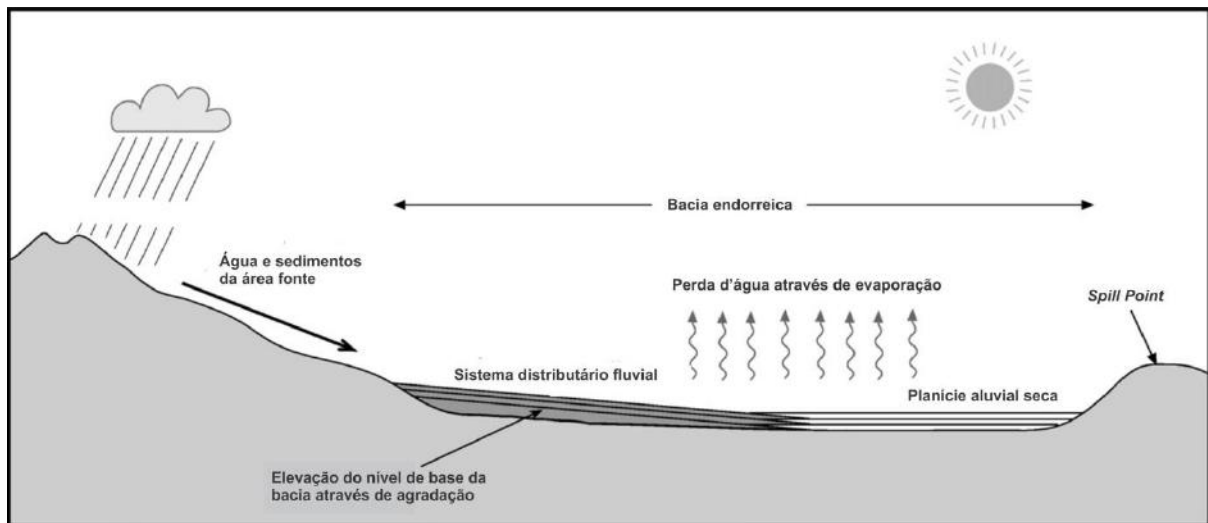


Figura 37: Esquema tectônico e climático para a formação de sistemas distributários fluviais (Nichols & Fischer, 2007; modificado).

Segundo Nichols & Fischer (2007), o sistema é dividido em três zonas alimentadas geralmente por um canal ativo. Uma zona proximal, onde os canais são predominantemente amalgamados e preenchidos por sedimentos grossos, com baixa preservação de depósitos de planície de inundação. A zona mediana é marcada pelo aumento na proporção de depósitos de planície de inundação, e diminuição da taxa cascalho/areia, sendo dominado principalmente por camadas arenosas com estratificação cruzada e arenitos conglomeráticos, além de haver uma diminuição geral do tamanho dos canais. Por último, a zona distal é marcada por canais mal definidos e isolados, de preenchimento arenoso. Lençóis arenosos são mais comuns, resultado de inundações laminares e também devido ao espraiamento de fluxos arenosos antes canalizados, quando alcançam planícies aluviais (*Terminal Splays*) (Figura 38).

