

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DAS UNIDADES SEDIMENTARES
CRETÁCEAS DA REGIÃO DO ALTO DO PARACATU, BACIA
SANFRANCISCANA

VICTOR CARVALHO CABRAL

Orientador: Prof. Dr. Mario Luis Assine

“Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Conclusão do Curso de (nome do curso) do (Instituto de origem) – UNESP, campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de 2016”

Rio Claro – SP
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

VICTOR CARVALHO CABRAL

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DAS UNIDADES SEDIMENTARES
CRETÁCEAS DA REGIÃO DO ALTO DO PARACATU, BACIA
SANFRANCISCANA

Trabalho de Formatura apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Geólogo.

Rio Claro (SP)

2016

551.7 Cabral, Victor Carvalho
C117a Análise estratigráfica das unidades sedimentares
cretáceas da região do Alto do Paracatu, Bacia Sanfranciscana
/ Victor Carvalho Cabral. - Rio Claro, 2016
52 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas

Orientador: Mario Luis Assine

1. Geologia estratigráfica. 2. Fácies sedimentares. 3.
Sistemas deposicionais. 4. Unidade estratigráfica. I. Título.

VICTOR CARVALHO CABRAL

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DAS UNIDADES SEDIMENTARES
CRETÁCEAS DA REGIÃO DO ALTO DO PARACATU, BACIA
SANFRANCISCANA

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto
de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de
Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Geólogo.

Comissão examinadora:

Mario Luis Assine (orientador)

Lucas Veríssimo Warren

Giancarlo Scardia

Rio Claro, 17 de Junho de 2016

Victor Carvalho Cabral

Mario Luis Assine (orientador)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao Programa de Formação de Recursos Humanos em Geociências e Ciências Ambientais Aplicadas ao Petróleo – PRH 05/UNESP, ao PFRH/Petrobras e ao PRH/ANP –FINEP/MCTI, pelo apoio financeiro e acadêmico, indispensáveis à realização deste trabalho de conclusão de curso.

Ao Prof. Mario Luis Assine, pela paciência, auxílio e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho, fundamental para minha formação como geólogo. Aos colegas geólogos Filipe Varejão e Patrícia Colombo Mescolotti, pela ajuda nos trabalhos de campo e no desenvolvimento deste trabalho, além da amizade. Aos professores Lucas Warren, Mariano Verde e Renata Guimarães Netto pela ajuda com a identificação dos icnofósseis observados em campo.

Aos meus colegas da turma de Geologia 2010, especialmente à Vanessa, Thamiris, Raquel e Michele, pelos ótimos momentos juntos e pela amizade. Aos meus amigos de intercâmbio, Carolina, Ana, Jennifer, Marco e Igor, e aos meus amigos de Araraquara, Bruno, Giordano, Murillo, Ana e Jéssica, pelos anos de amizade e por todo carinho. Aos meus cachorros, Otto e Boris, pelo companheirismo e pela distração necessária nos momentos de stress e solidão.

E, finalmente e principalmente, a minha família: Sirlei, Carlos e Carla. Obrigado pelo carinho, apoio financeiro e psicológico, por sempre acreditar em mim e por sempre me fazer ver as situações e pessoas pelo lado positivo.

*“Science, my lad, is made up of mistakes, but they are mistakes which it is useful to make,
because they lead little by little to the truth.”*

- **Júlio Verne**, Viagem ao centro da Terra

“You can never be overdressed or overeducated”

- **Oscar Wilde**

RESUMO

As unidades sedimentares mesozoicas da região do Alto do Paracatu são classicamente mapeadas como Grupo Urucuia da Bacia Sanfranciscana. No entanto, trabalhos mais recentes têm mapeado as unidades cretáceas da região como Grupo Areado, sem determinar formação. A região do Alto do Paracatu apresenta grande importância no que tange seu conteúdo fóssilífero, com o primeiro registro de fósseis de vertebrados continentais na Bacia Sanfranciscana. Estudos mais detalhados sobre esta bacia são de grande importância devido a sua relação e contemporaneidade com bacias marginais brasileiras produtoras de petróleo e gás. Este trabalho aborda as unidades estratigráficas presentes na região do Alto do Paracatu, propondo que o paleoambiente da região se trata de um sistema do tipo *playa lake* com interação eólica e a unidade presente é a Formação Quiricó, Grupo Areado. A partir análise das fácies sedimentares da região, feita através do levantamento de oito seções colunares, foi possível caracterizar duas associações de fácies: associação de fácies da porção inferior das seções com predominância de fácies siliciclásticas finas, e associação de fácies da porção superior com predominância de arenitos. A análise das fácies sedimentares foi fundamental na interpretação do sistema deposicional, destacando-se evidências de minerais evaporíticos, presença de gretas de contração e a presença icnofósseis da icnoespécie *Taenidium Barretti*. O empilhamento das fácies mostra crescente proporção de sedimentos arenosos na porção superior das seções, indicando interação e avanço de dunas eólicas sobre o sistema de *playa lake*. Com base nos dados obtidos e correlação das seções levantadas na região do Alto do Paracatu com seções em regiões mapeadas como Formação Quiricó, fica evidente que as rochas da área estudada devem ser classificadas estratigraficamente como Formação Quiricó, Grupo Areado da Bacia Sanfranciscana.

Palavras-chave: Fácies sedimentares. Sistema deposicional. Unidade estratigráfica.

ABSTRACT

The Mesozoic sedimentary units at the Alto do Paracatu region are classically mapped as Urucuia Group, Sanfranciscana Basin. However, recent articles have been mapping the region as Areado Group. The Alto do Paracatu region is very important regarding its fossil content, with the first continental vertebrate remains described in the Sanfranciscana Basin. More studies about this basin are important due to its relation and contemporaneity with Brazil's oil producing marginal basins. This thesis discusses the stratigraphic units occurring in the Alto do Paracatu region, proposing that the paleoenvironment should be interpreted as a *playa lake* system with eolian influence and that the deposits must be referred to the Quiricó Formation, Areado Group. Through facies analysis is possible to characterise two different facies association: at the bottom portion of the columnar sections with pelitic sediments prevailing, and at top portion with sandstones prevailing. Facies analysis was fundamental to interpret the depositional system, relying especially on evidences of evaporitic minerals, desiccation cracks and the occurrence of trace fossils of the icnoespecies *Taenidium Barretti*. The facies successions highlight the increasing proportion of sandstones upward the columnar sections, indicating an interaction and progradation of eolian dunes upon the *playa lake* system. Hence, based on the facies analysis and on the correlation between sections from the Alto do Paracatu region with columnar sections from regions mapped as Quiricó Formation, it is clear that the Mesozoic sedimentary units at the study region should be stratigraphically classified as Quiricó Formation, Areado Group of the Sanfranciscana Basin.

Keywords: Depositional system. Facies analysis. Stratigraphic unit.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 LOCALIZAÇÃO E FIOGRAFIA DA ÁREA.....	1
2 CONTEXTO GEOLÓGICO DA BACIA SANFRANCISCANA	3
2.1 GRUPO AREADO	5
2.1.1 Formação Abaeté	5
2.1.2 Formação Quiricó.....	5
2.1.3 Formação Três Barras	7
2.2 GRUPO URUCUIA	7
2.2.1 Formação Posse	7
2.2.2 Formação Serra Das Araras	9
3 OBJETIVOS	10
4 ATIVIDADES REALIZADAS E MÉTODOS UTILIZADOS	11
4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	11
4.2 LEVANTAMENTO DE SEÇÕES COLUNARES E ANÁLISE DE FÁCIES	11
4.3 INTERPRETAÇÃO DOS PALEOAMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO	13
5 RESULTADOS.....	14
5.1 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES	14
5.1.1 Associação de fácies da porção inferior	18
5.1.2 Associação de fácies da porção superior.....	23
6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	27
6.1 SISTEMA DEPOSICIONAL	27
6.1.1 Evidências de evaporitos	27
6.1.2 Empilhamento das fácies sedimentares	28
6.1.3 Icnofósseis.....	31
6.2 UNIDADE ESTRATIGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO	33
7 CONCLUSÕES	38
Referências Bibliográficas	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de localização da área de estudo	2
Figura 02: Carta estratigráfica da Bacias Sanfranciscana	4
Figura 03: Perfil composto apresentando as unidades do Grupo Areado.....	8
Figura 04: Perfil mostrando as fácies sedimentares do Grupo Urucuia	9
Figura 05: Localização das seções colunares levantadas.	12
Figura 06: Correlação entre seções colunares 01, 02, 03 e 08.....	15
Figura 07: Correlação entre seções colunares 04, 05, 06 e 07.....	16
Figura 08: Perfil representativo da região de estudo.....	17
Figura 09: Fácies St e Sm	19
Figura 10: Fácies H.....	20
Figura 11: Fácies Fm.....	22
Figura 12: Fácies psamítica.....	25
Figura 13: Fácies H.....	26
Figura 14: Esquema da deposição da associação de fácies inferior.....	29
Figura 15: Esquema de deposição da associação de fácies superior	30
Figura 16: Icnospécie <i>Taenidium Barretti</i>	33
Figura 17: Fácies observadas na região de Chapada Gaúcha - MG.....	35
Figura 18: Localização da seções colunares Martelo e Marimbo.....	36
Figura 19: Correlação entre seções Marimbo e Martelo e perfil representativo.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Coordenadas das seções colunares levantadas	11
Tabela 02: Fácies descritas neste trabalho.....	14

1 INTRODUÇÃO

A Bacia Sanfranciscana corresponde às coberturas fanerozoicas do Cráton São Francisco e constitui um dos mais expressivos eventos de sedimentação continental do Cretáceo Inferior no país (Sgarbi *et al.* 2011). É uma das bacias sedimentares brasileiras com menor grau de conhecimento geológico e sua relação e contemporaneidade com bacias marginais brasileiras produtoras de óleo e gás faz com que estudos mais detalhados sejam de grande importância.

A bacia compreende duas sub-bacias: sub-bacia Urucuia, a norte, e sub-bacia Abaeté, a sul. Essa segmentação foi consequência de soerguimento regional do embasamento, na região hoje denominada Alto do Paracatu (Campos & Dardenne 1997). No alto do Paracatu, as rochas mesozoicas da Bacia Sanfranciscana ocorrem na forma de pequenas chapadas e mesetas, em discordância litológica sobre o Grupo Bambuí. As rochas mesozoicas da região são tradicionalmente mapeadas como Grupo Urucuia (Schobbenhaus & Campos 1984). Contudo, trabalhos mais recentes, como o mapeamento da folha Coração de Jesus feito pela CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (2014), têm mapeado a região como Grupo Areado, sem definir a qual formação as rochas da área pertencem.

Com base na análise das fácies sedimentares da região do Alto do Paracatu e sua comparação com as fácies e seções colunares da Formação Quiricó e Grupo Urucuia, este trabalho de conclusão de curso (TCC) defende a concepção que as rochas mesozoicas da região do Alto do Paracatu foram formadas em ambiente do tipo *playa lake* com influência eólica e pertencem à Formação Quiricó, Grupo Areado da Bacia Sanfranciscana. A região do Alto do Paracatu apresenta grande potencial fossilífero, com recentes descobertas de *bone beds* de vertebrados continentais, dinossauros saurópodes da espécie *Tapuiasaurus macedoi* (Pires-Domingues 2009; Silva 2013; Zaher *et al.* 2011). A definição da unidade litoestratigráfica é importante para o posicionamento estratigráfico dos níveis de *bone beds* descritos na literatura.

1.1 LOCALIZAÇÃO E FISIOGRAFIA DA ÁREA

A área estudada está localizada na região norte do Estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. Os principais municípios de referência são Coração de Jesus, Ibiaí e Montes Claros.

As atividades deste TCC foram focadas principalmente no município de Coração de Jesus, situado na região conhecida como Alto do Paracatu (Campos & Dardenne 1997a). A figura 1 mostra a localização da área de estudo.

A região onde se encontram as cidades de Coração de Jesus e de Montes Claros caracteriza-se por clima tropical, com invernos secos e amenos e verões quentes e úmidos, com temperatura média anual de 22°C e precipitação média anual de 1082 mm (IBGE 2013). O Bioma da região é o cerrado (IBGE 2013).

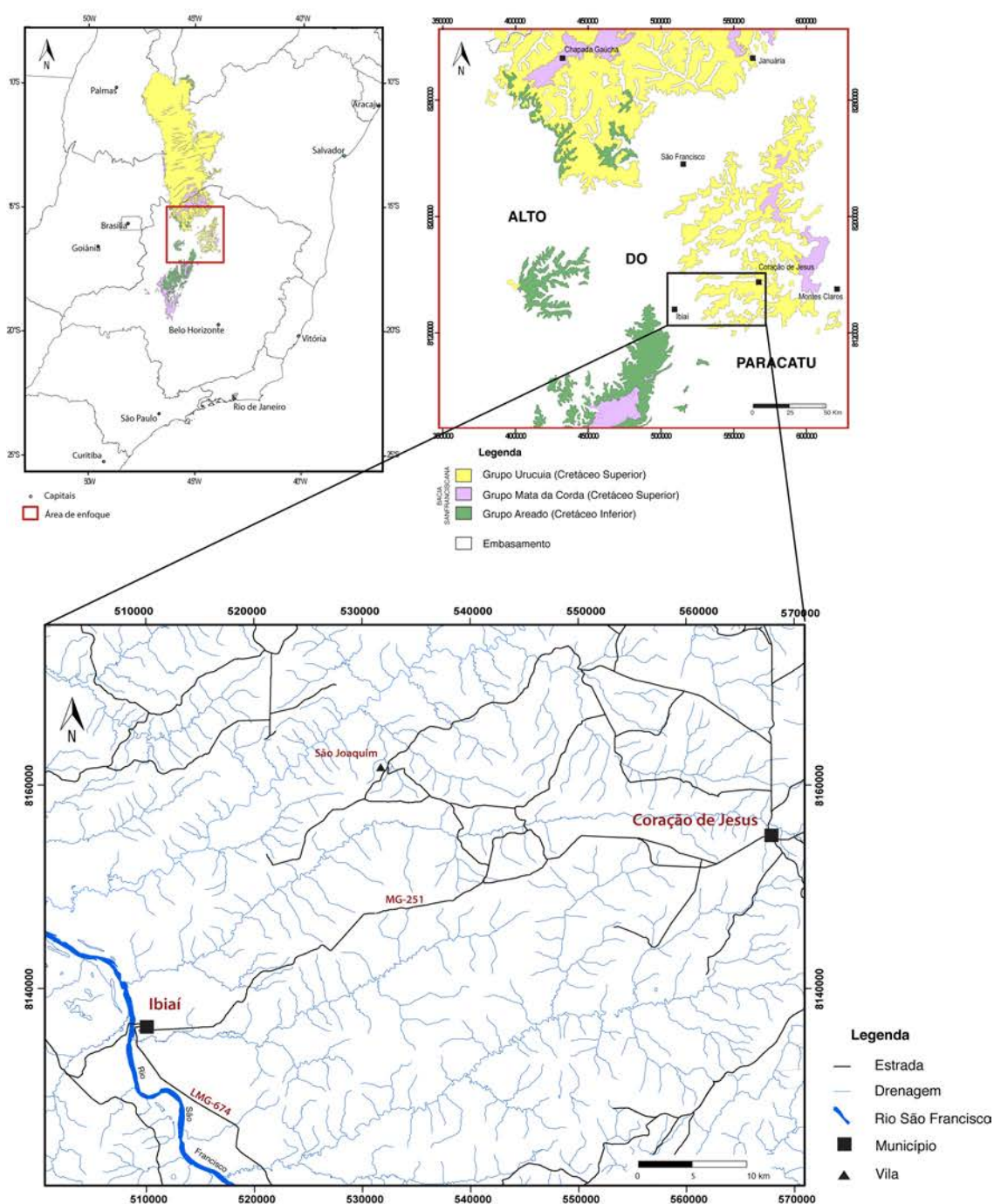


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Coordenadas UTM, datum WGS84 zona 23 S. (CPRM 2006; CODEMIG 2014)

2 CONTEXTO GEOLÓGICO DA BACIA SANFRANCISCANA

A Bacia Sanfranciscana é uma bacia intracratônica e constitui as coberturas fanerozoicas do Cráton São Francisco. Se estende desde o oeste de Minas Gerais (latitude 20°S) até o sul dos estados do Maranhão e Piauí (Latitude 10°S), com extensão aproximada de 1100 km e largura predominante de 200 km (Sgarbi *et al.* 2001). A bacia possui formato alongado com direção Norte-Sul, sobreposta a sedimentos neoproterozoicos do Grupo Bambuí, granitóides do embasamento regional, rochas mesoproterozoicas da Suíte Natividade e sedimentos da Bacia do Parnaíba (Sgarbi *et al.* 2001).

