

Trabalho de Formatura
Curso de Graduação em Geologia

PALEOCORRENTES E PALEOGEOGRAFIA DO GRUPO AREADO,
CRETÁCEO INFERIOR DA BACIA SANFRANCISCANA

Patricia Colombo Mescolotti

Prof. Dr. Mario Luis Assine (orientador)
Prof. Dr. José Alexandre de J. Perinotto (co-orientador)

Rio Claro (SP)

2015

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

PATRICIA COLOMBO MESCOLOTTI

PALEOCORRENTES E PALEOGEOGRAFIA DO GRUPO
AREADO, CRETÁCEO INFERIOR DA 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

2015

PATRICIA COLOMBO MESCOLOTTI

PALEOCORRENTES E PALEOGEOGRAFIA DO GRUPO
AREADO, CRETÁCEO INFERIOR DA 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

Maurício Guerreiro Martinho dos Santos

Rio Claro, 03 de março de 2015.

Patricia Colombo Mescolotti

Mario Luis Assine (orientador)

Aos meus pais, meus exemplos.

“De tudo, ficaram três coisas: a certeza de que ele estava sempre começando, a certeza de que era preciso continuar e a certeza de que seria interrompido antes de terminar. Fazer da interrupção um caminho novo. Fazer da queda um passo de dança, do medo uma escada, do sono uma ponte, da procura um encontro.”

Fernando Sabino

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Formação de Recursos Humanos em Geociências e Ciências Ambientais Aplicadas ao Petróleo – PRH 05/UNESP, ao PFRH/Petrobrás e ao PRH/ANP – FINEP/MCT, pelo apoio acadêmico e financeiro, indispensáveis à realização deste trabalho de conclusão de curso. Ao projeto “Análise Estratigráfica do Andar Alagoas nas Bacias do Araripe, Tucano/Jatobá, Paranaíba e Sanfranciscana” convênio PETROBRÁS/UNESP/FUNDUNESP (0050.0023165.06.4 SAP nº 46.00321584 – CCP nº 1850/10), pelo apoio aos trabalhos de campo e pela oportunidade de ter o primeiro contato com a Bacia Sanfranciscana.

Ao Prof. Dr. Mario Luis Assine pela paciência e orientação, e por estar me acompanhando e me ensinando desde os meus primeiros passos na geologia. Ao Prof. Dr. José Alexandre de J. Perinotto, pelas sugestões no texto e pela participação na campanha de campo, que apesar de algumas dificuldades técnicas, acabou por ser uma etapa de grande aprendizagem e boas histórias.

Aos meus pais, Eduardo e Denise Mescolotti, por serem minhas bases, meus exemplos de pessoa e por sempre acreditarem em mim. Ao meu irmão, que mesmo longe sempre se faz presente em minha vida. Aos demais membros da minha família, que me apoiam e incentivam.

Ao geólogo e amigo Filipe Giovanini Varejão, pela contribuição com ideias e discussões e por ter ajudado de forma significativa em todas as etapas de campo. Ao geólogo Bruno Cesar Araújo, pela ajuda e companhia nas atividades de campo.

Ao Centro de Geociências Aplicadas ao Petróleo – UNESPetro (Rio Claro – SP), pela estrutura física fornecida que possibilitou melhor desenvolvimento do projeto, e a seus funcionários, em especial à Márcia, pelo carinho e simpatia. Em especial aos colegas do Laboratório de Estudos Estratigráficos (LEE), que contribuíram tanto com discussões e opiniões, como tornaram os dias no LEE mais divertidos.