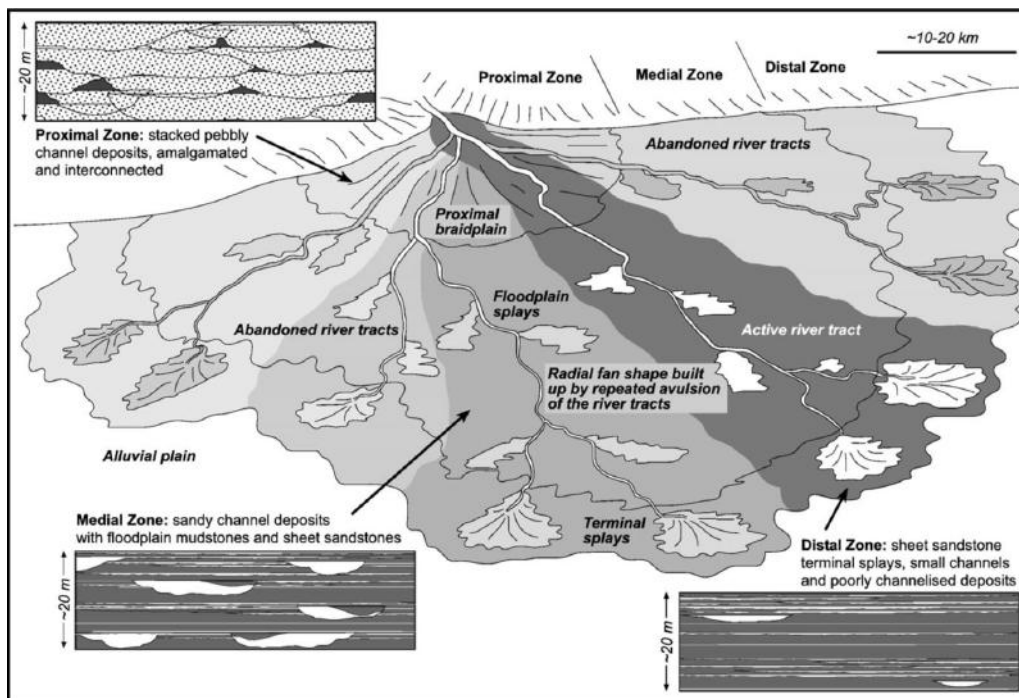


Figura 38: Modelo de sistema distributivo fluvial. Sua forma de leque é devido ao processo de avulsão. Características arquitetônicas das zonas proximal, mediana e distal são aqui propostas (Nichols & Fischer, 2007).

Portanto, neste trabalho, os depósitos da Associação de Fácies 1, melhor representada na porção sul da área de estudo, corresponde a zonas mais proximais do sistema, onde a declividade mais acentuada permitiu a instalação de rios errantes com carga de fundo cascalhosa-arenosa, com ocasionais fluxos de detritos provenientes da área-fonte.

Rumo ao interior da bacia, os canais perderam energia e, com isso, o transporte e a sedimentação passaram a ser dominados por rios de baixa sinuosidade com barras alternadas, representado pela Associação de Fácies 2. Neste caso, há um aumento significativo de planícies de inundação lamosas e diminuição do tamanho dos canais que são preenchidos predominantemente por barras arenosas.

Com a contínua perda d'água através de evaporação, os fluxos começaram a ocorrer em canais mais rasos, isolados, com extensas planícies de inundação ao redor, indicando uma menor taxa de avulsão. Com a diminuição da declividade em direção a regiões mais distais, lençóis de areia aumentam em proporção, resultado de inundações e/ou espriamento de fluxos antes canalizados. Esta dinâmica deposicional é atribuída ao início da zona distal do sistema, cujos depósitos

resultantes correspondem a Associação de Fácies 3, presente ao norte da área estudada. A Figura 39 traz a distribuição das associações de fácies presente neste trabalho.