A evolução da Bacia Sanfranciscana pode ser dividida em três ciclos tectono-sedimentares distintos (Sgarbi *et al.* 2011):

- O primeiro ocorreu durante o Permo-Carbonífero, com a deposição do Grupo Santa-Fé, de origem glacial com extensas ocorrências de tilitos, varvitos e pavimentos estriados, no Norte de Minas Gerais;
- O segundo ciclo desenvolveu-se durante o Cretáceo Inferior e é representado pelo Grupo Areado, com depósitos do tipo *wadi*, leque aluvial, rios meandantes e entrelaçados, além de depósitos eólicos e lacustres, representando um grande ambiente desértico. Este ciclo é crono-correlato a sequências pré-sal de bacias marginais brasileiras, como as de Campos e Santos;
- O terceiro ciclo desenvolveu-se no Cretáceo Superior com a formação do Grupo Mata da Corda e Grupo Urucuia. O Grupo Mata da Corda consiste em uma associação de lavas alcalinas-ultramáficas e sedimentos vulcanoclásticos, ocorrendo na porção meridional da Bacia; o Grupo Urucuia, composto predominantemente por arenitos, ocorre desde o centro até a parte Norte da bacia.

A Bacia limita-se a sul pelo Alto do Parnaíba, que a separa da Bacia do Paraná, e a norte pelo Alto do São Francisco, que a separa da Bacia do Parnaíba (Campos & Dardenne 1997a). As faixas Brasília e Araçuaí/Espinhaço Setentrional limitam, respectivamente, as bordas ocidental e oriental (Campos & Dardenne 1997a). É subdividida em duas sub-bacias, Abaeté, ao sul, e Urucuia, na porção centro-norte. Estas estão separadas pelo Alto do Paracatu presente na região meridional da Bacia Sanfranciscana (Campos & Dardenne 1997b) e corresponde à região de interesse deste trabalho. A Figura 2 mostra a carta estratigráfica da Bacia Sanfranciscana, com destaque para os grupos Areado e Urucuia.

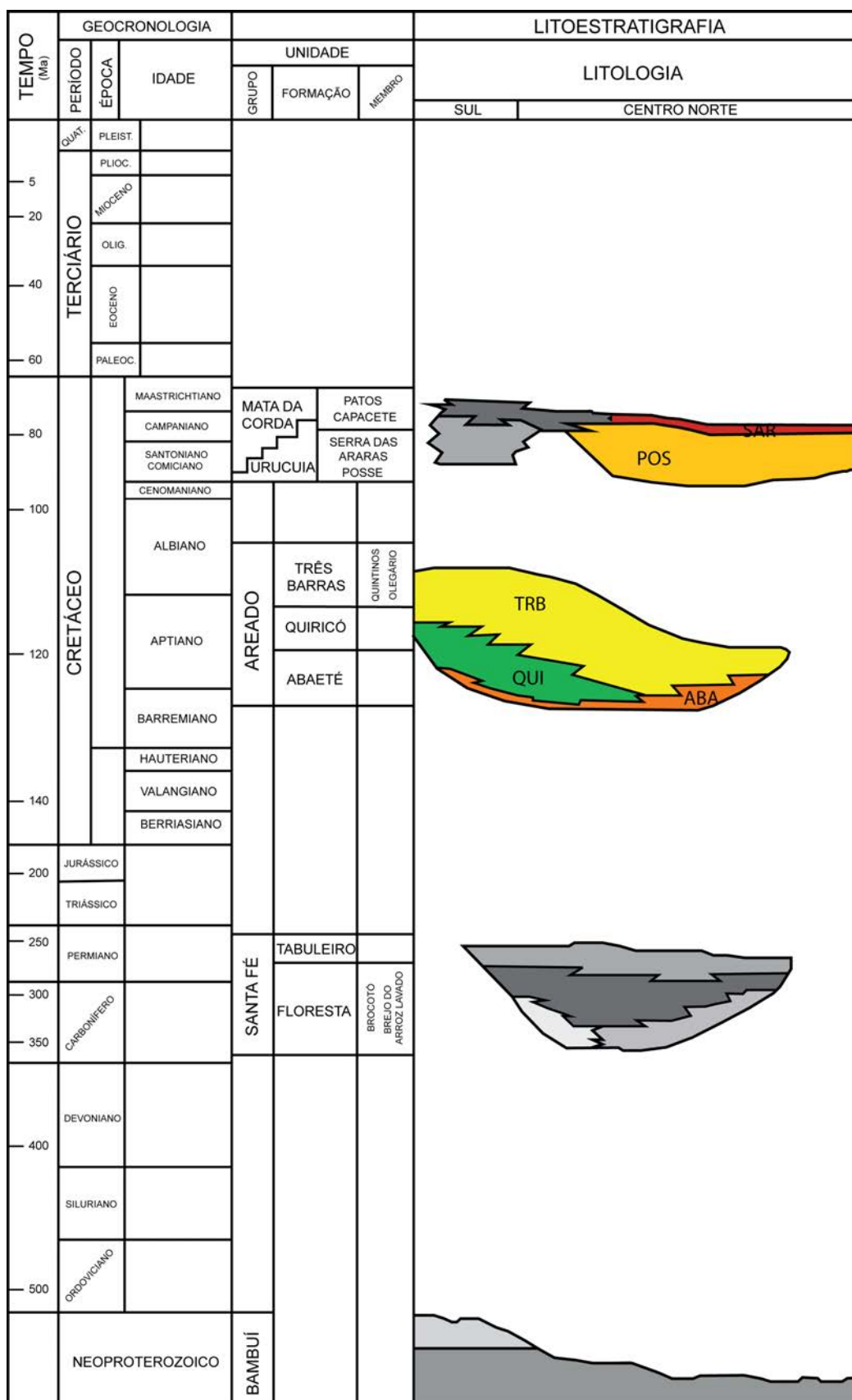


Figura 2: Carta estratigráfica da Bacias Sanfranciscana, com Grupos Areado e Urucuia em destaque. Adaptado de Campos & Dardenne (1997a). ABA = Abaeté, QUI = Quiricó, TRB = Três Barras, POS = Posse e SAR = Serra das Araras.

2.1 GRUPO AREADO

O Grupo Areado está compreendido cronoestratigraficamente entre o Barremiano inferior e o Albiano médio (Campos & Dardenne 1997). Está distribuído por toda a bacia, sendo contínuo na sub-bacia Abaeté e descontínuo na sub-bacia Urucuia (Campos 1996). Apresenta uma ampla variação lateral de fácies em função da atuação de diferentes ambientes deposicionais, como leque aluvial, fluvial meandrante e entrelaçado, flúvio-deltaico, lacustre, campo de dunas e interdunas. É composto pelas Formações Abaeté, Quiricó e Três Barras. A figura 3 mostra a seção tipo das unidades do Grupo Areado, proposto por Campos (1996).

2.1.1 Formação Abaeté

Constitui a porção basal do Grupo Areado e, mesmo não sendo contínua por toda a bacia, possui uma ampla distribuição horizontal, especialmente na porção centro-sul (Campos & Dardenne 1997a). Na porção sul da bacia, região afetada pelo soerguimento do alto do Paranaíba, a Formação Abaeté é composta por conglomerado sustentado pela matriz com predomínio de clastos provenientes do embasamento (Campos 1996). Nas demais regiões, é composta por conglomerados clasto-sustentado, com predomínio de seixos de quartzitos (Campos 1996). A sedimentação desta formação, de acordo com Sgarbi *et al.* (2001; 2011), resulta da implantação de processos de deposição gravitacional, na forma de leques aluviais e fluxos aquosos que geraram depósitos do tipo *wadi*, em um ambiente desértico.

2.1.2 Formação Quiricó

Constitui a formação mais importante no que tange ao conteúdo fóssilífero e, consequentemente, quanto ao posicionamento cronoestratigráfico da Bacia Sanfranciscana. A Formação Quiricó representa um preenchimento de lagos do tipo *playa lake*, formados em depressões circundadas por ruditos originados por depósitos de leques aluviais do tipo *wadi* e arenitos eólicos e fluviais (Campos 1996). Possui uma morfologia alongada de sul para norte, com depocentros isolados e espessuras geralmente delgadas, relacionada possivelmente com o paleorelevo ondulado da região (Sgarbi *et al.* 2001). Apresenta espessura máxima de 100 m na sub-bacia Abaeté, reduzindo-se rapidamente lateralmente (Campos 1996).

A Formação Quiricó é composta predominantemente por folhelhos e siltitos, interestratificados. Arenitos finos a médios, intercalados aos pelitos, tornam-se mais frequentes em direção ao topo da formação (Campos 1996). De modo restrito, ocorrem calcários micríticos cinza esverdeados associados aos pelitos. Ocorrem também, próximo ao município de Presidente Olegário (MG), folhelhos pretos, ricos em matéria orgânica, refletindo um ambiente mais profundo, com espessura média de 5 m (Sgarbi *et al.* 2001; Sgarbi *et al.* 2011). Os siltitos, folhelhos e argilitos podem exibir moldes e pseudomorfos de sal e gipsita, atestando o clima desértico que imperava (Moraes *et al.* 1986; Sgarbi 1989).

A Formação Quiricó apresenta abundante conteúdo fossilífero, onde se destacam artrópodes, restos de plantas, conchostráceos, ostracodes e peixes (Carvalho & Kattah 1998; Carmo *et al.* 2004). Os folhelhos pretos da região de Presidente Olegário, como descrito por Scorza & Santos (1995), contêm remanescentes fósseis de peixes teleósteos *dastilbe moraensi* nov. Sp., de água doce, associados a restos vegetais indeterminados. Peixes osteoglossiformes *laeliichtys ancestralis* (Santos 1985) também foram descritos dentro da Formação Quiricó, e relacionam-se com espécimes de outras partes da América do Sul, África Austrália e Índia, cujas origens remetem ao Aptiano do Gondwana (Sgarbi *et al.* 2011).

Outro importante achado na Formação Quiricó foi o *Celacanto Mawsonia* (Carvalho *et al.* 1995; Carvalho & Maisey 2008), um peixe típico de água doce do Neocomiano do Gondwana, contribuindo para o conhecimento da paleogeografia e identidade faunal dessa época. Trabalhos anteriores, como os de Scorza & Santos (1995), Sgarbi (1989), Arai *et al.* (1990), Duarte (1968), Cardoso (1971) e Barbosa *et al.* (1971), identificaram dentro da Formação Quiricó um conteúdo fossilífero estritamente continental, na forma de peixes, conchostráceos, ostracodes e pólenes. Mais recentemente, nos trabalhos de Zaher *et al.* (2011), de Souza-Carvalho *et al.* (2003) e Pires-Domingues (2009), foram descritos restos de vertebrados continentais, dinossauros saurópodes da espécie *Tapuiasaurus macedoi*, de idade aptiana, em afloramentos nas serras de Embira Branca, próximo a Coração de Jesus – MG.

A Formação Quiricó está sobreposta à Formação Abaeté ou ao embasamento neoproterozoico e, em alguns locais, encontra-se interdigitada com a Formação Três Barras (Sgarbi *et al.* 2011). Na sub-bacia Urucuia, aparece apenas em localidades restritas (Campos 1996).

2.1.3 Formação Três Barras

A Formação Três Barras constitui a unidade com maior diversidade litológica no Grupo Areado, maior volume de rocha e uma ampla área de ocorrência (Sgarbi *et al.* 2001). Exibe espessura de aproximadamente 150 m na sub-bacia Abaeté, que se adelgaça rapidamente em direção a Norte (Sgarbi *et al.* 2001). É composta predominantemente por arenitos, podendo ser dividida em dois membros: Quintino e Olegário.

O Membro Quintino é resultante de deposição em ambiente flúvio-deltaico onde predominam as fácies de arenitos finos sigmoides e arenitos finos tabulares, conforme descrito por Ladeira & Brito (1968), Ladeira *et al.* (1971) e Sgarbi (1989). Também é descrito por Seer *et al.* (1989) ambiente fluvial meandrante onde predominam arenitos conglomeráticos, com amplas planícies de inundação. O segundo membro, Olegário, é constituído por arenitos eólicos, dominante em termos de área de ocorrência e volume, com espessura máxima de 70 m (Sgarbi 1989; 1991)

2.2 GRUPO URUCUIA

O Grupo Urucuiá é a unidade que apresenta a maior distribuição em área da Bacia Sanfranciscana. Está localizado na porção centro-norte da bacia, abrangendo os estados do Piauí, Bahia, Goiás e Minas Gerais (Spigolon & Alvarenga 2002). Sua ocorrência é predominante na sub-bacia Urucuiá, sendo descontínua na sub-bacia Abaeté e na região do Alto de Paracatu, registrada apenas em morros testemunhos (Campos 1996). Sua espessura varia, desde 25 m a sul até 80 m na região norte, chegando a até 200 m no depocentro (Sgarbi *et al.* 2011).

A unidade está depositada sobre o Grupo Bambuí e as rochas paleozoicas da Bacia do Parnaíba, e também sobre o Grupo Santa fé, Formação Três Barras e Abaeté (Campos 1996). Corresponde a um conjunto de arenitos continentais do Cretáceo Superior, depositados em ambiente desértico, numa interação entre sistemas eólicos e fluviais, composto pelas formações Posse e Serra das Araras. A figura 4 mostra a seção tipo do Grupo Urucuiá, proposta por Campos (1996).

2.2.1 Formação Posse

Constitui a parte basal do Grupo Urucuiá e pode ser subdividida em dois membros distintos. O Membro Inferior é formada por arenitos depositados em um sistema eólico de

campo de dunas (Campos 1996). Os arenitos desse membro apresentam uma boa maturidade textural e seleção, além de estratificação tangencial de grande porte. O Membro superior é formado por arenitos argilosos, com deposição em um ambiente fluvial entrelaçado psamítico com influência eólica (Campos 1996). Os arenitos são de coloração branca a ocre, bem selecionados e mais imaturos, mais silificados e menos porosos que os do membro da base (Campos & Dardenne 1999). Estratificações cruzadas tabulares e tangenciais de pequeno porte são comuns enquanto estratos plano-paralelos são mais raros (Campos 1996)

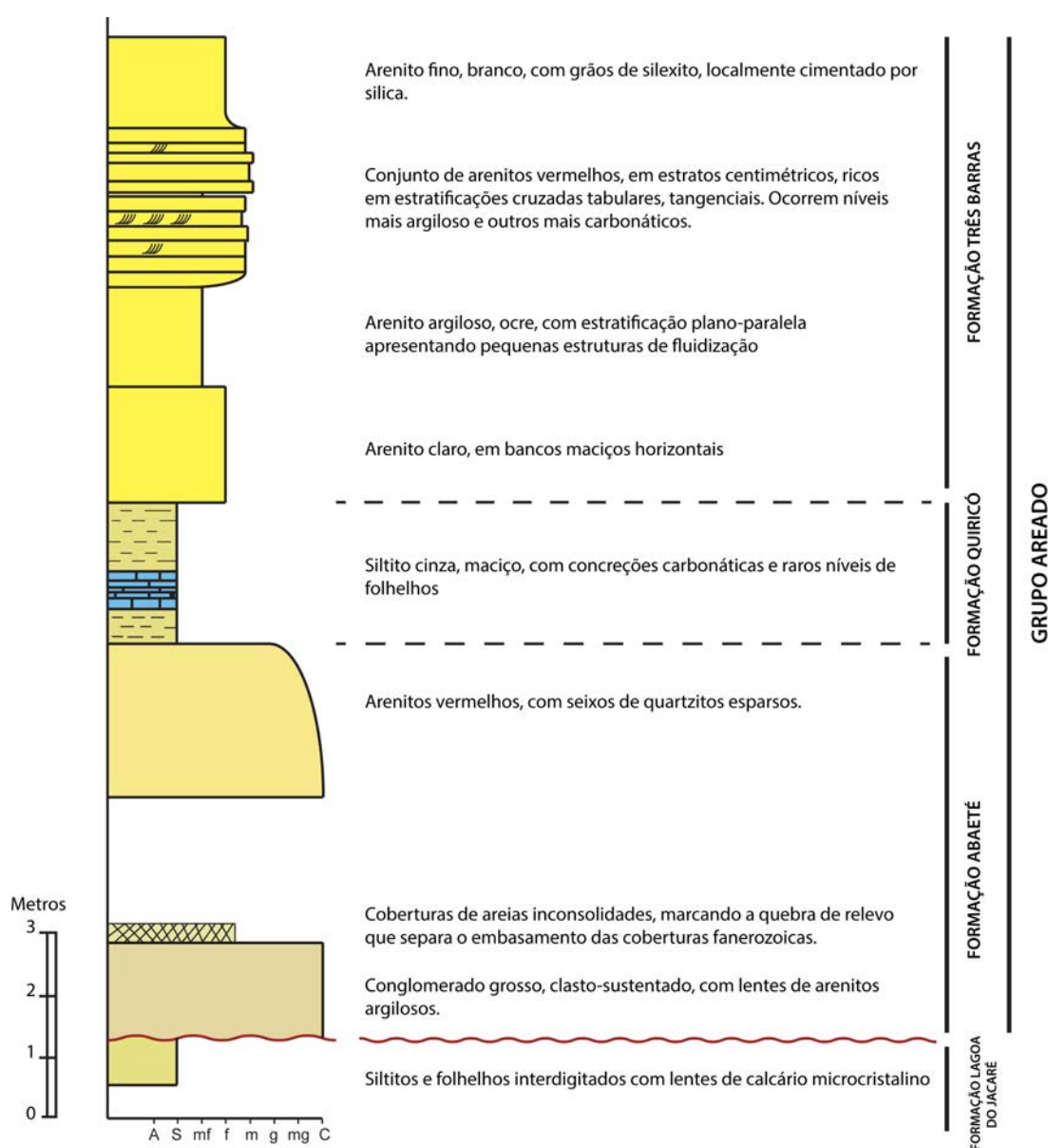


Figura 3: Perfil composto apresentando as unidades do Grupo Areado, da Bacia Sanfranciscana. Adaptado de Campos (1996).