A todas as pessoas que moraram comigo ao longo destes cinco anos, pela amizade e paciência, e por terem sido a minha família em Rio Claro. Aos amigos que me acompanharam ao longo desta jornada e a tornaram inesquecível.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 LOCALIZAÇÃO E FIOGRAFIA DA ÁREA	2
1.2 OBJETIVOS	4
2. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA DO GRUPO AREADO	5
2.1. CRONOESTRATIGRAFIA DO GRUPO AREADO	9
3. MÉTODOS E ATIVIDADES EXECUTADAS	13
4. FORMAÇÃO ABAETÉ	18
4.1 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES	21
4.2 INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL.....	24
4.3 PALEOCORRENTES.....	24
5. FORMAÇÃO QUIRICÓ	27
5.1. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES	31
5.2. INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL.....	34
6. FORMAÇÃO TRÊS BARRAS	36
6.1. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES	37
6.2. INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL.....	43
6.3. PALEOCORRENTES.....	45
7. TRATO DEPOSICIONAL E PALEOGEOGRAFIA	48
8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
Referências	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo.....	3
Figura 2. Bacia Sanfranciscana: áreas de ocorrência do Grupo Areado, Mata da Corda e da Formação Urucuia	7
Figura 3. Carta estratigráfica da Bacia Sanfranciscana.....	8
Figura 4. Mapa dos pontos levantados nas campanhas de campo	14
Figura 5. Mapa com a localização das seções-colunares levantadas.	16
Figura 6. Seção-colunar Córrego Tiririca.....	19
Figura 7. Seção-colunar composta Chapadão	20
Figura 8. Prancha conglomerados da região de Canabrava	22
Figura 9. Prancha de conglomerados matriz-sustentados e arenitos conglomeráticos.....	23
Figura 10. Prancha Fm. Abaeté: Arenitos bem selecionados com estratificação cruzada acanalada e arenito com deformação	23
Figura 11. Rosetas de paleocorrentes para a Formação Abaeté	26
Figura 12. Comparação entre a roseta média fluvial da Fm. Abaeté obtida neste trabalho com a da literatura	26
Figura 13. Seção-colunar São José Romão.....	29
Figura 14. Seção-colunar do Cruzeiro.....	30
Figura 15. Seção-colunar do Bexiga	31
Figura 16. Fácies da Seção São José Romão	32
Figura 17. Fácies H, Fl e Sr	33
Figura 18. Transição entre a Fm. Quiricó e a Fm. Três Barras.....	38
Figura 19. Arenitos bem selecionados, com estratificação cruzada acanalada	39
Figura 20. Arenitos da Fm. Três Barras: superfície de deflação, deformações e concreção	40
Figura 21. Superfície de descontinuidade regional	42
Figura 22. Arenitos bem selecionados, com estratificação cruzada acanalada de grande porte (fácies St) e deformações nos arenitos	43
Figura 23. Contato entre dunas eólicas e interduna	45
Figura 24. Mapa com rosetas de paleocorrentes para a Formação Três Barras	46
Figura 25. Roseta média de paleocorrentes para a Formação Três Barras	47
Figura 26. Seção composta elaborada pelo empilhamento das seções-colunares Córrego Tiririca, Chapadão, São José Romão e Cruzeiro	51
Figura 27. Localização das rochas lacustres em relação à Falha da Galena	52

Figura 28. Principais tipos de dunas eólicas e os diagramas em roseta indicando a distribuição provável do padrão de paleoventos	54
Figura 29. Modelo paleogeográfico aplicado à sedimentação do Grupo Areado durante o eocretáceo na Sub-Bacia Abaeté	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Compilação do trabalho de Carmo <i>et al.</i> (2004): distribuição geográfica e estratigráfica das espécies de ostracodes estudadas na Bacia Sanfranciscana.....	12
Tabela 2. Pontos levantados com suas respectivas coordenadas	15
Tabela 3. Tabela de fácies	17
Tabela 4. Localização do ponto inicial (base) das seções levantadas	17
Tabela 5. Síntese das associações de fácies e sistemas deposicionais para o Grupo Areado	50

RESUMO

O Grupo Areado, da Bacia Sanfranciscana, é um sistema sedimentar continental eocretácico e cronocorrelato ao Pré-sal. Ele divide-se nas formações Abaeté, Quiricó e Três Barras. Alguns trabalhos trataram de paleocorrentes para o Grupo Areado, mas sempre com enfoque secundário e com baixas quantidades de medidas. Esse trabalho buscou descrever as fácies sedimentares e analisar de forma sistemática as paleocorrentes desse grupo, visando obter os ambientes deposicionais e a reconstituição paleogeográfica para a bacia. Foram levantadas seções estratigráficas verticais, descritas fácies e levantadas estações de paleocorrentes. Como resultado obtiveram-se paleocorrentes fluviais para NW (Fm. Abaeté) e paleocorrentes eólicas para SW (Fm. Três Barras). Os sistemas deposicionais interpretados para o Grupo Areado foram: rio entrelaçado, leque aluvial, lacustre, *playa lake*, flúvio-deltaico e eólico. Com a análise das paleocorrentes e das fácies sedimentares reconstituiu-se cenário paleogeográfico mais fidedigno para a bacia, com paleomergulho deposicional para NW, área fonte para SE e paleoventos com sentido para SSW. Assim sendo, os paleoventos eram ortogonais à paleodrenagem, mas paralelos ao *strike* deposicional da bacia. Os sistemas deposicionais interpretados caracterizam ambiente desértico para a Sub-Bacia Abaeté. A associação de dunas e interdunas úmidas sendo sucedidas por dunas de grande porte e interdunas secas, pouco desenvolvidas, sugere um decréscimo de umidade para o topo da Fm. Três Barras, sendo que o sistema eólico seco extrapolou os limites iniciais da sub-bacia. O decréscimo de umidade observado na Bacia Sanfranciscana pode ser reflexo de mudanças paleoclimáticas locais ou regionais durante a abertura do Atlântico Sul, contudo carece de mais estudos para entender melhor esta mudança.