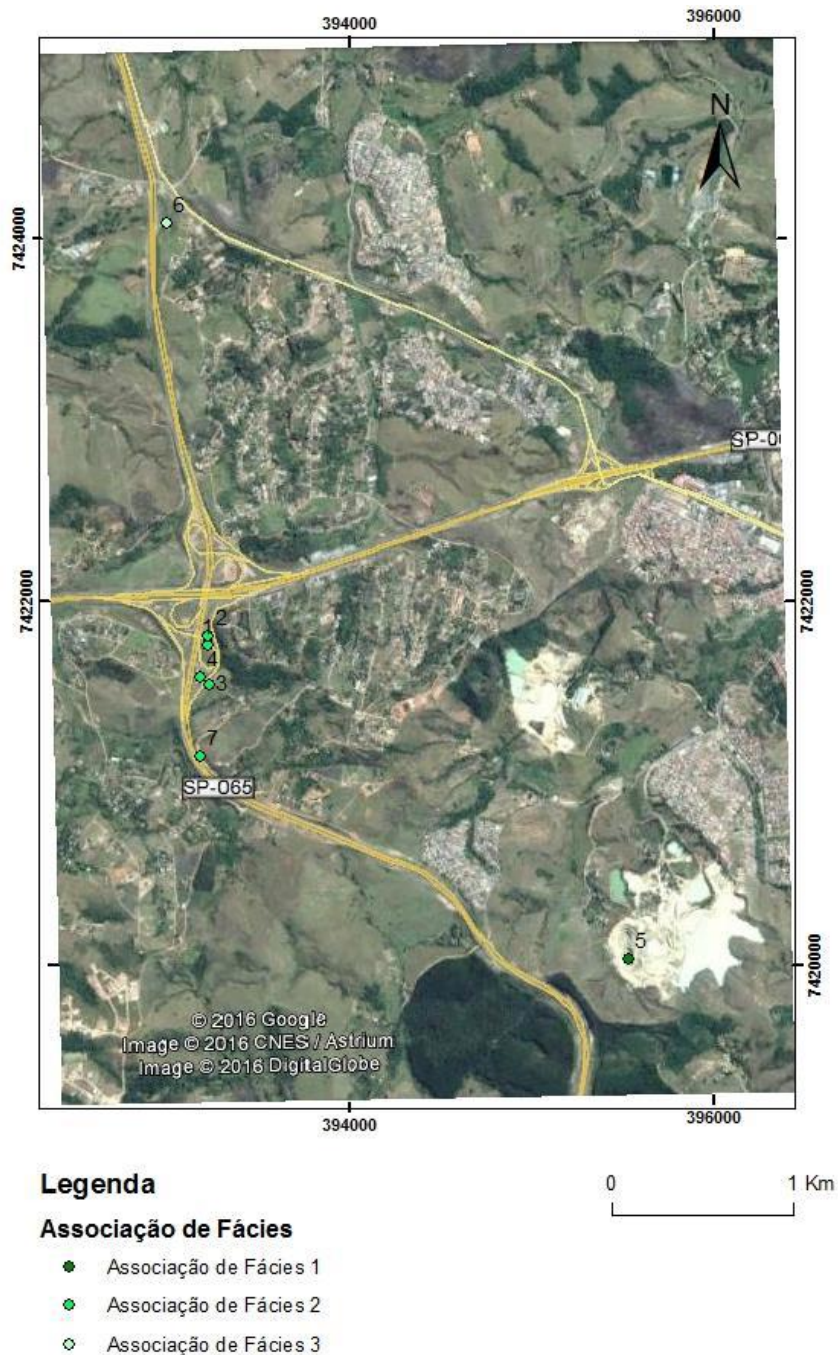


Figura 39: Distribuição das associações de fácies, da mais proximal (AF1) a mais distal (AF3). A área de estudo nesta imagem de satélite foi expandida para melhor representatividade. Imagem adaptada do *software Google Earth™* - acessada em 26/12/2016. Fuso: 23K, Datum: WGS84.

8. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi possível trazer uma nova visão deposicional sobre os depósitos da Formação Resende na região de Jacareí/SP. A identificação de elementos arquiteturais e a descrição litofaciológica foram de imensa importância para a interpretação paleoambiental.

A presença de camadas de arenitos e conglomerados finos com diversas estruturas sedimentares primárias, em feições canalizadas, com depósitos de planície de inundação adjacentes, demonstra que o transporte e sedimentação foram dominados por toda a extensão do sistema em contexto fluvial, diferenciando dos clássicos depósitos de leques aluviais, marcados por camadas predominantemente tabulares e preenchidas por fácies conglomeráticas muito grossas e geralmente maciças, proveniente de grandes fluxos de detritos. Além disso, a grande proporção de depósitos lamíticos e elementos arquiteturais como leques de arrombamento, acreção lateral e lençóis de areia, fogem do modelo típico de um sistema fluvial entrelaçado.

A composição predominantemente feldspática dos depósitos indica rápida deposição e soterramento, característicos do sistema distributário fluvial, enquanto a grande quantidade de depósitos de sedimentos finos sugere uma área fonte mais úmida e intensamente argilizada. A arquitetura deposicional proposta por Nichols & Fischer (2007), para cada zona, é similar aos depósitos aqui estudados, além das associações aqui descritas, demonstram a perda gradual de energia do sistema devido à alta taxa de evaporação de água, evidenciados pelo aumento na proporção de sedimentos finos, além da diminuição da espessura e granulometria dos canais. Os ocasionais fluxos gravitacionais são mais prováveis de serem resultados de intensas chuvas na área fonte, gerando enxurradas rumo à bacia, do que grandes movimentos na escarpa de falha.

Não é possível assegurar o sentido da paleocorrente destes depósitos. Algumas medidas direcionais foram tomadas, indicando um fluxo para o sentido NW, sendo condizente com o sentido das regiões mais distais do sistema.

Mais estudos são necessários para uma melhor definição do sistema. Principalmente focados na análise de paleocorrentes para delimitar o padrão radial gerado pela avulsão dos canais. Além da descrição de mais afloramentos para delimitação mais precisa de cada zona e estudos petrográficos para melhor descrição das litofácies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen J.R.L. 1983. Studies in fluvial sedimentation: bar, bar-complexes and sandstone sheets (low sinuosity braided systems) in the Brownstones (L. Devonian), Welsh Borders. *Sedimentary Geology*, **33**(4):237-293.

Allen J.R.L. 1970. *Physical Process of Sedimentation, an Introduction*. London, George Allen & Unwin, 248 p.

Almeida F.F.M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Supl.)*, **48**:15-26.

Ashley G.M. 1990. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. *Journal of Sedimentary Research*, **60**(1):160-172.

Asmus H.E. & Ferrari A.L. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na Região Sudeste do Brasil. In: PETROBRAS, *Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil*. Rio de Janeiro: CENPES/DINTEP, 1978. p.75-88. (Série Projeto REMAC, 4).

Blair T.C. & McPherson J.G. 1999. Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, **69**(1):6-19.

Boggs S. 2009. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Cambridge, Cambridge University Press, 600p.