2.2.2 Formação Serra Das Araras

Corresponde à porção superior do Grupo Urucuia e é composta por arenitos, argilitos, conglomerados (Spigolon & Alvarenga 2002). Os arenitos são silicificados, com uma maturidade composicional e imaturidade textural, e apresentam estratificação cruzada acanalada de grande porte (Campos & Dardenne 1997b). De acordo com Campos (1996), a sedimentação dessa fácies ocorreu num ambiente fluvial em amplas planícies, com variação do regime e carga de fluxos. Essa formação apresenta ainda retrabalhamentos da fácies 1 e 2 da Formação Posse, observado pela presença de seixos de arenitos desta. A Formação Serra das Araras representa o início da grande inversão climática no topo do grupo Urucuia, passando de um clima desértico para um clima mais úmido (Campos 1996)

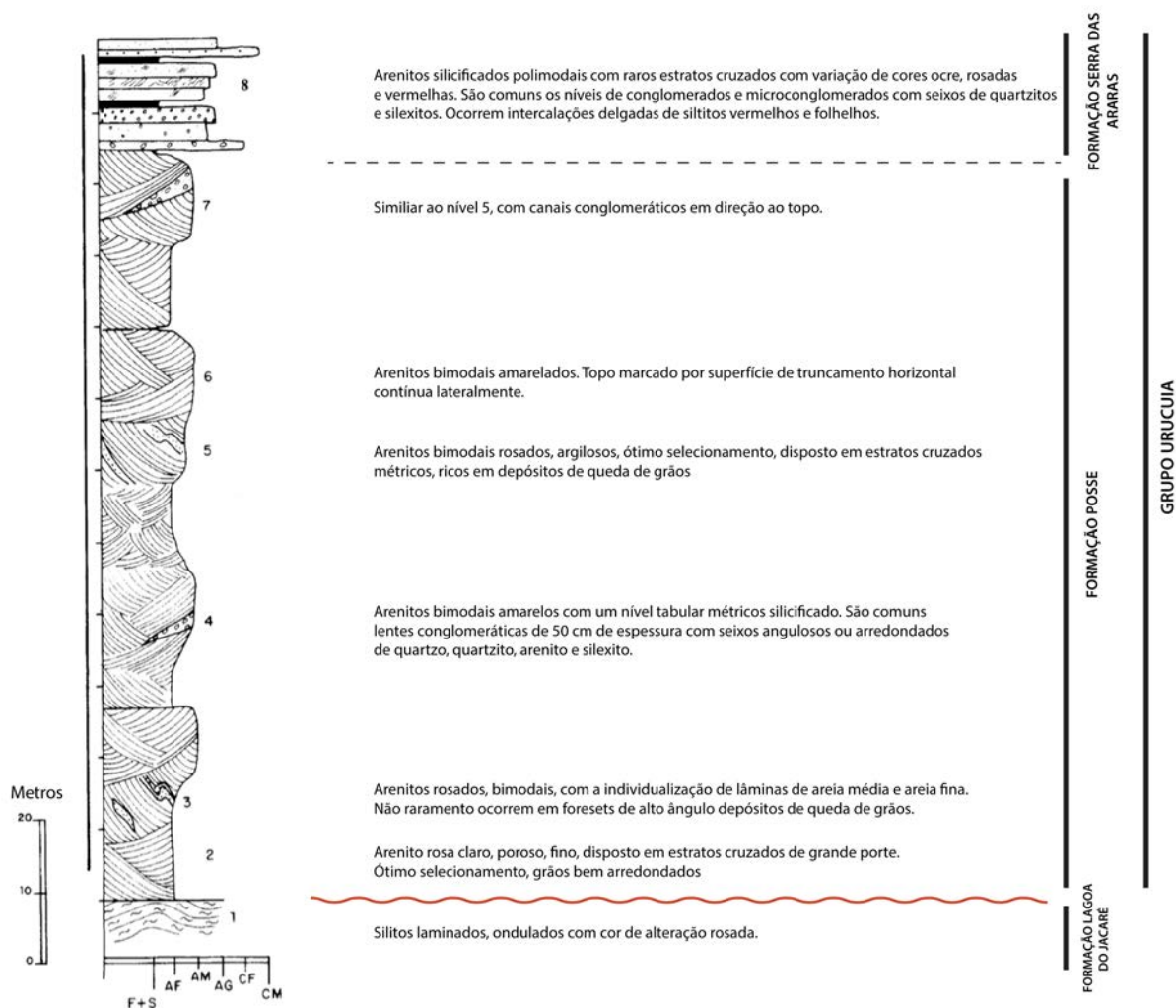


Figura 4: Perfil mostrando as fácies sedimentares do Grupo Urucuia, Bacia Sanfranciscana. Adaptado de Campos & Dardenne (1997)

3 OBJETIVOS

Este TCC tem como objetivo o estudo das unidades sedimentares cretáceas que ocorrem na região do Alto do Paracatu, Bacia Sanfranciscana. A região apresenta grande importância devido ao seu conteúdo fossilífero, com os primeiros fósseis de vertebrados continentais descrito para a Bacia Sanfranciscana. Dentro deste contexto, os objetivos específicos a serem alcançados são:

- Descrição e interpretação das fácies sedimentares;
- Interpretação do sistema deposicional em que ocorreu a sedimentação;
- Definição da unidade estratigráfica (formação) presente na área.

4 ATIVIDADES REALIZADAS E MÉTODOS UTILIZADOS

4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

O trabalho teve início com a pesquisa bibliográfica acerca da Bacia Sanfranciscana, através de teses, dissertações, artigos e relatórios, com enfoque especial na Formação Quiricó do Grupo Areado. A partir dos dados coletados foi confeccionado banco de dados contendo todo o material bibliográfico, mapas e figuras.

4.2 LEVANTAMENTO DE SEÇÕES COLUNARES E ANÁLISE DE FÁCIES

Foram realizadas duas campanhas de campo: A primeira nos dias 08 a 18 de Maio de 2015, na região de Presidente Olegário, Minas Gerais. A segunda ocorreu nos dias 02 a 09 de Dezembro de 2015, na região de Coração de Jesus e Chapada Gaúcha, Minas Gerais. As atividades realizadas consistiram no reconhecimento da bacia de estudo, análise das fácies sedimentares e levantamento de seções colunares. Ao todo, foram levantadas oito (08) seções, cujas coordenadas e localização podem ser observadas na tabela 01 e figura 05, respectivamente, e serviram como material base para a confecção desta monografia.

Tabela 01: Coordenadas das seções colunares levantadas em campo. (Coordenadas UTM, datum WGS84, zona 23 S).

Seção	E (m)	N (m)	Z(m)
Seção 01	560.372	8.145.644	745
Seção 02	557.001	8.144.072	735
Seção 03	559.196	8.144.935	745
Seção 04	540.555	8.156.934	685
Seção 05	537.951	8.155.763	691
Seção 06	544.989	8.156.285	720
Seção 07	540.101	8.145.718	719
Seção 08	550.138	8.156.213	729

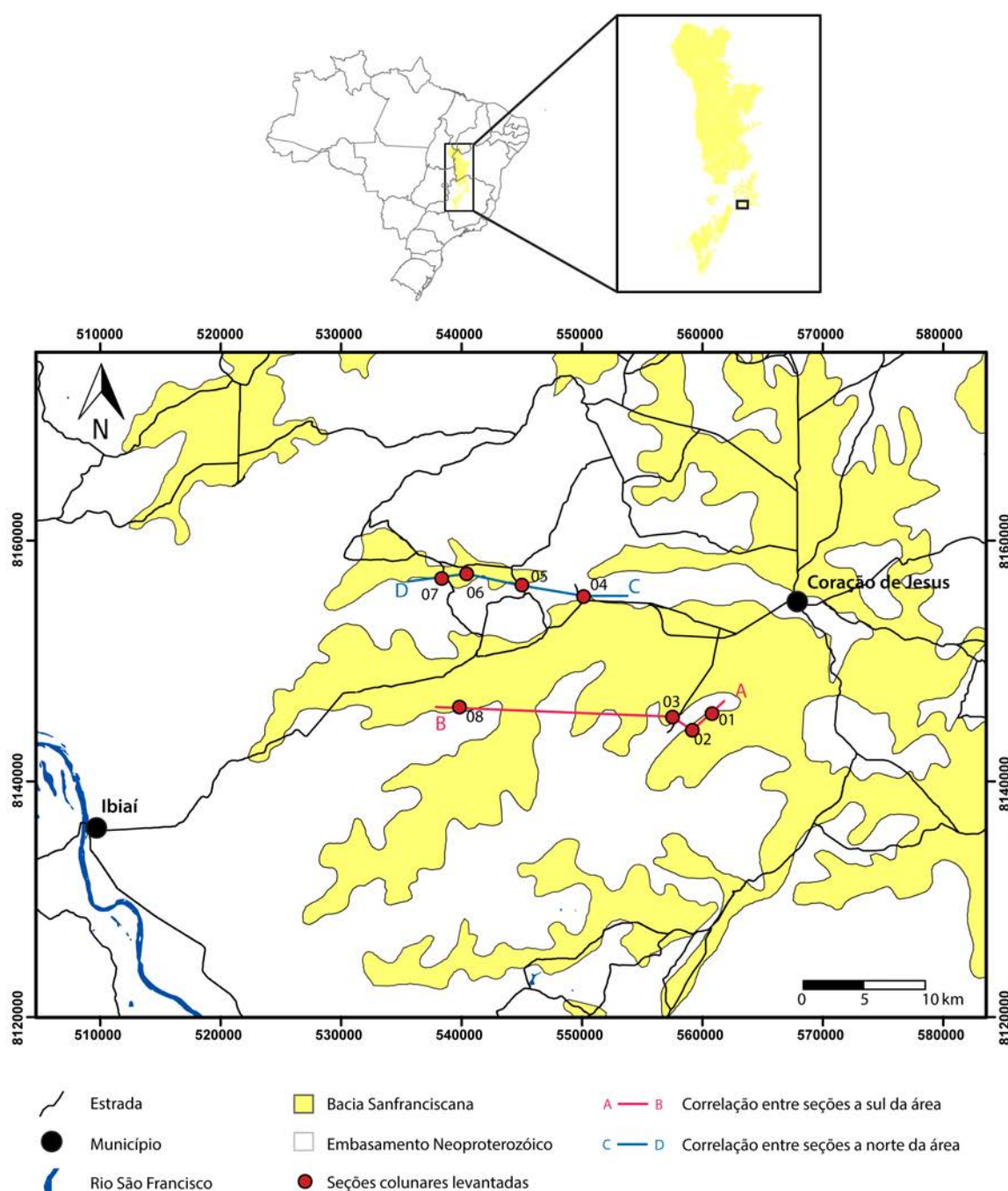


Figura 05: Localização das seções colunares levantadas próximo ao município de Coração de Jesus - MG, região conhecida como Alto do Paracatu. Coordenadas UTM, datum WGS84 zona 23 S. (CPRM 2006; CODEMIG 2008). A-B e C-D = correlação entre as seções colunares da região, descritas adiante neste trabalho.

A análise das fácies sedimentares teve como base procedimentos descritos em livros textos, como os de Walker (1992) e Miall (1978), e o código de fácies utilizado neste trabalho baseou-se no modelo de código de fácies proposto por Miall (1978). As seções colunares foram levantadas na escala de 1:100, com documentação fotográfica das fácies descritas. Os locais das seções foram selecionadas de acordo com pontos de interesse

previamente selecionados por imagens de satélite e em pontos em que foram coletados fósseis de vertebrados na região, descritos nos trabalhos de Pires-Domingues (2009) e Silva (2013), na tentativa de um posicionamento estratigráfico.

4.3 INTERPRETAÇÃO DOS PALEOAMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO

Foram integrados os dados levantados em campo e informações disponíveis na literatura, buscando-se estabelecer o sistema deposicional e as unidades estratigráficas da região do Alto do Paracatu. Os trabalhos de laboratório foram feitos no Laboratório de Estudo Estratigráficos (LEE) do UNESPetro (Centro de Geociências Aplicadas ao Petróleo), UNESP - Rio Claro. As colunas foram digitalizadas com o auxílio de software de design gráfico e os mapas com o auxílio de software SIG.

5 RESULTADOS

5.1 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES

Foram levantadas oito (08) seções colunares, cujas fácies sedimentares descritas encontram-se sintetizadas na tabela 2, apresentada a seguir:

Tabela 2: Tabela de fácies descritas neste trabalho, baseado no código proposto por Miall (1978)

Código	Fácies	Estrutura	Processos
St	Arenito muito fino a médio	Estratificação cruzada acanalada	Migração de formas de leito com crista ondulada em fluxo unidirecional, em regime de fluxo inferior
Sm	Arenito muito fino a fino	Maciço	Processos posteriores como fluidificação e processos pedogenéticos podem destruir os vestígios de estratificação, deixando a rocha com aspecto maciço
Sr	Arenito muito fino a fino	Laminação cruzada cavalgante (<i>Climbing ripples</i>)	Migração de pequenas marcas onduladas com alternância de processos de tração e suspensão
Sh	Arenito muito fino a médio	Estratificação e laminação plano-paralela	Fluxos unidirecionais sob regime de fluxo superior
H	Intercalações: arenito muito fino a médio com siltito arenoso, siltito argiloso, siltito e folhelho	Laminação, estratificação cruzada incipiente, maciço	Fluxos do tipo <i>waning flow</i>
Fl	Siltito e folhelho	Laminado	Decantação em ambientes subaquosos de baixa energia
Fm	Siltito e argilito	Maciço	Decantação em ambientes subaquosos de baixa energia

Com base na correlação entre as seções colunares, separadas entre seções levantadas na porção sul e norte da área, foi possível identificar duas associações de fácies distintas. A primeira associação representa as fácies da porção inferior das seções, exibindo predominância de sedimentos siliciclásticos finos, com intensa a moderada bioturbação e com poucas estruturas sedimentares. A segunda associação de fácies, porção superior das seções, apresenta uma predominância de arenitos, sem ou com pouca bioturbação, que exibem variadas estruturas sedimentares. Na associação de fácies da porção superior, também são descritos pseudomorfos de gipsita e gretas de contração no topo da fácies Fm e base da fácies H. As figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, as correlações entre as seções colunares levantadas a sul e a norte na região do Alto do Paracatu.

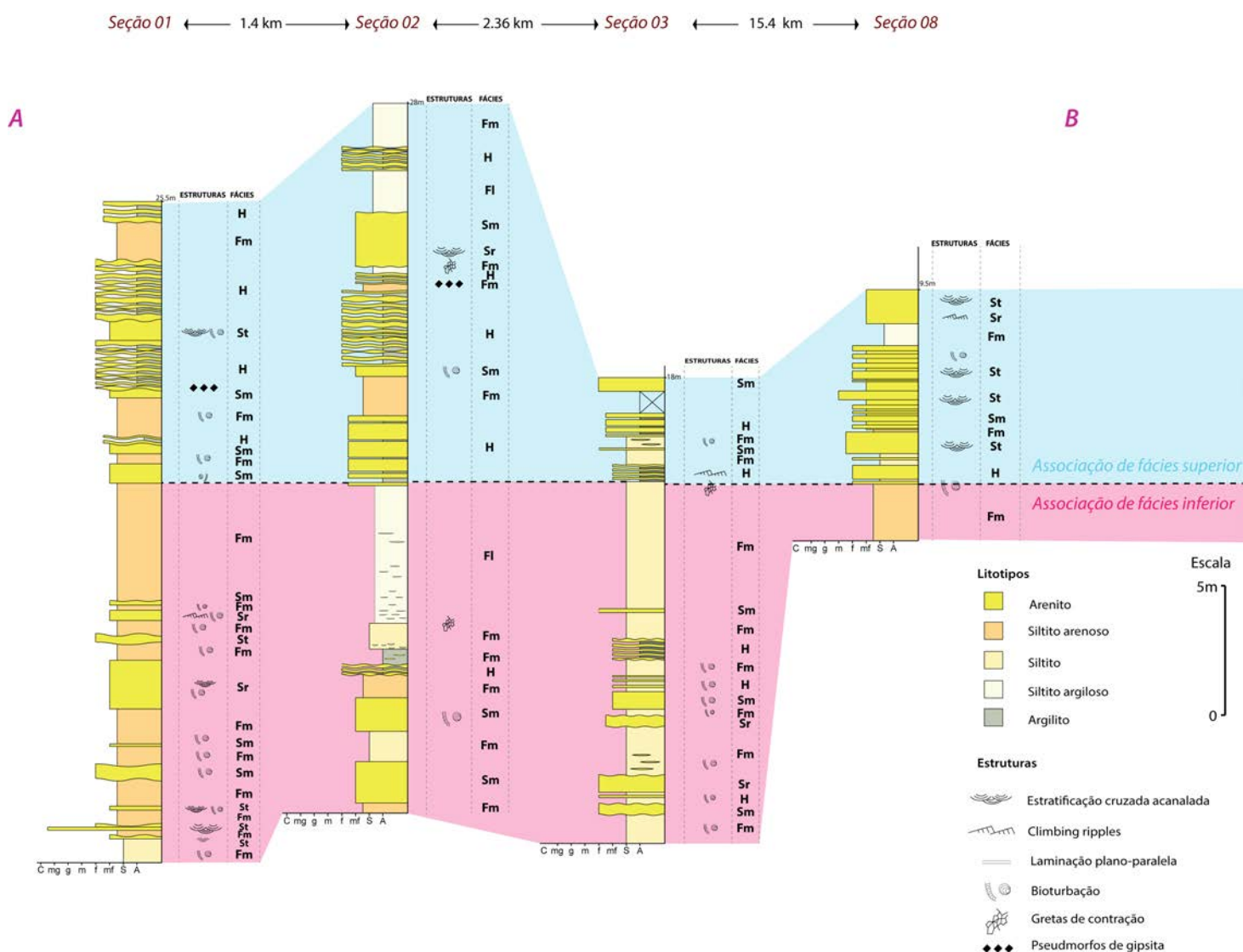


Figura 6: Correlação entre seções colunares 1, 2, 3 e 8, porção sul da área estudada, mostrando duas associações de fácies identificáveis: Associação de fácies inferior, em que predominam sedimentos siliciclásticos finos e há intensa bioturbação; Associação de fácies superior, em que predominam arenitos.