Palavras-chave: Fácies sedimentares. Paleoambientes. Paleoventos.

ABSTRACT

The Areado Group of the Sanfranciscana Basin is a Lower Cretaceous continental sedimentary system that is correlated to the Brazilian Pre-Salt beds. The Areado Group is composed of Abaeté, Quiricó and Três Barras formations. Paleocurrent data for the Areado Group were previously presented, although not systematically which prevented significative interpretations on the basin paleogeography. This work attempts to systematically evaluate paleocurrent data, aiming to recognize depositional environment and paleogeographic reconstruction, based on the sedimentary facies and paleocurrents measurements along vertical profiles. Fluvial paleocurrents of the Abaeté Formation indicate paleoflows towards NW whereas aeolian paleocurrents of the Três Barras Formation show paleowinds towards SW. The depositional systems interpreted for the Areado Group were: braided river, alluvial fan, lacustrine, playa lake, fluvial-deltaic and aeolian. The combined analyses of facies and paleocurrents allowed a reliable paleogeographic reconstruction of the basin, with paleodip towards northwest, paleowinds towards south-southwest and source-area located at southeast. These results indicate that paleowinds were orthogonal to paleostream, but parallel to depositional strike of the basin. The interpreted depositional systems characterize a desert environment during the Abaeté sub-basin times. The association of dunes and wet interdunes followed by large scale dunes and dry interdunes suggests a decrease in humidity towards the top of the Três Barras Formation, with a dry aeolian system onlapping the basement. The observed decrease of humidity in Sanfranciscana Basin may reflect local or regional paleoclimatic changes during the opening of the South Atlantic, but this assumption is only tentative.

Keywords: Sedimentary facies. Paleoenvironments. Paleowinds.

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Sanfranciscana é uma bacia intracratônica e corresponde ao registro fanerozoico do Cráton do São Francisco. O Grupo Areado, objeto deste estudo, é o representante eocretácico desta bacia e divide-se nas Formações Abaeté, Quiricó e Três Barras, da base para o topo respectivamente.

Diversos trabalhos acerca do Grupo Areado já foram desenvolvidos, principalmente enfocando os aspectos estratigráficos, paleontológicos, estruturais, faciológicos e econômicos da unidade. Destacam-se os trabalhos de Seer *et al.* (1989), Sgarbi (1989), Kattah (1991), Arai *et al.* (1995), Campos e Dardenne (1997), Sgarbi e Dardenne (1998), Mendonça (2003), Carmo (2004) e Sgarbi (2011). Entretanto, nenhum trabalho foi centrado na análise de paleocorrentes e sua relação com a paleogeografia da bacia. Este trabalho possibilitará reconstituição paleogeográfica embasada por análise sistemática de paleocorrentes e análise de fácies sedimentares, contribuindo para melhor compreensão dos processos ocorridos no Cretáceo Inferior da Bacia Sanfranciscana.

O Grupo Areado está compreendido entre o Barremiano Inferior e o Albiano Médio (Campos e Dardenne, 1997). Este período de tempo é de significativa importância para a geologia do petróleo no Brasil, visto que este intervalo é portador de importantes rochas geradoras e reservatórios de hidrocarbonetos nas bacias brasileiras. O melhor entendimento dos sistemas deposicionais atuantes e a reconstituição paleogeográfica da Bacia Sanfranciscana contribuirá para o conhecimento da evolução geológica no interior do continente durante este significativo intervalo de tempo dos sistemas petrolíferos brasileiros.