Borghi L. 2000. Visão Geral da Análise de Fácies Sedimentares do Ponto de Vista da Arquitetura Depositional. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Geologia*, **53**:1-26.

Cain S.A. & Mountney N.P. 2009. Spatial and temporal evolution of a terminal fluvial fan system: the Permian Organ Rock Formation, south-east Utah, USA. *Sedimentology*, **56**(6):1774-1800.

Campanha V.A. 1994. *A arquitetura deposicional da Bacia Sedimentar de Taubaté, SP, como subsídio à delimitação das zonas de produção mineral*. Tese de Doutorado, Instituto Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, v.1, 193p. e v.2, 91p.

Carneiro C.D.R., Hasui Y., Giancursi F.D. 1976. Estrutura da Bacia de Taubaté na região de São José dos Campos. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 29, *Anais*, v.4, p.247-256.

Carvalho A.M.C., Vidal A.C., Kiang C.H. 2011. Delimitação do embasamento da Bacia de Taubaté. *Geologia USP, Série Científica*, **11**(1):19-32

Cogné, N., Cobbold, P.R., Riccomini, C.; Gallagher K. 2013. Tectonic setting of the Taubaté Basin (Southeastern Brazil): insights from regional seismic profiles and outcrop data. *Journal of South American Earth Sciences*, **42**:194-204.

- Collinson J.D. 1996. Alluvial Sediments. *In: Reading H.G. (ed.) Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Oxford, Willey-Blackwell, p.37-82.
- Collinson J.D., Mountney N., Thompson D. 2006. *Sedimentary Structures*. London, Terra Publishing, 302p.
- Fernandes F.L. 1993. *Arcabouço estrutural e evolução da Bacia de Taubaté - SP*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 147p.
- Fernandes F.L. & Chang H.K. 2003. Arcabouço estrutural da Bacia de Taubaté. *In: SBG, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 9, Boletim de Resumos*, p.367-370.
- Hasui Y. 2010. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. *Geociências*, **29**(2):141-169.
- Hasui Y., Carneiro C.D.R., Coimbra A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, **5**:257-264.
- Hungr O., Evans S.G., Bovis, M.J., Hutchinson J.N. 2001. A Review of the Classification of Landslides of Flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, **7**(3):221-238.
- Mancini F. 1995. *Estratigrafia e aspectos da tectônica deformadora da Formação Pindamonhangaba, Bacia de Taubaté, SP*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 107 p.
- Marques A. 1990. Evolução Tectono-Sedimentar e Perspectivas Exploratórias da Bacia de Taubaté, São Paulo, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **4**(1):221-240.
- Miall A.D. 1985. Architectural elements analysis: a new method on facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Science Reviews*, **22**(4):261-308.
- Miall A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Berlim, Springer-Verlag, 582p.
- Negrão A.P. 2014. *Evolução Tectonossedimentar e Deformação Rúptil Cenozoica da Região da Bacia Sedimentar de Volta Redonda (Segmento Central do Rift Continental do Sudeste do Brasil, RJ)*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 269p.
- Nichols G.J. & Fisher J.A. 2007. Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. *Sedimentary Geology*, **195**(1-2):75-90.
- Ramos R.R.C. 2003. *Sistemas aluviais terciários da Bacia de Resende, estado do Rio de Janeiro, Brasil: análise de fácies e revisão estratigráfica*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 221p.
- Riccomini C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 256p.

- Riccomini C., Sant'Anna L.G., Ferrari A.L. 2004. Evolução Geológica do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. *In*: Mantesso-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, Editora Beca, p.383-405.
- Rust B.R. & KOSTER E.H. 1984. Coarse Alluvial Deposits. *In*: Walker R.G. (ed.) *Facies Models*. Toronto, Geological Association of Canada, p.53-69.
- Salvador, E.D. & Riccomini C. 1995. Neotectônica da Região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, **25**(3):151-164.
- Vespucci J.B.O. 1984. *Sistemas deposicionais e evolução tectono-sedimentar da Bacia de Taubaté – SP*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade São Paulo, São Paulo, 98p.
- Vidal A.C., Fernandes F.L., Chang H.K. 2004. Distribuição dos Arenitos na Bacia de Taubaté - SP. *Geociências*, **23**(1/2):55-66.
- Walker R.G. 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. *In*: Walker R.G. & James N.P. (eds.). *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Toronto, Geological Association of Canada, p.1-14.
- Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**(5):377-392.
- Zalán P.V. & Oliveira J.A.B. 2005. Origem e Evolução Estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **13**(2):269-300.
- Zalán P.V. 1986. A tectônica transcorrente na exploração do petróleo: uma revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, **16**(3):245-257.