Observando-se as figuras 6 e 7, nota-se diferenças significativas entre as seções a norte e a sul. A associação de fácies da porção inferior a norte, diferentemente da associação inferior a sul, não exhibe registros de bioturbação nos sedimentos, nem evidências de exposição subaérea, como gretas de contração e minerais evaporíticos.

Pires-Domingues (2009) descreve restos de vertebrados tanto em seções levantadas a sul quanto a norte na região próxima a Coração de Jesus, porém, neste trabalho, o nível só pôde ser determinado numa das seções levantadas a sul (seção 03), baseando-se na descrição do trabalho do autor e com a ajuda de residentes da região, que nos indicaram o local de descobrimento dos fósseis. Este nível encontra-se indicado na figura 6.



Figura 7: Correlação entre seções colunares 4, 5, 6 e 7, porção norte da área estudada, mostrando duas associações de fácies identificáveis: Associação de fácies inferior, em que predominam sedimentos siliciclásticos finos, predominantemente maciços; Associação de fácies superior, em que predominam arenitos, com diferentes estruturas sedimentares. A associação de fácies inferior a norte não apresenta evidências de bioturbação, contrastando com as seções a sul, com pouca a moderada bioturbação.

Com base na correlação entre as oito seções colunares levantadas na região de Coração de Jesus, foi elaborado perfil composto com o objetivo de melhor visualizar-se o empilhamento de fácies e estruturas descritas (Figura 8). Esse perfil também servirá como auxílio na discussão do sistema deposicional e unidades estratigráficas da área estudada.

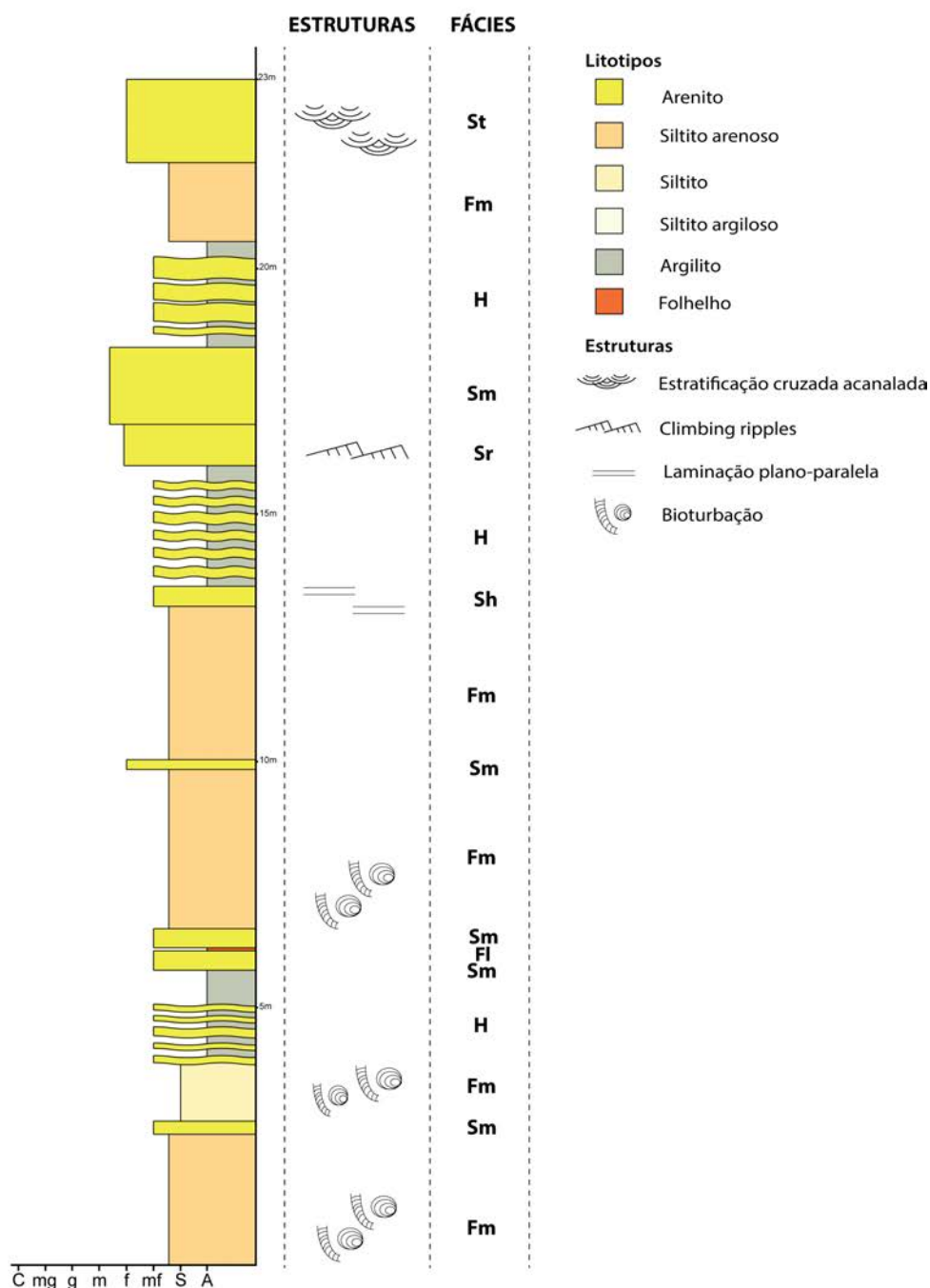


Figura 8: Perfil composto da região de estudo. Na porção inferior da seção, predominam sedimentos siliciclásticos finos, com pouca a abundante bioturbação, sem estruturas marcantes e aparentes. Na porção superior da seção, há uma predominância de arenitos sobre sedimentos pelíticos e maior frequência de estruturas, como estratificação cruzada acanalada, *climbing ripples* e laminação plano-paralela

5.1.1 Associação de fácies da porção inferior

A associação de fácies inferior exhibe predominância de sedimentos pelíticos sobre arenitos, com amplo predomínio das fácies **Fm** e **Fl**. Dentre as fácies arenosas, a fácies **Sm** é a mais comum, com as fácies **St** e **Sr** sendo observadas apenas localmente em algumas seções.

Fácies psamíticas – St, Sm e Sr

Fácies St – Fácies observada nas seções 1 e 6, composta por arenitos finos a conglomeráticos, mal selecionados, com coloração vermelha e presença de laminação cruzada acanalada, com *sets* de poucos de centímetros. Apresentam pouca bioturbação, que consistem em traços fósseis (icnofósseis) caracterizados por pequenos tubos ou escavações milimétricas (figura 9a)

Processo deposicional: Indicam a migração de formas de leito com crista ondulada em fluxo unidirecional, em regime de fluxo inferior (Walker 1982). A migração de formas de leito é resultante do transporte de carga de fundo com grãos de areias sendo carregados por arrasto e rolamento e os grãos finos por saltação.

Fácies Sm - Fácies psamítica predominante, composta por arenitos muito finos a médios/grossos, com matriz argilosa, coloração predominantemente vermelha e sem estruturas aparentes (Figura 9b e 9c). Arenitos muito finos predominam nesta fácies, sendo observado apenas na seção 1 arenito médio/grosso e, em geral, estão cimentados por carbonatos. Exibem pouca bioturbação (icnofósseis).

Processo deposicional: Processos posteriores como fluidificação pode destruir os vestígios de estratificação, deixando a rocha com aspecto maciço (Walker 1982). Podem também adquirir aspecto maciço devido a processos pedogenéticos, corroborados pela presença de bioturbação nos sedimentos.

Fácies Sr – Arenitos muito finos a finos, com coloração vermelha, presente nas seções 1 e 3. *Sets* com marcas onduladas são decimétricos e o topo e a base dessas camadas de arenito são geralmente onduladas. Apresentam também *climbing ripples*, com *sets* centimétricos, em

arenitos finos e comumente exibem cimento carbonático. A presença de icnofósseis era pouca a moderada, com características semelhantes às descritas nas fácies anteriores, preenchidos por silte e argila vermelha.

Processo deposicional: Migração de pequenas marcas onduladas com alternância de processos de tração e suspensão (grãos muito finos). Esta fácies é formada em condições subaquosas, com fluxos unidirecionais sob regime de fluxo inferior.

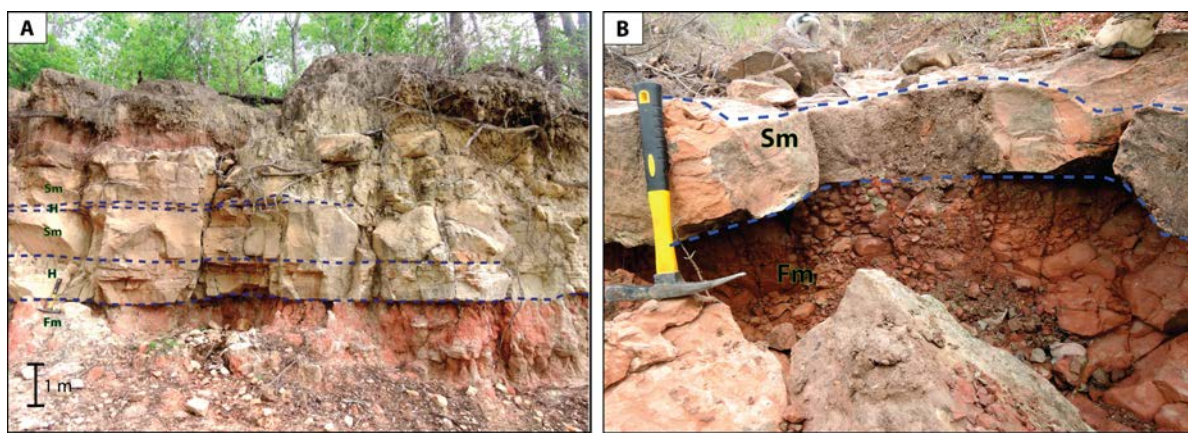


Figura 09: Fácies Sm. A) Visão geral da intercalação entre fácies Sm e H. Os arenitos maciços são muito finos a finos, com matriz argilosa e de coloração ocre. Seção 05. B) Detalhe de arenito fino maciço, creme avermelhado sobre siltito vermelho maciço. Seção 02.

Fácies Heterolítica – H

Fácies heterolítica composta pela intercalação entre camadas de arenito muito fino e camadas de siltito argiloso, siltito arenoso e argilito. As camadas de areia são milimétricas até poucos centímetros, com coloração vermelha, cinza esverdeada e ocre. As camadas de sedimentos finos são milimétricas a centimétricas, com coloração cinza, vermelha e verde acinzentado. As camadas de finos podem atingir dezenas de centímetros, dependendo da localidade, variando de espessura lateralmente nas camadas (Figura 10a). Possuem, em geral, topo e base ondulada e exibem comumente cimento carbonático. A proporção de finos é sempre maior ou igual à proporção de arenitos. As camadas de arenito podem apresentar localmente, *climbing ripples* e, minoritariamente, laminação cruzada e plano-paralela. As camadas pelíticas são geralmente maciças com incipiente laminação observada em algumas

porções (folhelhos são raros). Na seção 06, pode ser observada a intensa cimentação por carbonato em alguns níveis (Figura 10b). Não há registro de icnofósseis.

Processo deposicional: A formação desse tipo de fácies sugere que a descarga para a dentro da bacia oscilava, alternando intervalos com presença de fluxos (que levam sedimentos arenosos) e águas paradas (decantação de sedimentos finos). Podem ser formados por *waning flows* – ciclos que decrescem de energia.

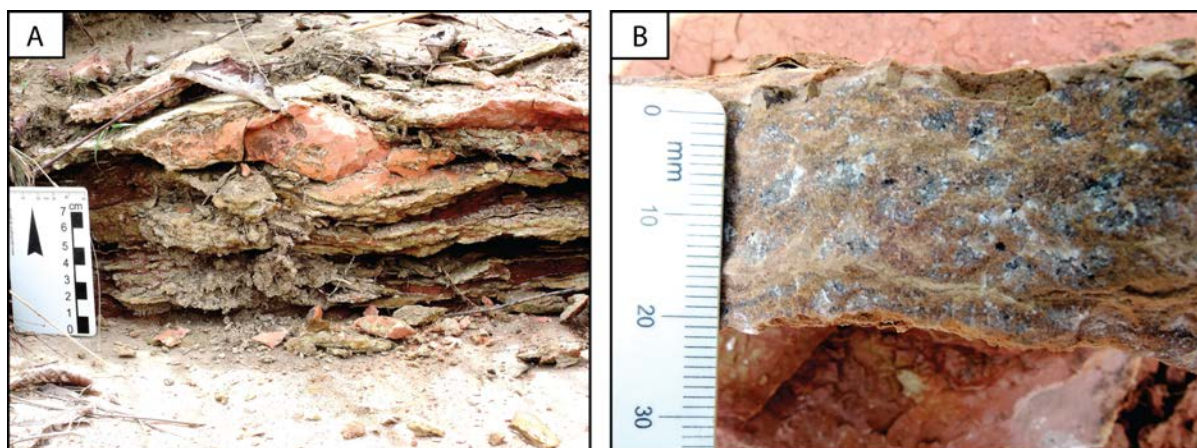


Figura 10: Fácies H. A) Camadas de argilito e siltito (vermelho) são geralmente mais espessas que camadas de arenito (cinza amarelado). Seção 05. B) Intensa cimentação por carbonato. Seção 06.

Fácies pelíticas - Fl e Fm

Fácies Fl - Fácies composta por siltitos argilosos laminados e folhelho roxo. O siltito argiloso laminado é de coloração vermelha, com presença de lentes de argila cinza, de variadas espessuras e exibe cimentação por carbonato. O folhelho roxo, presente na seção 07, possui espessura de 9 cm, intercalado com a fácies Fm.

Processo deposicional: Processos de decantação de sedimentos finos em ambientes subaquosos de baixa energia

Fácies Fm – Fácies presente em todas as seções levantadas, composta por siltitos, siltitos arenosos, siltitos argilosos e argilitos, de coloração predominantemente vermelha e cinza avermelhada. Lentes de areia e/ou argila são comuns nessa fácies e, ocasionalmente,

apresentam cimento carbonático. Constitui a fácies que mais se encontra bioturbada, na porção sul. As bioturbações consistem em icnofósseis, caracterizados por pequenos tubos ou escavações retilíneas, em posição vertical e oblíqua, podendo chegar a até 4 cm de comprimento, com os meniscos (*spreiten*) exibindo convexidade para o topo (Figura 11b e 11c). Nas porções em que há maior registro de icnofósseis, ocorre a obliteração de estruturas primárias e, em geral, apresentam uma maior quantidade de areia no acamamento, de coloração creme, contrastando com a coloração vermelha do siltito (Figura 11d). Restos de vertebrados são descritos nessa fácies por Pires-Domingues (2009), com base na indicação do local por moradores da região e pela descrição do autor em seu trabalho. Os fósseis são descritos na interface fácies Fm e fácies H, em siltitos cinza esverdeados, contrastando com os siltitos vermelhos na base do pacote (Figura 11a). O pacote de siltito é intensamente bioturbado, com níveis mais arenosos nesses horizontes. A fácies H, sotoposta ao nível fossilífero, apresenta uma coloração esverdeada (argila) e creme amarelada (areia fina), em camadas levemente onduladas.