1.1 LOCALIZAÇÃO E FISIOGRAFIA DA ÁREA

A área de estudo apresenta cerca de 15.600 Km² e localiza-se na porção oeste de Minas Gerais, na Sub-bacia Abaeté (Figura 1). Os afloramentos estudados encontram-se nos arredores das cidades de Presidente Olegário, João Pinheiro, Varjão de Minas, Patos de Minas e Carmo do Paranaíba. Abrange as cartas topográficas de Presidente Olegário (Folha SE.23-Y-B-I), Serra das Almas (Folha SE.23-Y-B-II), Carmo do Paranaíba (Folha SE.23-Y-B-IV), Rio do Sono (Folha SE.23-V-D-V) e Canabrava (Folha SE.23-V-D-II).

Os principais acessos à área se dão pelas rodovias BR 352, BR 365, BR 354, BR 040, MG 410 e MG 408. Contudo, o acesso a grande parte dos pontos estudados se dá por estradas vicinais em terra.

O bioma da região de interesse é o Cerrado, sendo o clima semi-úmido, com 4 a 5 meses secos, com temperaturas médias acima de 18°C em quase todos os meses e pluviosidade anual de 1350 mm (IBGE 2013). Segundo Sgarbi (2011), as principais feições geomorfológicas da área são morrotes de morfologia plana, colinas baixas, cristas elevadas e vales encaixados.