Processo Depositional: Processos de decantação de sedimentos finos em ambientes subaquosos de baixa energia

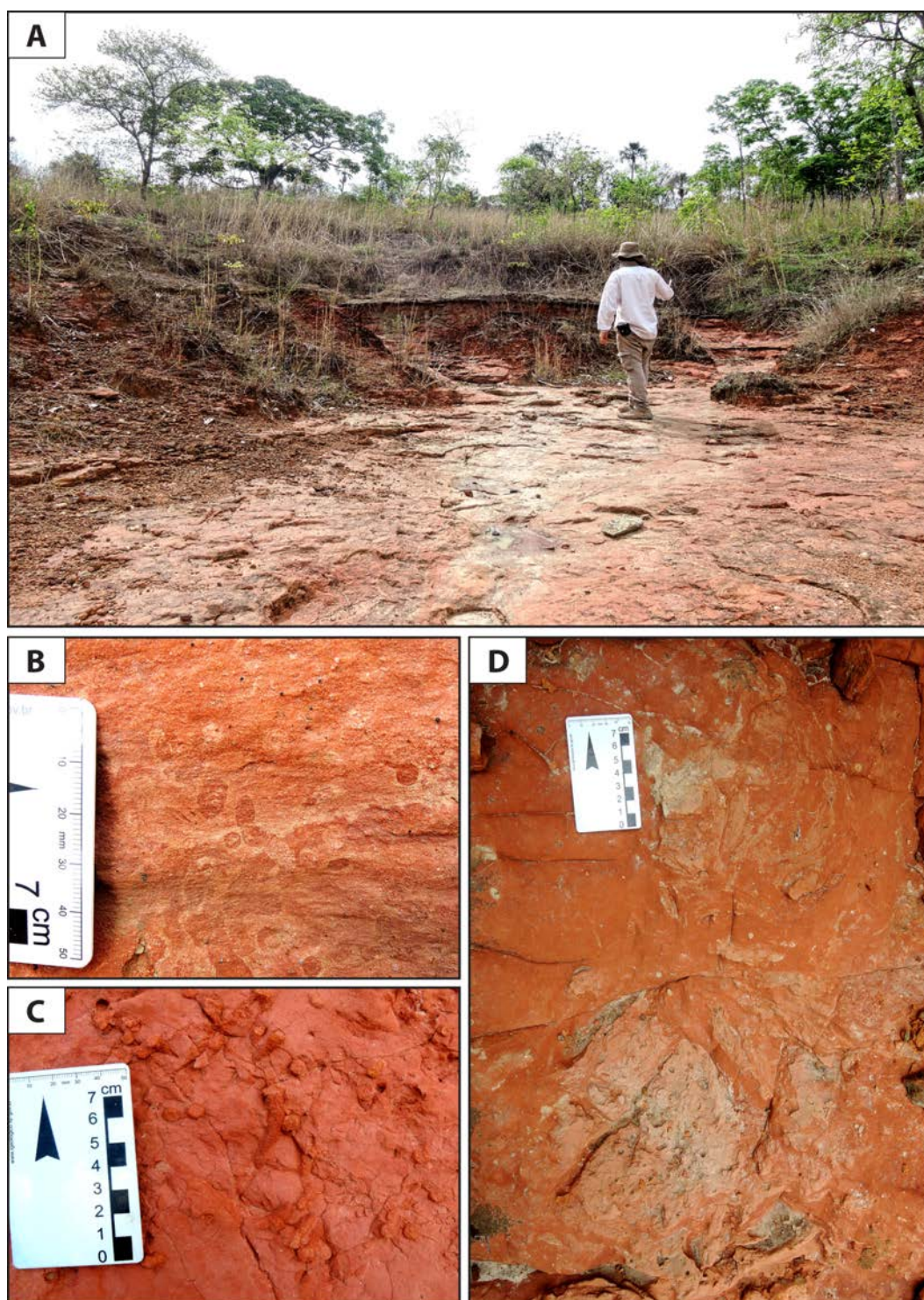


Figura 11: Fácies Fm. A) Nível em que foram descritos restos de vertebrados na região, caracterizada por siltitos cinza esverdeados e cinza avermelhados que contrastam com a porção basal, vermelha. Seção 03. B) Icnofósseis preenchidos por areia amarela em siltito vermelho. São caracterizados por pequenos tubos retilíneos, em posição vertical e oblíqua, com meniscos de convexidade para o topo. Seção 01. C) Icnofósseis que se destacam na matriz rochosa, preenchidos por silte vermelho em siltito arenoso vermelho. Seção 01. D) Siltito vermelho com porção mais arenosa intensamente bioturbada, base do pacote em que foram descritos resto de dinossauros. A bioturbação é preenchida por areia amarela. Seção 03.

5.1.2 Associação de fácies da porção superior

A associação de fácies superior exhibe predominância de arenitos sobre sedimentos pelíticos, com o predomínio das fácies **St**, **Sr** e **H**. Dentre as fácies pelíticas, predomina a fácies **Fl** sobre a **Fm**, contrastando com a associação de fácies inferior.

Fácies psamíticas – St, Sm, Sr, Sh

Fácies St – Presente em todas as seções, esta fácies é composta por arenitos muito finos a finos/médios, de coloração cinza, vermelha e creme, geralmente bem selecionados e com grãos arredondados. Podem apresentar matriz siltosa/argilosa e no geral estão cimentados por calcita. Exibem pouca bioturbação nas seções a sul e nenhuma nas seções a norte, que consistem em icnofósseis caracterizados por pequenas escavações milimétricas a centimétricas, em posição vertical e oblíqua, com meniscos preenchidos por silte e argila exibindo convexidade para o topo. Exibem estratificação e laminação cruzada acanalada com sets centimétricos a decimétricos (Figura 12a e 12b). Na seção 07, esses arenitos apresentam lentes finas de folhelho, com aproximadamente 2 cm de espessura, e lâminas milimétricas de argila vermelha. Na terminação de *foresets*, *climbing ripples* podem ser identificados.

Processo deposicional: Indicam a migração de formas de leito com crista ondulada em fluxo unidirecional, em regime de fluxo inferior (Walker 1982). A migração de formas de leito é resultante do transporte de carga de fundo com grãos de areias sendo carregados por arrasto e rolamento e os grãos finos por saltação.

Fácies Sm – Arenitos muito finos a finos, com coloração vermelha, creme avermelhado e ocre, com seleção boa a moderada. Podem apresentar matriz argilosa/siltosa e exibem cimento carbonático. Podem exibir ainda lentes de argila verde milimétricas a centimétricas (seção 07). Apresentam estruturação maciça e pouca bioturbação, semelhante às descritas nas outras fácies.

Processo deposicional: Processos posteriores como fluidificação pode destruir os vestígios de estratificação, deixando a rocha com aspecto maciço (Walker 1982).

Fácies Sr – Arenitos muito finos a finos, coloração que varia de vermelha a amarela, apresentando matriz siltosa nas seções a sul. Exibem ondulações geradas por correntes e *climbing ripples*, em *sets* centimétricos a decimétricos, de geometria lenticular a tabular (Figura 12c e 12d).

Processo deposicional: Migração de pequenas marcas onduladas com alternância de processos de tração e suspensão. Esta fácies é formada em condições subaquosas, com fluxos unidirecionais sob regime de fluxo inferior

Fácies Sh – Arenitos muito finos a médios, com coloração vermelha e creme, bem selecionados. Apresentam laminação plano-paralela em *sets* centimétricos tabulares. Exibem variados graus de alteração pela área de estudo, com maior grau de alteração nas seções a norte, geralmente. Apresentam ainda, nas seções a sul, pouco registro de icnofósseis, semelhante aos descritos nas outras fácies, preenchidos por siltito argiloso vermelho.

Processo deposicional: Fácies formadas por fluxos unidirecionais sob regime de fluxo superior em que os grãos são tracionados.

Fácies Heterolítica - H

Descrição: Fácies heterolítica composta pela intercalação entre camadas de arenito muito fino/fino e camadas de argilito, siltito argiloso e siltito arenoso. As camadas de arenito podem ser milimétricas a decimétricas e exibem coloração vermelha, cinza amarelada e ocre. As camadas de finos apresentam coloração vermelha, roxa e verde e são em sua maioria milimétricas. A fácies H possui, majoritariamente, topo e base onduladas e exibe comumente cimento carbonático. A proporção de arenito sobre os sedimentos pelíticos nessa associação de fácies é maior, porém intercalações rítmicas também podem ser observadas (Figura 13a e 13b). As camadas de arenito muitas vezes apresentam *climbing ripples*, ondulações de corrente e laminação cruzada acanalada e plano-paralela. As camadas de finos geralmente são maciças, mas podem apresentar laminação. Icnofósseis não são observados. Na base desta fácies, na interface fácies Fm e H, aparecem gretas e pseudomorfos de gipsita nas seções 01 e 02 (Figura 13c, 13d e 13e).

Processo deposicional: A formação desse tipo de fácies sugere que a descarga para a dentro da bacia oscilava, alternando intervalos com presença de fluxos (que levam sedimentos arenosos) e águas paradas (decantação de sedimentos finos). Podem ser formados por *waning flows* – ciclos que decrescem de energia.

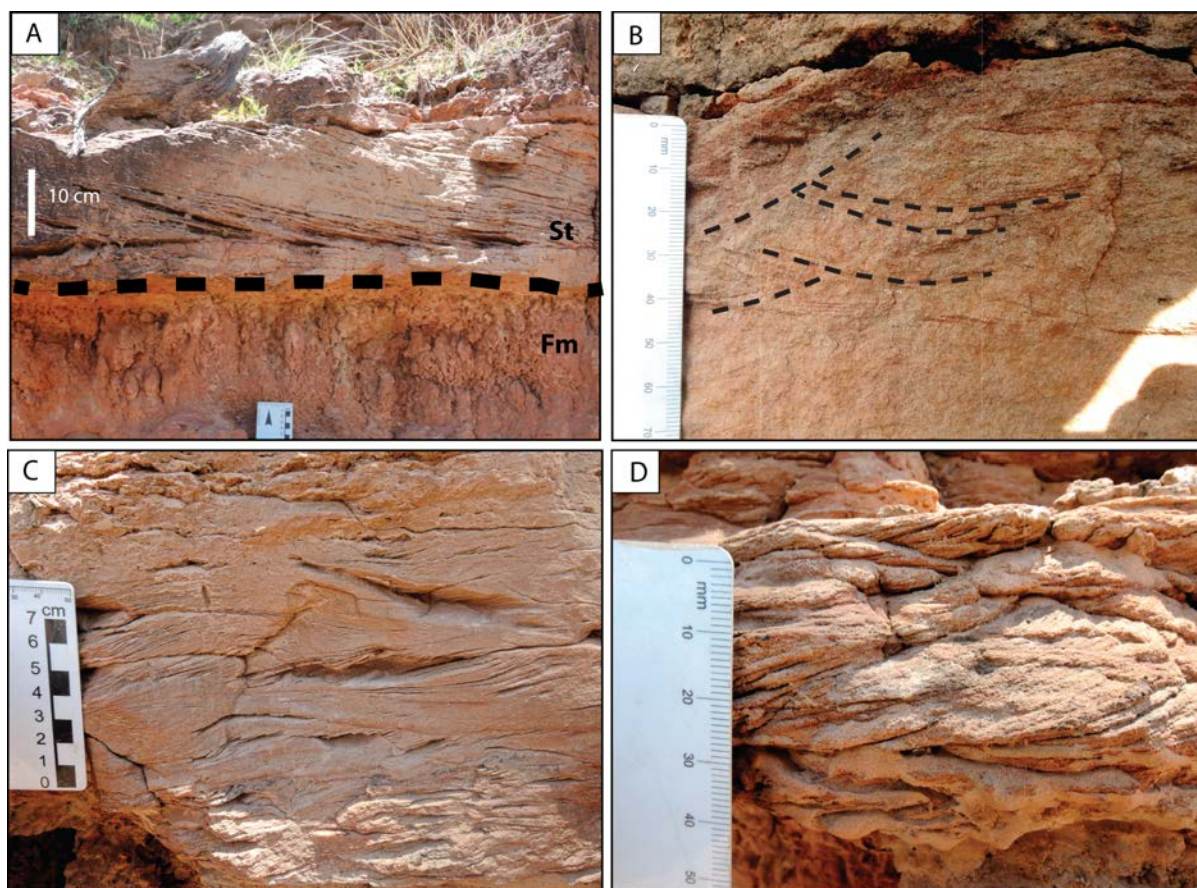


Figura 12: Fácies psamítica. A) Fácies St - Estratificação cruzada acanalada decimétrica a métrica em arenito fino, bem selecionado, de coloração creme avermelhada, sobre siltito vermelho maciço. Seção 05. B) Fácies St - Detalhe de laminação cruzada acanalada centimétrica em arenito muito fino, creme amarelado. Seção 05. C) Fácies Sr - Detalhe de *climbing ripples* em arenito muito fino, ocre. Seção 06. D) Fácies Sr - Detalhe de *climbing ripples* em 3 dimensões, em arenito muito fino, amarelo. Seção 06.

Fácies pelíticas - Fl e Fm

Descrição:

Fácies Fl - Fácies constituída por siltitos argilosos laminados e folhelhos. Folhelhos, tanto na associação superior quanto na inferior, não são abundantes, correspondendo a uma camada de 2 cm intercalada a arenitos finos da fácies St, de coloração verde (Seção 07). Os

siltitos argilosos possuem uma coloração vermelha e verde, podendo apresentar pequenas lentes de arenito muito fino dispersas. Dentro destas lentes de arenito, milimétricas até poucos centímetros, pode haver leve interlaminação com argila.

Processo deposicional: Processos de decantação de sedimentos finos em ambientes subaquosos de baixa energia

Fácies Fm – Siltitos e siltitos argilosos maciços, de coloração vermelha, maciços. Nas seções a sul, exibem pouco registro de icnofósseis, caracterizados por escavações verticais preenchidas por areia fina amarela, semelhante aos descritos na outras fácies.

Processo deposicional: Processos de decantação de sedimentos finos em ambientes subaquosos de baixa energia.

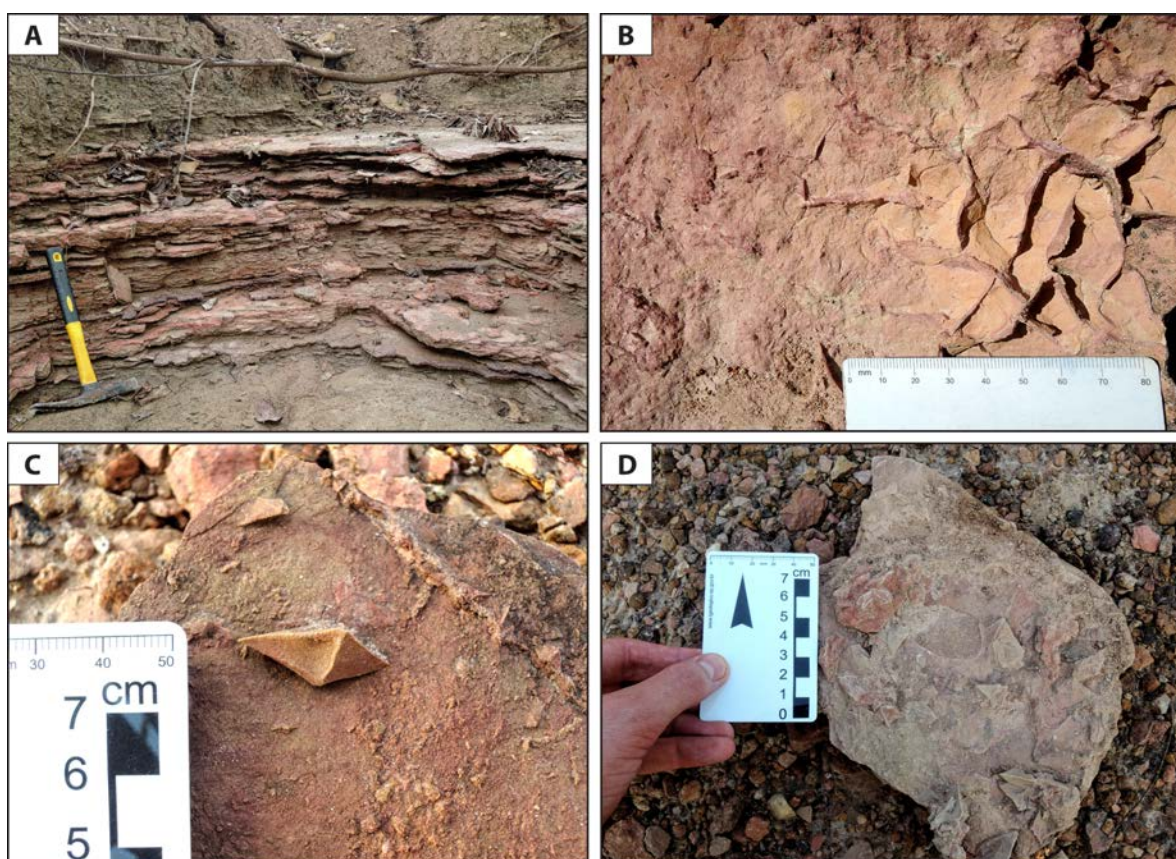


Figura 13: Fácies H. A) Camadas rítmicas de argilito arenoso(vermelho) e arenito fino(cinza), com leve dominância das camadas de arenito fino em direção ao topo. Seção 01. B) Gretas de contração preenchidas por argilito arenoso roxo na base da fácies H. Seção 02. C) Pseudomorfo de gipsita losangular em arenito muito fino, argiloso. Seção 02. D) Pseudomorfos de gipsita, com formato de espada, em arenito muito fino, argiloso. Seção 02.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 SISTEMA DEPOSICIONAL

A predominância de sedimentos pelíticos com deposição majoritariamente subaquosa com curtos períodos de exposição subaérea, evidenciado pelos níveis de gretas de contração e a deposição de minerais evaporíticos, aliada ao empilhamento das fácies sedimentares analisadas na região do Alto do Paracatu, permite-nos inferir que o sistema deposicional na área é um sistema do tipo *playa lake*. De acordo com Briere (2000), *playa lake* pode ser definido como um ambiente deposicional formado em regiões áridas a semiáridas, transicional entre sistemas do tipo *playa* e sistemas lacustres, não permanecendo seco por mais de 75% do tempo nem permanecendo alagado por mais de 75% do tempo.

A definição do sistema deposicional para região teve como base diversas características observadas em campo. Os principais indícios de um ambiente de *playa lake* são as evidências de evaporitos e marcas de gretas de contração, o empilhamento das fácies sedimentares observadas e os icnofósseis observados. A crescente proporção de areia em direção ao topo do empilhamento das fácies na região sugere uma crescente interação entre o sistema de *playa lake* com sistema eólico.

6.1.1 Evidências de evaporitos

Minerais evaporíticos, como sais e sulfatos, são comuns em fácies de *playa lake* (Paik & Kim 2006). Na área de estudo, foi possível observar pseudomorfos de cristais de gipsita (Figuras 13c e 13d) em formato de espada na fácies H. Além dos pseudomorfos, foram observadas de gretas de contração (Figura 13b), o que indica que houve exposição subaérea na região.

A evaporação assume um papel muito importante no controle de quase todos os aspectos de sedimentação em *playa lake*, que, por definição, possui um balanço hídrico negativo nas épocas secas do ano (Last 1984). Durante as estações secas, a taxa de evaporação nas planícies é maior que o influxo de água para as *playas* e as águas salobras (*brine*) que ocupam essas bacias durante a primavera e começo do verão somem completamente no fim do verão (Last 1984). A presença de pseudomorfos e moldes de sais e sulfatos indica que esses minerais foram cristalizados na interface ar/lâmina d'água, esta com poucos centímetros de profundidade e com alta salinidade (Paik & Kim 2006; Krijgsman & Meijer 2008). Huerta *et al.* (2010) discute que a precipitação de cristais de gipsita e camadas de gipso ocorrem provavelmente em áreas onde a água subterrânea é

próxima da superfície, com alto conteúdo de sulfatos. Essa água se satura e precipita esses minerais como resultado da concentração da evaporação durante as épocas secas (verão) e por processos capilares (Huerta *et al.* 2010).

O fato de que não foi possível encontrar minerais evaporíticos, apenas evidências representadas por pseudomorfos, pode indicar que os minerais foram dissolvidos completamente e/ou substituídos devido a eventos subsequentes de inundação (Bowler 1986). Ademais, a não ubiquidade de evidências de evaporitos na região de estudo, presentes somente nas seções a sul (Seções 01 e 02), pode indicar que a profundidade da lâmina d'água e/ou regime de evaporação era diferente para diferentes porções do sistema de *playa lake*. Na porção mais a sul a lâmina d'água era provavelmente menos profunda e portanto, sujeita a maior variação climática, facilitando a precipitação de minerais evaporíticos e o desenvolvimento de gretas de contração.

6.1.2 Empilhamento das fácies sedimentares

Como mostrado no capítulo de resultados (5), há maior proporção de areia em direção ao topo das seções (associação de fácies superior), que pode significar o começo de maior interação entre o sistema deposicional *playa lake* com outro tipo de sistema deposicional que atua lateralmente, responsável pelo maior aporte de sedimentos arenosos.

As fácies da porção inferior, compostas predominantemente por siltitos, siltitos argilosos, siltitos arenosos e argilitos (Fácies Fm e Fl) são fácies formadas em um ambiente em que predomina a decantação de sedimentos finos, formando corpos decimétricos a métricos (Sgarbi *et al.* 2011). A presença de icnofósseis e a coloração vermelha das fácies indicam que o sedimento apresentava boa oxigenação, dificultando a preservação de matéria orgânica.

Acamamento heterolítico (fácies H) sugere que a descarga para a dentro do sistema *playa lake* em época úmidas era variável, alternando intervalos de fluxos relativamente rápidos (deposição de arenitos) e águas calmas (deposição de sedimentos pelíticos). A presença de marcas onduladas e, com menor frequência, *climbing ripples* nessa fácies indicam *waning flow* (fluxos que decrescem de intensidade), típicos de ambientes áridos (Todd 1989; Zhang *et al.* 1998). Depósitos com grãos mais grossos, como arenitos finos/médios com laminação plano-paralela e cruzada, arenitos laminados, arenitos conglomeráticos e arenitos finos a grossos sem estruturas (maciços), e siltitos/argilitos mostram os registros de *waning flows* induzidos por inundações em lençol (*sheetflood*) em

épocas úmidas. A figura 14 mostra esquema da deposição proposto para a associação de fácies da porção inferior das seções colunares descritas. *Sheetfloods* ocorrem, geralmente, associadas a eventos de curta duração, como tempestades, que desencadeiam um grande fluxo de água com sedimentos encosta abaixo (Paik & Kim 2006).

Na associação de fácies superior, porção, sedimentos arenosos predominam sobre os finos, indicando uma mudança na dinâmica da deposição na região. Os arenitos do topo apresentam, em geral, uma boa seleção e arredondamento, o que pode sugerir uma origem eólica para os grãos. Esse aporte de areias possivelmente eólicas para dentro do sistema de *playa lake* pode indicar o avanço de dunas eólicas ou ser proveniente de um sistema fluvial (rios do tipo *wadi*) que retrabalha sedimentos de área desértica, adentrando a bacia através de pequenos deltas fluviais. Essa crescente proporção de arenitos no topo pode indicar o início avanço da Formação Três Barras sobre a Formação Quiricó, pois ambas são lateralmente contíguas e coalescentes. Sgarbi *et al.* (2011) descreve que no fim do Cretáceo Inferior, sistemas lacustres da Formação Quiricó foram assoreados pela coalescência de pequenos deltas e pela progradação de dunas eólicas sobre os corpos d'água. Isso corrobora a interpretação de que as rochas sedimentares mesozoicas da região pertencem à Formação Quiricó, Grupo Areado, como será discutido mais a frente.

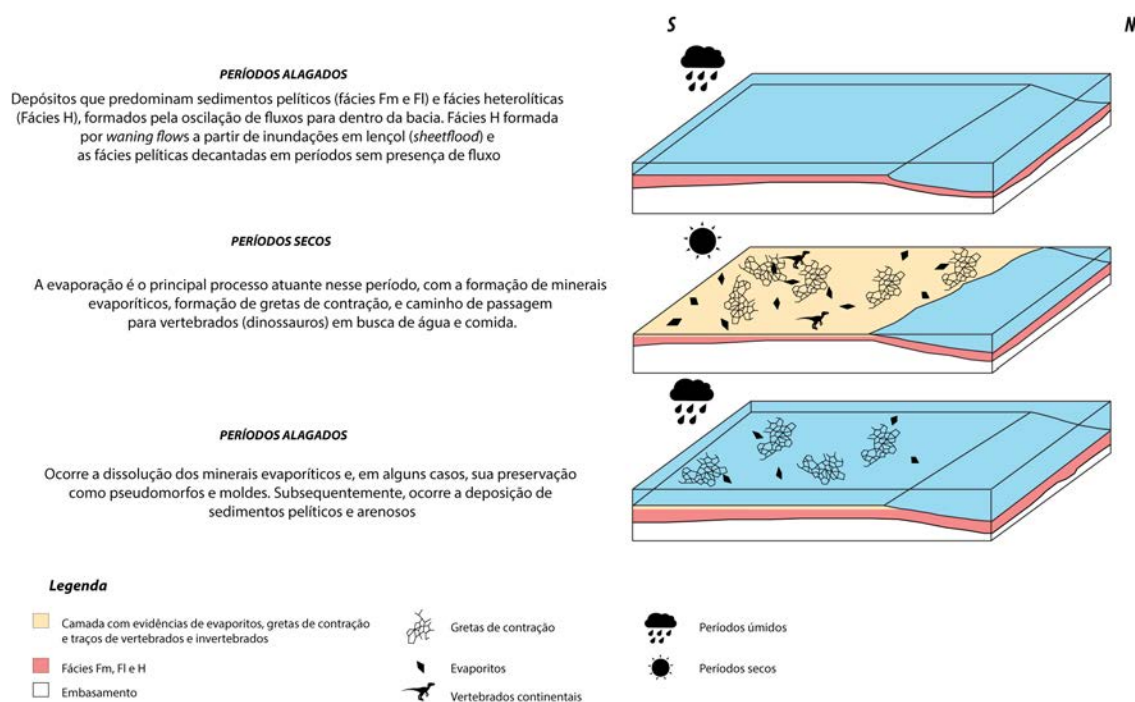


Figura 14: Esquema da deposição da associação de fácies inferior, na região do Alto do Paracatu. A norte, a lâmina d'água era mais profunda que a sul, devido a ausência de bioturbação e evaporitos na porção sul da região. Baseado em Paik & Kim (2006).

Portanto, as evidências sobre o ambiente de sedimentação da região de Coração de Jesus, no Alto do Paracatu, sugerem que se trata de um ambiente do tipo *playa lake*, com interação de ambientes eólicos e/ou flúvio-deltaicos adjacentes. A figura 15 mostra o esquema da interação entre o sistema de *playa lake* com o avanço de dunas eólicas e o avanço de pequenos deltas de origem fluvial. A falta de evidências de fácies fluviais típicas na região, como o registro de fácies de canais fluviais e de planícies de inundação, indica que o aumento na proporção de arenitos no topo do sistema tem como origem o avanço de dunas eólicas (Figura 15a).

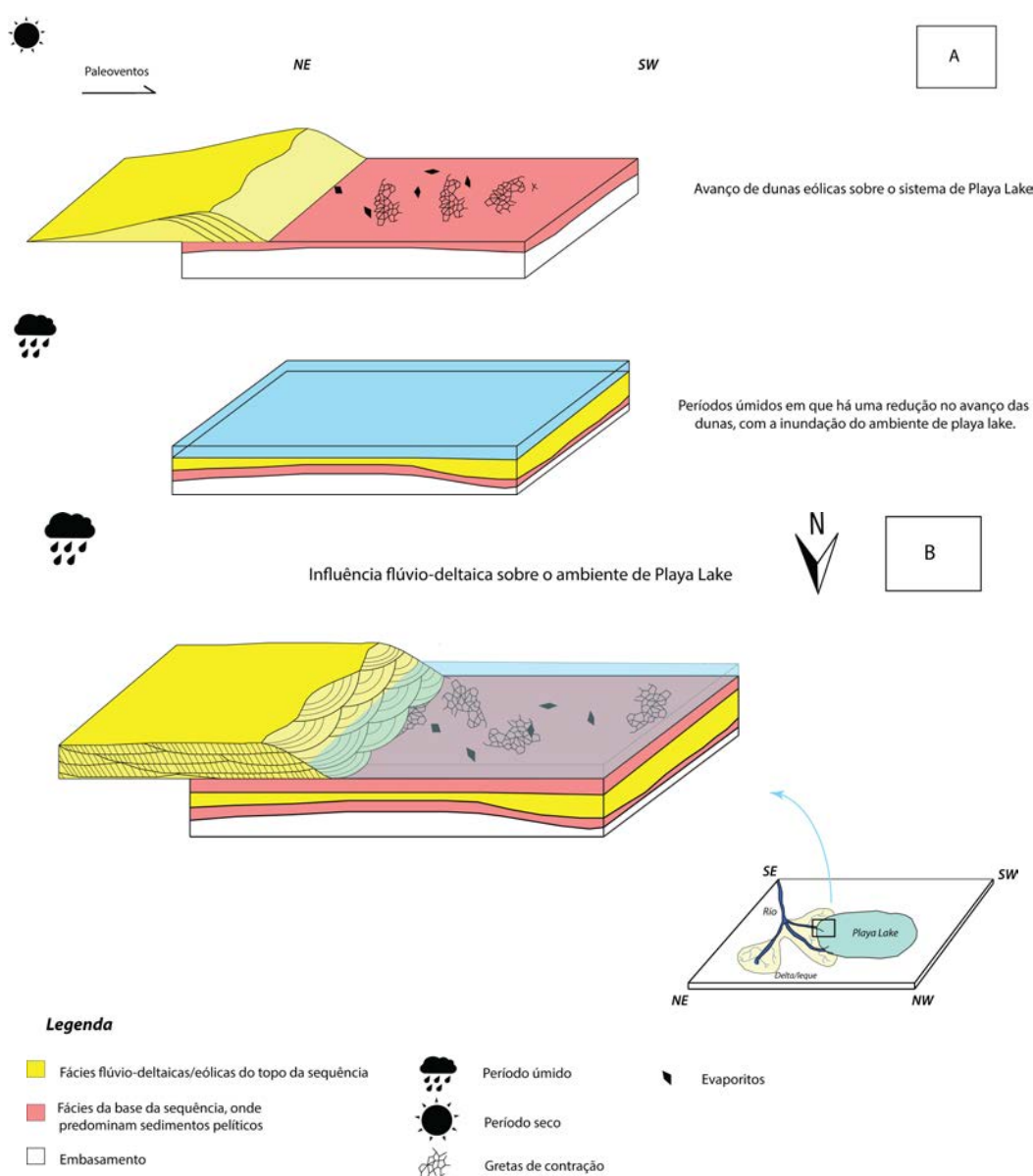


Figura 15: Esquema de deposição da associação de fácies superior, na região do Alto do Paracatu. A) A crescente proporção de sedimentos arenosos em direção ao topo das seções pode estar relacionado ao avanço de dunas eólicas sobre a bacia de *playa lake*. De

acordo com Mescolotti (2015), dados de paleocorrentes na sub-bacia Abaeté mostram que a direção dos paleoventos durante o Cretáceo convergia para SW. B) A crescente proporção de sedimentos arenosos é devido ao afluxo de sedimentos de origem flúvio-deltaica nos lagos. A área fonte desses sedimentos estava a SE, determinado a partir de dados de paleocorrentes para a sub-bacia Abaeté (Mescolotti 2015).

6.1.3 Icnofósseis

O registro fóssil consiste no intenso registro de icnofósseis observados nas fácies Fm, Fl e Sm, porção sul da área de estudo. Restos de vertebrados são raros em depósitos do tipo *playa lake* (Piak & Kim 2006) e não foram observados durante os trabalhos de campo. No entanto, como já salientado, Pires-Domingues (2009) descreve a presença de *bone-beds* na região do Alto do Paracatu, formadas por ossos de titanossauros e terópodes em rochas pelíticas. Essa descoberta representa um marco para a Bacia Sanfranciscana, pois é a primeira evidência de restos de vertebrados continentais descritos para a bacia.

Os icnofósseis observados caracterizam-se por pequenos tubos/escavações verticais, em posição vertical ou oblíqua, com dimensões milimétricas a até poucos centímetros. Os tubos são preenchidos por areia amarela ou silte/argila vermelho e, geralmente, o material que preenche as bioturbações são diferentes daquele da rocha hospedeira. Dentro das escavações é possível observar meniscos (*spreiten*), com convexidade para o topo. Essas características são consistentes com descrições de icnofósseis de pequenos invertebrados da icnofácies *Scoyenia*. A icnofácies *Scoyenia* é caracterizada por tubos/escavações (*burrows*) horizontais e verticais que se alargam e se encurtam ao longo de sua construção (Seylacher 1967). Os tubos podem exibir um diâmetro de 0.2 a 1.5 cm, que não se bifurcam, e pode ocorrer a interceptação de tubos mais antigos por mais novos (Seylacher 1967). Essas escavações no sedimento podem ser formadas pela atividade de pequenos invertebrados, como artrópodes e oligoquetos, na busca por comida, se locomovendo por meio de movimentos peristálticos (Netto 2007).

A icnofácies *Scoyenia* é uma icnofácies continental, definida por Seilacher (1967), que ocorre amplamente em todos os ambientes continentais, sendo pouco útil como indicador paleoambiental (Hasiotis & Brown 1984). Ocorre em arenitos finos, siltitos e lamitos, característico de substratos fluviais ou lacustres que são repetidamente expostos e submersos. Pegadas de tetrápodes podem ocorrer associados a assembleia fossilífera dessa icnofácies, além de traços de raízes (Buatois & Mangano 2002). Com relação ao clima, ocorrem em épocas mais úmidas de ambientes com clima árido, em porções mais profundas do substrato com maior presença d'água. Os primeiros registros dessa icnofácies datam do

Permiano e ocorrem até o recente (Netto 2007).