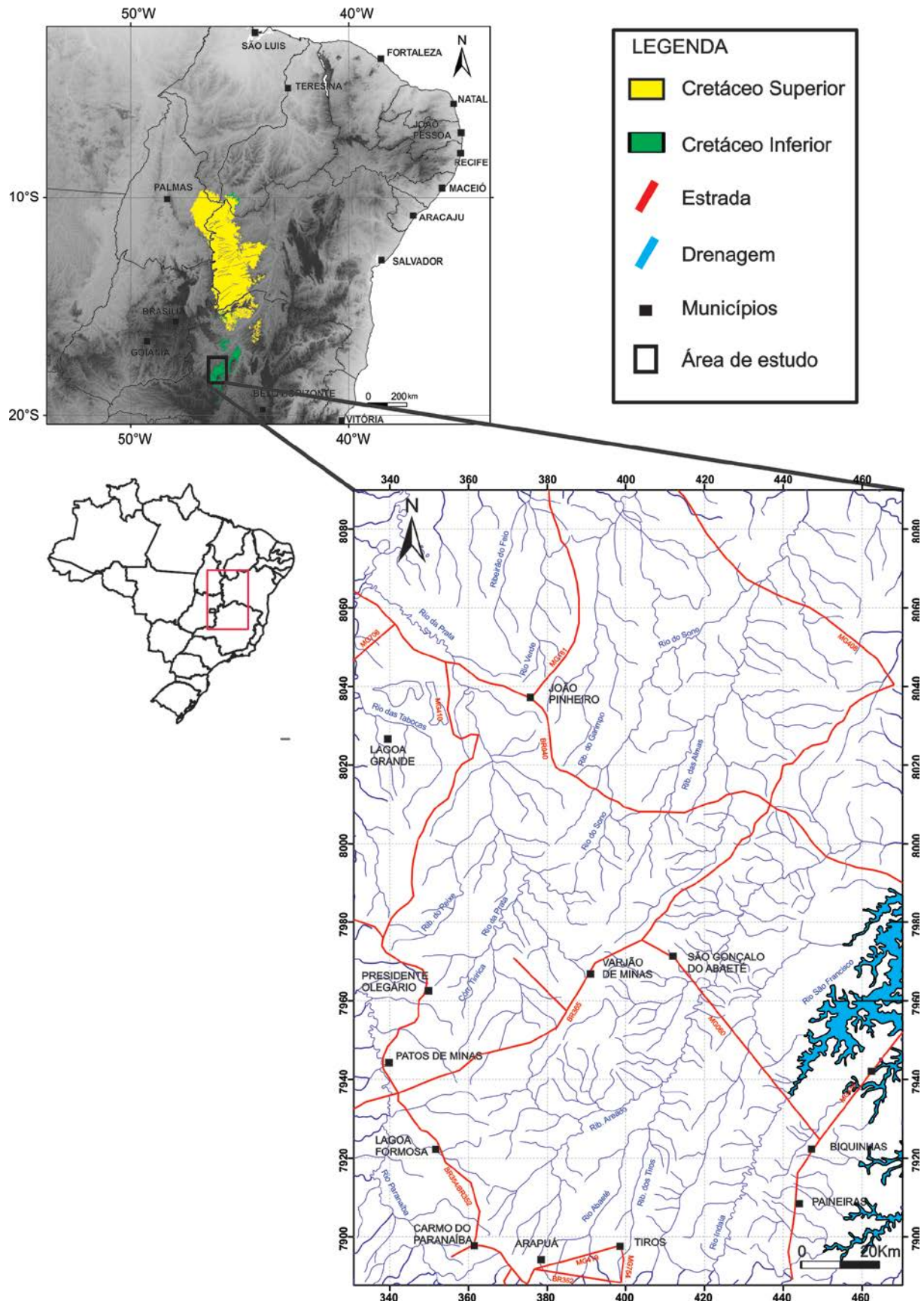


Figura 1 – Localização da área de estudo (Coordenadas UTM, datum WGS84, Zona 23 – Dados retirados do CPRM)

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem por escopo a realização de análise de fácies sedimentares e de paleocorrentes do Grupo Areado da Bacia Sanfranciscana, visando obter os ambientes deposicionais e a reconstituição paleogeográfica da bacia.

São objetivos específicos desta pesquisa: (a) descrição e interpretação de fácies sedimentares do Grupo Areado; (b) levantamento de seções estratigráficas verticais; (c) identificação do padrão de paleocorrentes, interpretação do paleomergulho deposicional, definição das áreas-fonte e direção dos paleoventos; (d) interpretação dos paleoambientes deposicionais; e (e) discussão da paleogeografia.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA DO GRUPO AREADO

A Bacia Sanfranciscana é uma bacia intracratônica e fanerozoica. Possui morfologia alongada, com aproximadamente 1.100Km de extensão e 200Km de largura (Sgarbi *et al.*, 2001), compreendendo parte dos estados de Minas Gerais, Bahia, Tocantins e Goiás (Figura 2). Limita-se a sul com a Bacia do Paraná, pelo Alto do Paranaíba, e a norte pelo Alto do São Francisco, que a separa da Bacia do Parnaíba (Campos e Dardenne, 1997). As faixas Brasília e Araçuaí/Espinhaço Setentrional limitam, respectivamente, as bordas ocidental e oriental da Bacia Sanfranciscana (Campos e Dardenne, 1997). A bacia é subdividida por Campos e Dardenne (1997) em duas sub-bacias, Abaeté (sul) e Urucuia (centro-norte), sendo separadas pelo Alto de Paracatu.

As rochas da Bacia Sanfranciscana assentam-se, em discordância erosiva e angular, sobre rochas paleoproterozoicas do embasamento, rochas neoproterozoicas do Grupo Bambuí, rochas mesoproterozoicas do Grupo Natividade e sobre rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba (Sgarbi, 2011).

Sgarbi (2011) dividiu a Bacia Sanfranciscana em quatro ciclos tectono-sedimentares: 1º - Grupo Santa Fé (do Permo-Carbonífero); 2º Grupo Areado (do Eocretáceo); 3º Grupo Mata da Corda (do Neocretáceo); 4º Grupo Urucuia (do Neocretáceo).

O Grupo Areado (Figura 3), compreendido entre o Barremiano Inferior e o Albiano Médio (Campos e Dardenne, 1997), foi o objeto de estudo neste projeto. Oliveira (1881 apud Sgarbi, 2011) e Lisboa (1906 apud Sgarbi, 2011) foram os pioneiros nos estudos sobre a sedimentação do Grupo Areado, sendo o termo Areado designado primeiramente por Rimann (1917 apud Sgarbi, 2011). Coube a Barbosa (1965) a subdivisão, em três membros, da então Formação Areado: Abaeté, Quiricó e Três Barras. Esta unidade foi elevada à categoria de Grupo por Costa e Grossi Sad (1968). Foi também tratada como grupo por Kattah (1991) e como formação por Lima (1979), Seer (1989), Sgarbi (1989) e Castro (1996). Contudo, desde os trabalhos de Campos e Dardenne (1997) há praticamente consenso em considerar como Grupo Areado. A sedimentação deste grupo deu-se em clima desértico, sendo uma de suas características a grande variação lateral de fácies decorrentes dos diversos processos atuantes (Campos e Dardenne, 1997;

Sgarbi, 2011). O Grupo Areado divide-se nas Formações Abaeté, Quiricó e Três Barras, da base para o topo respectivamente.