A partir dessas informações, infere-se que as descrições na literatura são condizentes com aquelas vistas em campo e, portanto, os icnofósseis da região do Alto do Paracatu são da icnofácies *Scoyenia*. A figura 16 mostra os icnofósseis observadas em campo, possivelmente formados por oligoquetos da icnoespécie *Taenidium barretti*, um biomarcador de substratos úmidos continentais. A figura também mostra um exemplo retirado de Netto (2007), ilustrando a icnoespécie *Taenidium barretti*. Esses icnofósseis são indicadores de substratos com alta umidade (próximo de 40%) e comumente se associam a icnofósseis da espécie *Skolithos* em ambiente não marinhos (Buatois & Mangano 2002). A concavidade dos meniscos que preenchem essas escavações dos oligoquetos podem ser interpretadas como *repichnia* (marcas de locomoção) na fuga de lâmina d'água baixa, erosão, ressecamento e/ou predação (Netto 2007).

Considerando que a formação dos meniscos se dá em sedimentos encharcados ou úmidos (Frey *et al.* 1984), a bioturbação observada pode indicar a busca por regiões mais úmidas no substrato, na tentativa de evitar o ressecamento e erosão em épocas mais secas. *Taenidium Barretti* são icnoespécies de água doce e, portanto, podem indicar que a salinidade da água no sistema de *playa lake* da região do Alto do Paracatu oscilava, com épocas mais salinas e épocas com baixa salinidade. A variação da salinidade da água também pode ser observada através da associação das fácies, com a associação de fácies inferior apresentando águas menos salinas que a associação de fácies superior. A sul, a abundante bioturbação nas fácies da porção inferior contrasta com o brusco declínio na frequência de bioturbação nas fácies da associação superior. A presença de gretas e de pseudomorfos de gipsita na associação superior também são indícios de que a água era mais salina nessa porção, indicando maior aridez. O avanço de dunas eólicas sobre o sistema de *playa lake* pode estar relacionado a esse aumento da aridez na região, com a expansão do deserto sobre regiões anteriormente mais úmidas.

A diferença entre o tipo de sedimento da rocha hospedeira com a matriz que preenche os meniscos dos icnofósseis pode corresponder a passagem desses animais através de camadas de diferentes composições. A icnoespécie escava através de uma camada de areia e adentra um nível de siltito/argilito, e esse material arenoso vai ser usado como *backfill* na camada de siltito, causando a mistura de sedimentos. Outra razão possível é que o surgimento dessa diferença seja causado pelo processamento dos sedimentos através do sistema digestivo da icnoespécie.

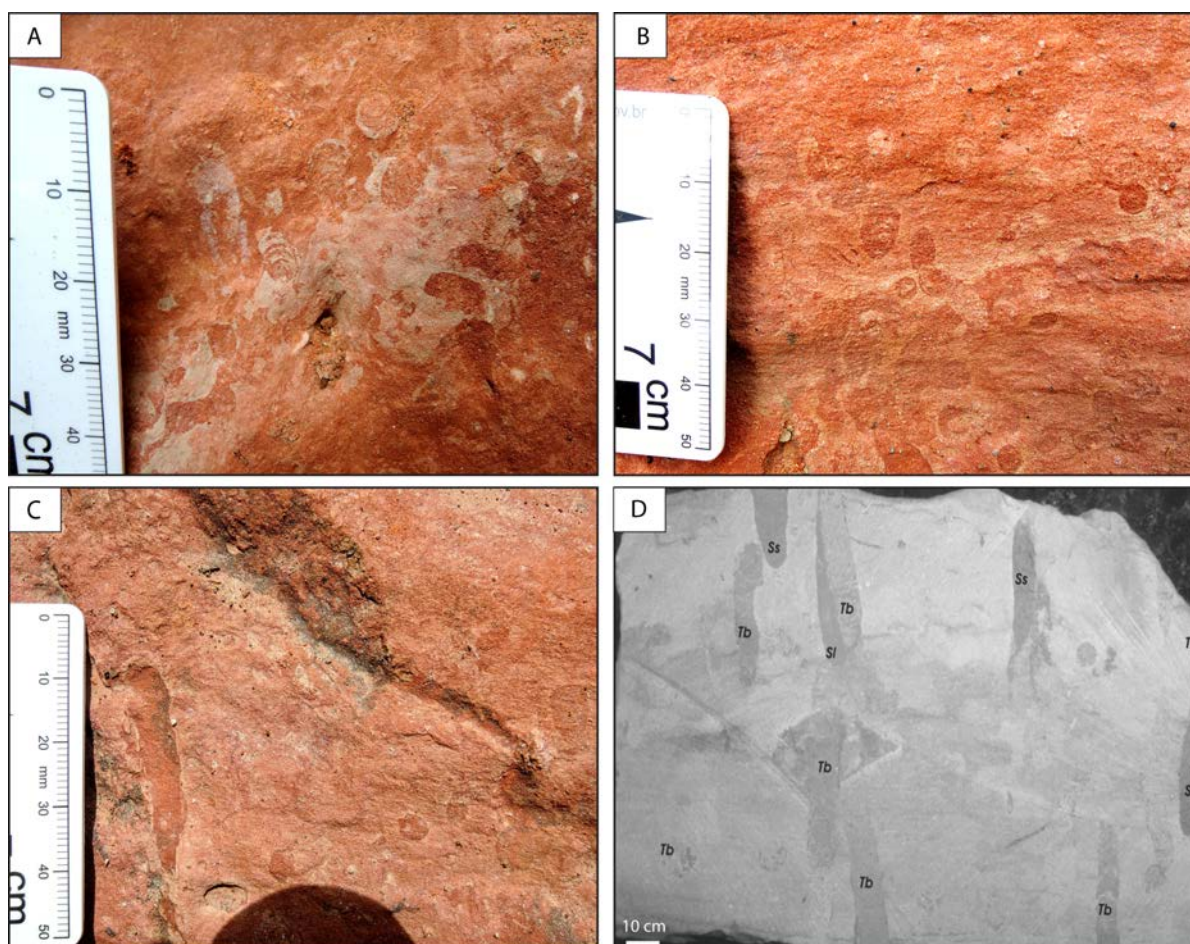


Figura 16: Icnoespécie *Taenidium Barretti* em siltito vermelho maciço, observadas em campo e literatura. A), B) e C) detalhe das escavações feitas por oligoquetos (minhocas) em busca de alimento e/ou proteção. Os meniscos apresentam convexidade para o topo, indicando escavação para níveis mais úmidos dentro do substrato. As escavações são preenchidas por silte (C) e areia e argila (A) e (B). Seção 01. D) Icnoespécie *Taenidium Barretti* (Tb) , *Skolithos linearis* (Sl) e *Skolithos cf. serratus* (Ss) em arenito muito fino com matriz argilosa, descrita por Netto (2007). Nota-se a semelhança entre as escavações (burrows) feitas pela icnoespécie *Taenidium Barretti* no trabalho de Netto (2007) com as descritas neste trabalho.

6.2 UNIDADE ESTRATIGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

Com base na discussão do sistema deposicional para a região e sua correlação com a literatura sobre a Bacia Sanfranciscana, as rochas sedimentares mesozoicas da região do Alto do Paracatu são interpretadas nesse trabalho como Formação Quiricó. Embora a região seja classificada como Grupo Urucuia em muitos trabalhos (CPRM 2006; Schobbenhaus & Campos 1984), as fácies observadas em campo não correspondem às descritas na literatura para o grupo. Nas campanhas de campo também foram visitados pontos do Grupo Urucuia (Figura 18), próximo a Chapada Gaúcha – MG, cujas fácies observadas diferem daquelas da região do Alto do Paracatu. Foram descritos arenitos eólicos, finos a médios,

com estratificação cruzada de grande porte, laminações do tipo *pin stripe* e arenitos conglomeráticos (Figura 17). Essa associação de fácies, de acordo com as descrições de Campos (1996), são interpretadas aqui como arenitos eólicos da Formação Posse, base do Grupo Urucuia.

A Formação Quiricó é classificada como um ambiente de *playa lake*, com depocentros isolados, espessuras predominantemente delgadas, provavelmente relacionadas a um paleorelevo ondulado, mostrando que não se tratava de um único lago, porém de vários corpos aquosos que se conectavam em épocas de maior umidade e se isolavam nos períodos mais áridos (Sgarbi et al. 2011; Sgarbi et al. 2001; Campos 1996; Campos & Dardenne 1997). Seus litotipos mais representativos são arenitos e siltitos maciços em bancos alternados, argilitos maciços e lentes de calcário amarelo finamente laminado e com estruturas "cone em cone" e *tepee* (Campos 1996; Sgarbi et al. 2011). Nota-se, portanto, uma relação direta entre as descrições e associações de fácies vistas em campo com aquelas descritas na literatura. Fácies chave, como as fácies H e Fm, com presença de pseudomorfs de gipsita e marcas de gretas de contração também são descritas na literatura acerca da Formação Quiricó, como em Moraes et al. (1986) e Sgarbi (1989), que descrevem pseudomorfs e cubos de sal.

A figura 19 exibe a comparação entre a seção representativa da região de estudo com duas seções colunares levantadas em áreas mapeadas como Formação Quiricó, deixando evidente a relação entre as regiões. A seção Marimbo, levantada na região de Chapada Gaúcha – MG (Figura 18), mostra uma predominância de arenitos, finos a médios, com estratificação cruzada acanalada, climbing ripples e maciços, apresentando uma correlação com a associação de fácies superior. A seção Martelo foi levantada próximo ao município de Presidente Olegário–MG (Figura 18), cujas fácies muito se assemelham àquelas da região de Coração de Jesus, com sedimentos siliciclásticos finos predominando na porção inferior das seções e arenitos na porção superior.

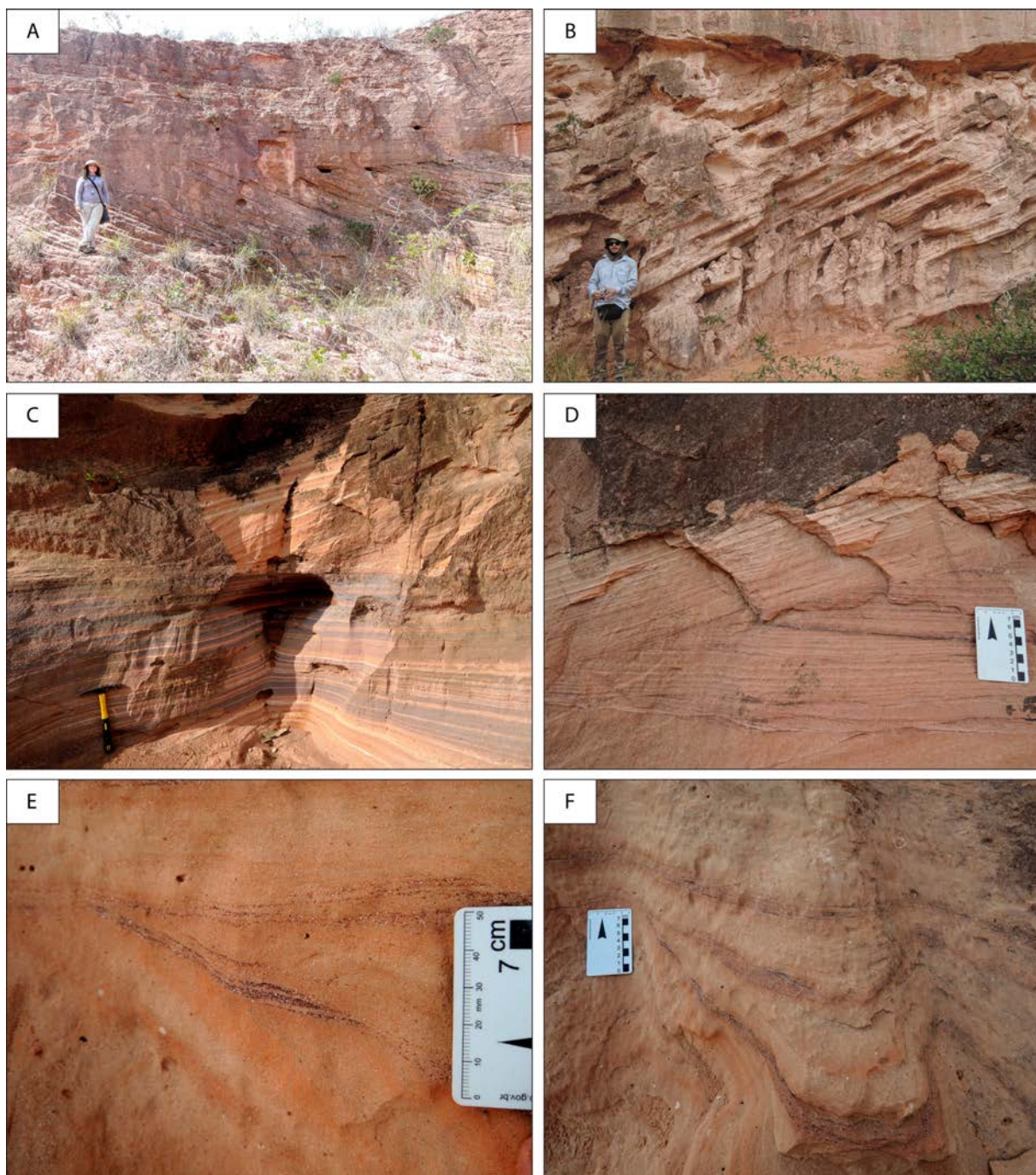


Figura 17: Fácies observadas na região de Chapada Gaúcha - MG, interpretadas como os arenitos eólicos da Formação Posse, Grupo Urucuia. A) e B) Estratificações cruzadas de grande porte em arenito fino, com grãos bem selecionados e arredondados, de coloração ocre. Fácies St. C) e D) Arenitos finos a médios, bimodais, com grãos arredondados, bem selecionados e estratificação cruzada acanalada centimétrica a métrica. Fácies St. E) e F) Detalhe de laminação com segregação granular em arenitos médios, com estratificação cruzada acanalada e *climbing ripples* na terminação dos *sets*, que eram decimétricos. Fácies St

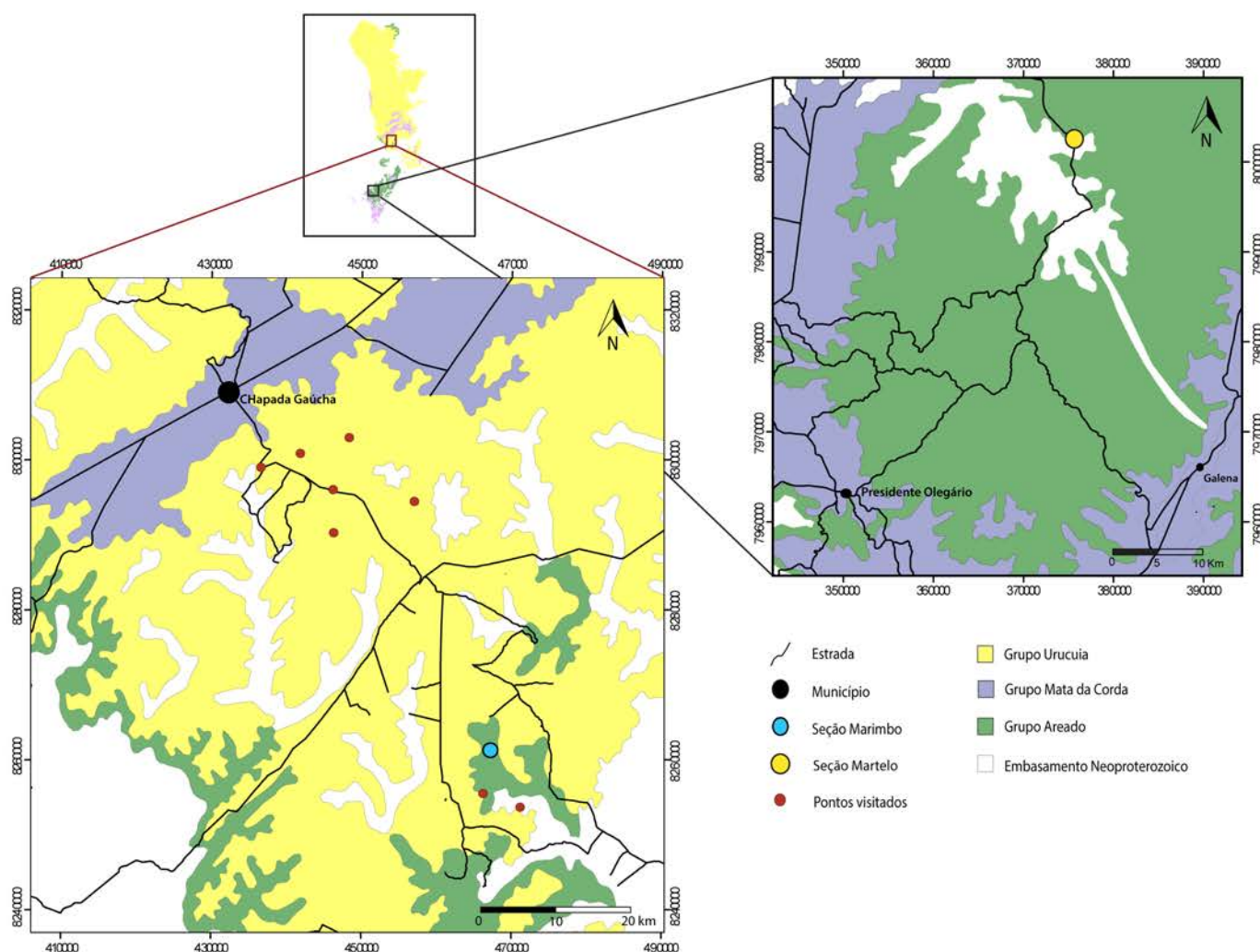


Figura 18: Localização da seções colunares Martelo e Marimbo, próximo a Presidente Olegário – MG e Chapada Gaúcha – MG, e localização dos pontos visitados no Grupo Urucua. Coordenadas UTM, datum WGS84 zona 23 S e 23 L (Chapada Gaúcha). Base CPRM (2006) e CODEMIG (2009).