A Formação Abaeté apresenta-se distribuída principalmente na porção centro-sul da bacia, na Sub-Bacia Abaeté, sendo descontínua para norte. Esta formação é considerada o melhor guia estratigráfico da Bacia Sanfranciscana (Campos e Dardenne, 1997). A sua espessura é normalmente inferior a um metro, contudo na região de Canabrava, Município de João Pinheiro-MG, esta espessura pode ser superior a 30 m. Campos e Dardenne (1995) atribuem esta variação de espessura ao fato de nesta região as rochas da Fm. Abaeté estarem sobrepostas ao Grupo Santa Fé, preenchendo paleorrelevos glaciais. A Formação Abaeté é constituída por conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos e lamitos sendo que a composição dos conglomerados varia do sul para as demais regiões da bacia (Campos e Dardenne, 1995). Sgarbi *et al.* (2001) dividiram a Formação Abaeté em dois membros: Carmo e Canabrava.

O Membro Carmo, segundo Sgarbi (2011), ocorre na região de Carmo do Paranaíba (MG) e é constituído por conglomerados matriz-sustentado e arenitos líticos depositados por leques aluviais e fluxos aquosos que geraram depósitos do tipo *wadi*. O Membro Canabrava é descrito na porção norte da Sub-Bacia Abaeté, com área tipo na região homônima, e é composto por conglomerados clasto-sustentados, e secundariamente por arenitos conglomeráticos, arenitos, siltitos e argilitos. Campos e Dardenne (1997) caracterizaram este membro como originado em sistema fluvial entrelaçado.

Segundo Sgarbi (2011), a Formação Quiricó, de sedimentação predominantemente lacustre, apresenta ampla ocorrência geográfica, com morfologia alongada de sul para norte, e com depocentros isolados, caracterizando lagos sazonais. A Formação Quiricó é composta por pelitos, com intercalações de arenitos, o que é mais comum para o topo da formação (Campos e Dardenne, 1997). Localmente ocorrem calcários micríticos cinza esverdeados, maciços, em bancos intercalados nos pelitos (Sgarbi, 1989). Considera-se que este lago foi assoreado, no Eocretáceo, por deltas do tipo Gilbert (Sgarbi 1989, Sgarbi, 2011) e pela progradação de dunas eólicas (Campos e Dardenne, 1997; Sgarbi, 2011).