A correlação entre as seções deixa claro que a região do Alto do Paracatu deve ser interpretada como Formação Quiricó do Grupo Areado. A semelhança entre as associações de fácies aliada às evidências de um sistema deposicional do tipo *playa lake* com influência eólica nas porções superiores das seções, são fortes indícios que corroboram essa interpretação. A região é de grande importância devido ao seu conteúdo fossilífero e representa a porção setentrional mais espessa para a Formação Quiricó, com média de 23 metros de espessura, representando uma porção mais úmida em meio ao deserto cretáceo, atraindo a fauna em busca de água e comida.

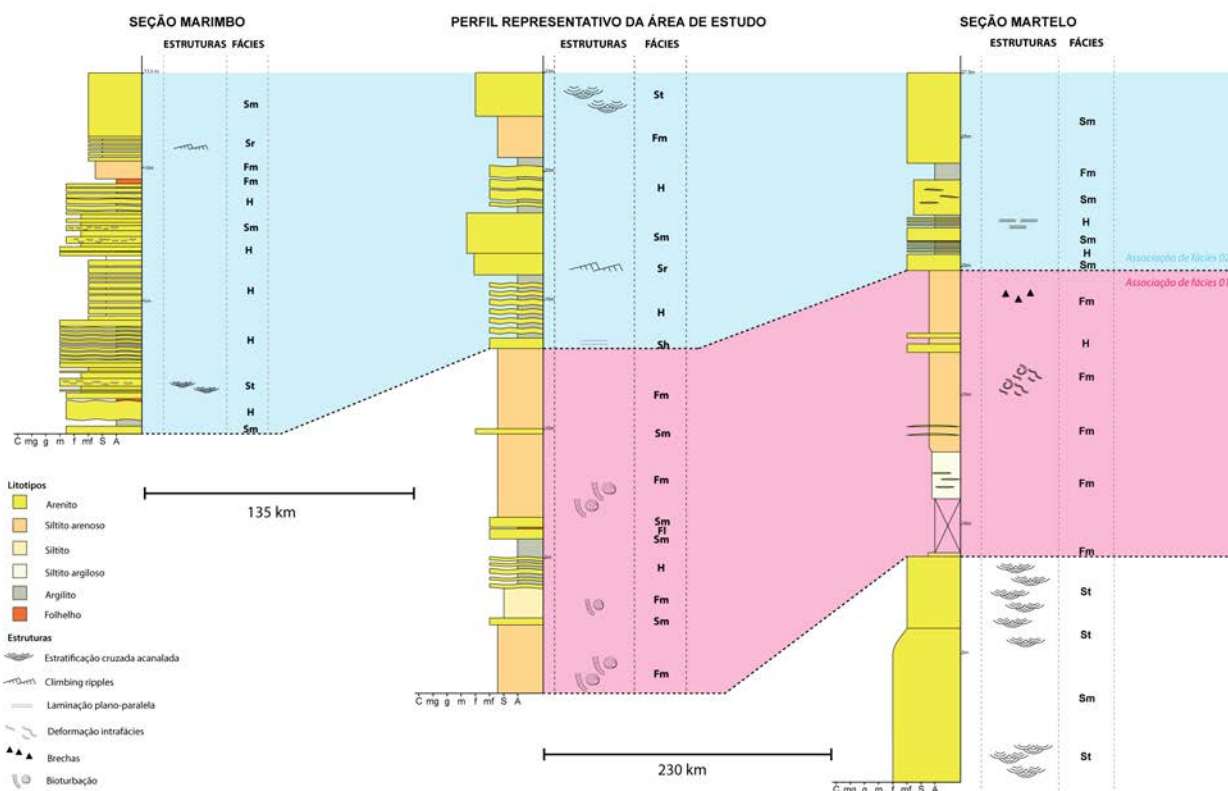


Figura 19: Correlação entre as seções Marimbo e Martelo, da Formação Quiricó, e a seção representativa da área de estudo na região do Alto do Paracatu. Fica evidente, portanto, que a unidade sedimentar mesozoica na região deve ser interpretada como Formação Quiricó, Grupo Areado da Bacia Sanfranciscana.

7 CONCLUSÕES

Baseando-se na análise de fácies da região do Alto do Paracatu, feita através do levantamento de oito seções colunares, e através da correlação entre estas seções com seções levantadas em áreas de ocorrências da Formação Quiricó, conclui-se que as unidades sedimentares mesozoicas da área de estudo devem ser estratigraficamente classificadas como Formação Quiricó, Grupo Areado da Bacia Sanfranciscana.

O sistema deposicional da região é interpretado como um sistema do tipo *playa lake* com influência eólica, fundamentando-se no empilhamento das fácies sedimentares da região, na presença de minerais evaporíticos e evidências de exposição subaérea (gretas de contração), além da presença de fósseis traços na porção sul da área estudada.

O conteúdo fossilífero da região do Alto do Paracatu faz com que a área seja de grande importância para a Bacia Sanfranciscana e essa região representa a porção setentrional mais espessa descrita para a Formação Quiricó.

Referências Bibliográficas

- Arai, M., Dino, R.; Milhomem, P.S., Sgarbi, G.N.C. 1990. Micropaleontologia da Formação Areado, Cretáceo da Bacia Sanfranciscana: estudos de ostracodes e palinologia. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, Uberaba, Anais*, v.34, p. 2-3.
- Barbosa, O., Braun, O.P.G., Dyer, R. C., Cunha, C.A.B.R., 1971. Geologia da região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, *Boletim DNPM*, **136**:140.
- Bowler, J.M., 1986. Spatial variability and hydrologic evolution of Australian lake basins: analogue for Pleistocene hydrologic change and evaporite formation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **54**:21-41.
- Briere, P. 2000. Playa, playa lake, sabkha: Proposed definitions for old terms. *Journal of Arid Environments* **45**:1-7.
- Buatois, L. & Mángano, M. 1995. The paleoenvironmental and paleoecological significance of the lacustrine Mermia ichnofacies: An archetypical subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. *Ichnos* **4**:151-161.
- Buatois, L. & Mángano, M. 2002. Trace fossils from Carboniferous floodplain deposits in western Argentina: implications for ichnofacies models of continental environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **183**:71-86.
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A. 1994. O sistema fluvial entrelaçado dos conglomerados e arenitos do Membro Abaeté na região de Cana Brava, MG. *In: Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, Rio Claro, Anais*, p. 185-187.
- Campos, J. 1996. *Estratigrafia, sedimentação, evolução tectônica e geologia do diamante da porção centro-norte da Bacia Sanfranciscana*. Phd thesis, Universidade de Brasília, Unb.
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A. 1996. Distribuição estratigráfica e sistemas deposicionais do Grupo Urucuaia, Cretáceo Superior da Bacia Sanfranciscana. *Boletim do 4º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, **4**:203-207
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A. 1997a. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, **27**(3): 269-282.
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A. 1997b. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, **27**(3): 283-294
- Cardoso, R.N., 1971. Contribuição ao estudo do Grupo Areado. Estratigrafia e descrição dos filópodos fósseis. UFMG, *Museu de História Natural* **1**:56.
- Carvalho M.S. de Almeida Campos D., Dardenne M.A., Sgarbi G.N.C., Campos E.G., Cartelle C.C. 1995. Ocorrência de celacantídeos *Mawsonia* em sedimentos lacustres da Bacia Sanfranciscana, noroeste de Minas Gerais. *In: SBG, Congresso Brasileiro Paleontologia, Uberaba, Anais*, v.14, p. 35.
- Carvalho M. S. de., Maisey J. G. 2008. New occurrence of *Mawsonia* (Sarcopterygii: Acnistita) from Early Cretaceous of the Sanfranciscana Basin, Minas Gerais, southeastern Brazil. From Cavin, L., Longbottom, A. & Richter, M. (eds) *Fishes and the Break-up of Pangea*. Geologic Society, London, Special Publication, p.109-144.

- Carvalho I.de S., Kattah S. da S. 1998. As pegadas fósseis do paleodeserto da Bacia Sanfranciscana (Jurássico Superior - Cretáceo Inferior, MG). *Anais Academia Brasileira Ciências*, **70**(1):53-67.
- CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico do Estado de Minas Gerais, 2014. *Folha Coração de Jesus*. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais,
- Duarte, L. 1968. Restos vegetais fósseis da Formação Areado. In: XXII Congr.Bras.Geol., Belo Horizonte, p. 68.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G., and Fagerstrom, J.A., 1984, Morphological, ethological and environmental significance of the ichnogenera Scoyenia and Anchorichnus: *Journal of Paleontology*, **58**:511– 528.
- Goldberg, K., Morad, S. & Al-Aasm, I. et al. 2011. Diagenesis of Paleozoic playa-lake and ephemeral-stream deposits from the Pimenta Bueno Formation, Siluro–Devonian (?) of the Parecis Basin, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* **32**:58-74.
- Hasiotis, S. T. And Brown, T.M. 1992. Invertebrate trace fóssil: the backbone of continental ichnology. In: Maples, C. G. And West, R.R. (eds.) Trace fóssil: short course in Paleontology, *The Paleontological Society* 5:64-104.
- Hasiotis, S. & Van Wagoner, J. 2002. Continental trace fossils. *SEPM (Society for Sedimentary Geology)*, Tulsa, Oklahoma.
- Huerta, P., Armenteros, I. & Recio, C. et al. 2010. Palaeogroundwater evolution in playa–lake environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **286**:135-148.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 mar. 2006.
- IEF – Instituto Estadual de Florestas. 1998. Parque Estadual da Serra das Araras. <<http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/209?task=view>>. acesso em 4 fev. 2016.
- Kattah, S.S. 1991. *Análise Faciológica e Estratigráfica do Jurássico Superior/Cretáceo Inferior na Porção Meridional da Bacia Sanfranciscana, Oeste do Estado de Minas Gerais*. MS dissertation, Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Departamento de Geologia.
- Kattah, S.S.; Koutsoukos, E. A. M. 1992. A ocorrência de radiolário em fácies sedimentares de origem marinha no Mesozóico da Bacia Sanfranciscana. Ouro Preto, *Revista Escola de Minas*, **45** (1/2): 214.
- Krijgsman, W. & Meijer, P. 2008. Depositional environments of the Mediterranean “Lower Evaporites” of the Messinian salinity crisis: Constraints from quantitative analyses. *Marine Geology* **253**:73-81.
- Last, William M. 1984. Sedimentology of playa lakes of the northern Great Plains. *Canadian Journal of Earth Sciences* **21**:107-125.
- Ladeira E.A., Brito O.E.A. de. 1968. Contribuição à Geologia do Planalto da Mata da Corda. In: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, Belo Horizonte, *Anais*, v. 22, p. 181-199.

- Ladeira E., Braun, O.P.G., Cardoso R.N., Hasui Y. 1971. O Cretáceo em Minas Gerais. *In*: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, São Paulo, *Anais*, v. 25, p.15-31.
- Mescolotti, P. 2015. *Paleocorrentes e paleogeografia do grupo Areado, Cretáceo inferior da bacia Sanfranciscana*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP.
- Miall, A. D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. *In*: MIALL, A. D. (ed.) *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geology: p. 597-604.
- Moraes L.C. de., Seer H.J., Fogaça A.C.C., Sgarbi, P.B. de., Sgarbi G.N.C. 1986. Geologia das unidades cretácicas da área compreendida entre Lagoa Formosa e Carmo do Paranaíba, MG. *In*: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, *Anais*, v. 1, p. 337-345.
- Moraes L.C., Seer, H.J., Kattah S.S. 1987. Aspectos petroquímicos das rochas vulcânicas alcalinas cretácicas da porção meridional da Bacia Sanfranciscana, MG. *In*: Congresso Brasileiro de Geoquímica, Porto Alegre, *Anais*, p. 315-326.
- Netto, R. 2007. Skolithos-dominated piperock in nonmarine environments: an example from the triassic caturrita formation, southern brazil. *Sediment–Organism Interactions: A Multifaceted Ichnology . SEPM Special Publication*, **88**:109-121.
- Pessagno JR, E.A.; Dias-Brito, D. 1996. O silexito a radiolários do sul da Bacia Sanfranciscana, Brasil: idade, origem e significado . *In*: 4 Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, 1996, Água de São Pedro. *Boletim*, v. 4, p. 213-222.
- Schobbenhaus C., Campos D.A., Derze G.R., Asmus H.E. 1984. *Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente*. Ministério das Minas e Energia/DNPM, Brasília, Brazil.
- Scorza F.P., Santos R. da S. 1955. Ocorrência de folhelho fossilífero no município de Presidente Olegário, Minas Gerais. Rio de Janeiro, *DNPM/DGM Boletim*, **155**:27.
- Seer, H.J.; Moraes, L.C. 1989. Roteiro Geológico para a região de Lagoa Formosa-Chumbo-Carmos do Paranaíba-MG. *Boletim SBG-MG*, **9**:58.
- Santos, R. da S., 1955. Ocorrência de folhelho fossilífero cretácico no município de Presidente Olegário, Minas Gerais. Rio de Janeiro, *Boletim DNPM*, **155**:27.
- Santos, R.da S., 1985. *Laeliichthys Ancestralis*, novo gênero e espécies de Osteoglossiformes do Aptiano da Formação Areado, Estados de Minas Gerais, Brasil. *MME-DNPM*, **27**:161-167.
- de Souza Carvalho, I., dos Santos Avilla, L. & Salgado, L. 2003. *Amazonsaurus maranhensis* gen. et sp. nov. (Sauropoda, Diplodocoidea) from the Lower Cretaceous (Aptian–Albian) of Brazil. *Cretaceous Research* **24**:697-713.
- Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology* **5**:413-428.
- Sgarbi, P.B.A. 2011. *Projeto Alto Paranaíba. Capítulo IV: Magmatismo do Cretáceo na região sudoeste da Bacia Sanfranciscana: O Grupo Mata da Corda*. CODEMIG/UFGM.

- Sgarbi, G.N.C., 1989. *Geologia da Formação Areado: Cretáceo Inferior a Médio da Bacia do São Francisco, oeste do Estado de Minas Gerais*. MS dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, 324 p.
- Sgarbi et al. 2001. Bacia Sanfranciscana: o registro fanerozóico da Bacia do São Francisco. *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Belo Horizonte, SBG–Núcleo de Minas Gerais: 93-138.
- Sgarbi, G.N.C. 2000. The Cretaceous Sanfranciscan Basin, eastern plateau of Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**(3): 450-454
- Sgarbi, G.N.C. 1991. Arenitos eólicos da Formação Areado (Bacia Cretácea do São Francisco): caracterização, diagênese e aspectos químicos. *Revista Brasileira de Geociências*, **21**(4): 342-354.
- Sgarbi, G.N.C.; Dardenne, M. A. 1997. Evolução climática do Gondwana nas regiões centro-sul do Brasil e seus registros geológicos continentais durante o Mesozóico, enfatizando o Arco do Alto Paranaíba, a Borda NNE da Bacia do Paraná e a porção meridional da Bacia Sanfranciscana, no oeste do estado de Minas Gerais. *Geonomos*, **4**(1): 21-49.
- Pires-Domingues, R. 2009. *Paleogeografia Do Alto de Paracatu: O registro geológico dos bonebeds de dinossauros da bacia Sanfranciscana*. MS dissertation, University of São Paulo (USP).
- Spigolon, A.L.D.; Alvarenga, C.J.S. 2002. Fácies e elementos arquiteturais resultantes de mudanças climáticas em um ambiente desértico: Grupo Urucuia (Neocretáceo), Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, **32**(4): 579-586.
- Todd, S. 1989. Stream-driven, high-density gravelly traction carpets: possible deposits in the Trabeg Conglomerate Formation, SW Ireland and some theoretical considerations of their origin. *Sedimentology* **36**:513-530.
- 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*: Geological Association of Canada, p. 1-14
- Zhang, G., Buatois, L. & Mángano, M. et al. 1998. Sedimentary facies and environmental ichnology of a ?Permian playa-lake complex in western Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **138**:221-243.
- Zaher, H., Pol, D. & Carvalho, A. et al. 2011. A Complete Skull of an Early Cretaceous Sauropod and the Evolution of Advanced Titanosaurians. *PLoS ONE* **6**:63.