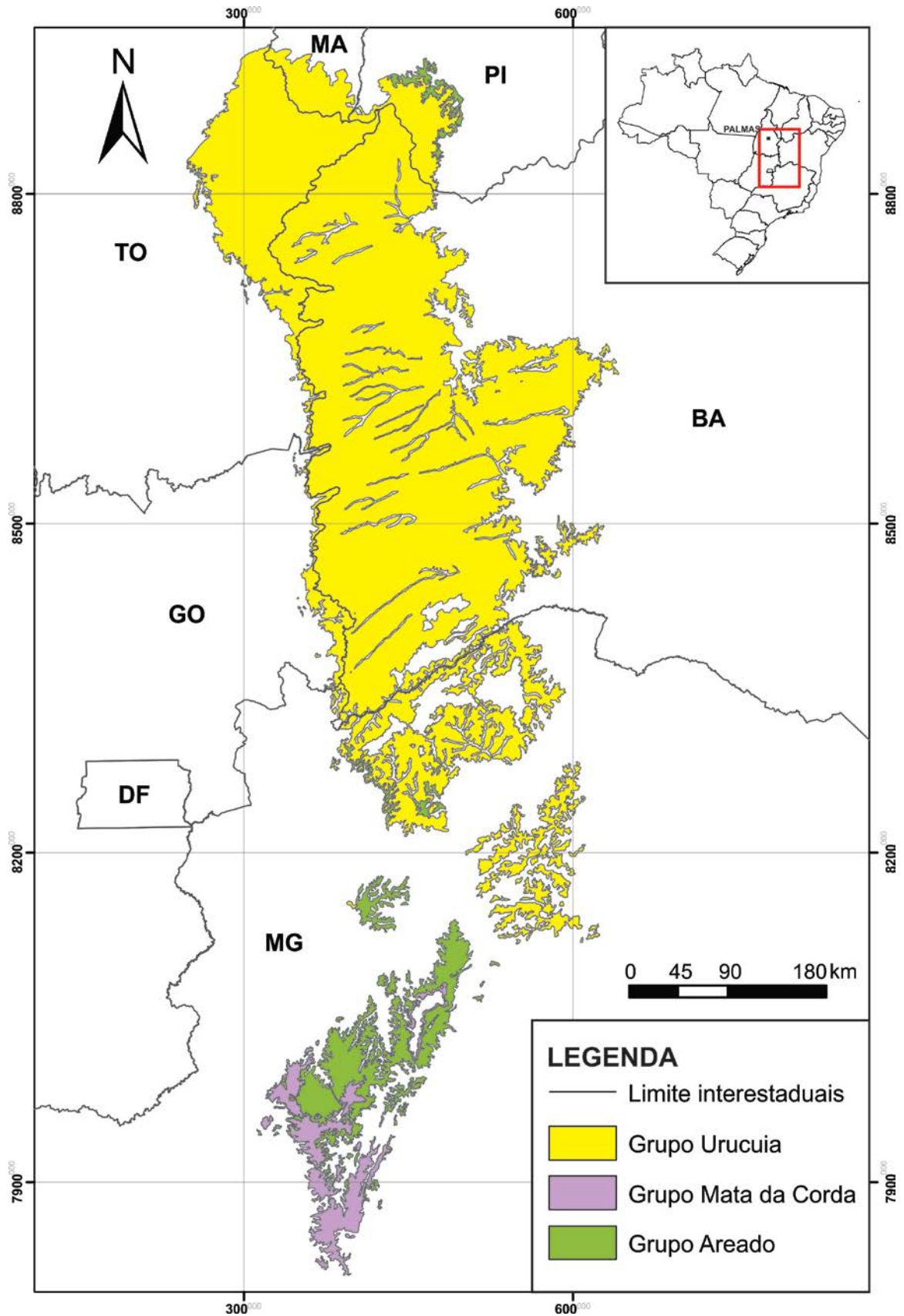


Figura 2 - Bacia Sanfranciscana: áreas de ocorrência do Grupo Areado, Mata da Corda e da Formação Urucuia (distribuição das unidades geológicas: CPRM /Brasil ao milionésimo, 2006 - Coordenadas UTM, datum WGS84, Zona 23).

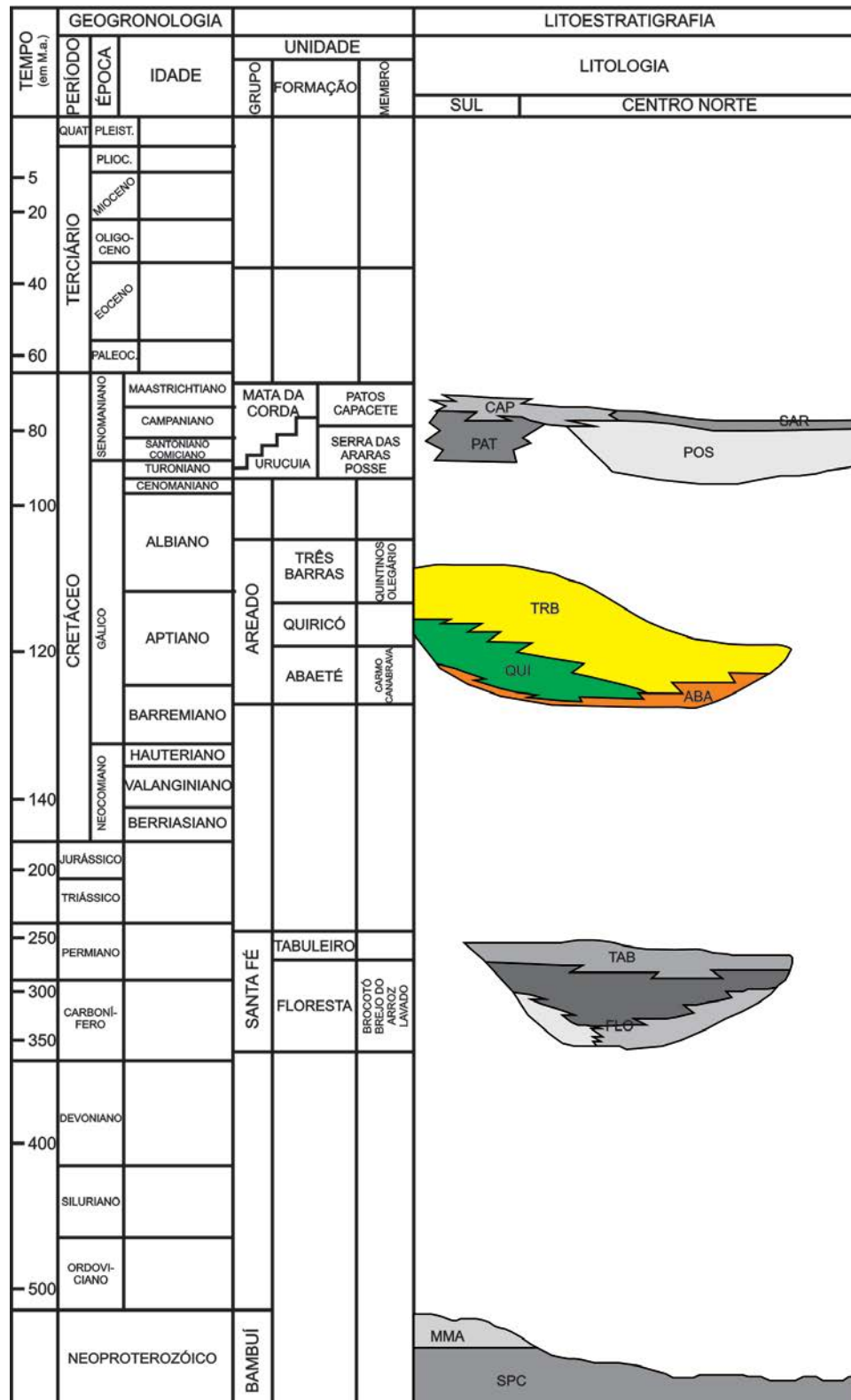


Figura 3. Carta estratigráfica da Bacia Sanfranciscana, com destaque para o Grupo Areado: SPC - sequência pelito carbonática; MMA - metassiltitos, metadiamicritos, arcósios; FLO - Fm. Floresta; TAB - Fm. Tabuleiro; ABA - Fm. Abaeté; QUI - Fm. Quiricó; TBR - Fm. Três Barras; PA - Fm. Patos; CAP - Fm. Capacete; POS e SAR - Fms. Posse e Serra das Araras. Modificado de Campos & Dardenne (1997), Sgarbi *et al.* (2001) e Sgarbi (2011).

A Formação Três Barras é a unidade com maior variação lateral de fácies, com atuação simultânea de sistemas fluviais, flúvio-deltaicos e eólicos. Também é a formação com maior espessura e de mais ampla ocorrência (Campos e Dardenne, 1997; Sgarbi, 2011). Esta formação pode alcançar espessuras máximas de 150 m, na Sub-Bacia Abaeté, e é constituída essencialmente por arenito médio a fino, podendo apresentar cimento de carbonato e sílica. Sgarbi (2011) descreve deformações atectônicas nos arenitos desta formação. Também foram descritos sismitos nesta unidade, representados por deformações dúcteis e rúpteis nos arenitos, e teriam sido geradas por abalos sísmicos em decorrência de atividade tectônica transtrativa (Kattah, 1992).

Tectonicamente, durante a deposição do Grupo Areado dominava esforços distensionais relacionados à abertura do Atlântico sul (Campos e Dardenne, 1997). Neste período também ocorreu a reativação de falhas antigas do embasamento, sendo que segundo Campos e Dardenne (1997) estas falhas foram responsáveis pelo soerguimento do Alto Paranaíba e pela subsidência mecânica que deu origem à Sub-Bacia Abaeté. Segundo Fragoso (2011) esta tectônica extensional levou ao abatimento de um bloco central, que se limitava a oeste por falhas normais e a leste pela reativação da Falha de Galena, formando assim um sistema *horst-graben*.

O Grupo Areado adquiriu ênfase, inicialmente, devido à prospecção de diamantes nos conglomerados da Formação Abaeté. Todavia, apesar da significativa contribuição de trabalhos realizados sobre este grupo, algumas questões ainda continuam em aberto. Como por exemplo, se houve uma possível ingressão marinha, atestada por radiolaritos descritos por Kattah (1991). Ademais, há também carência de informações no que tange a um estudo sistemático das paleocorrentes para este grupo, e melhor entendimento sobre a paleogeografia da Sub-Bacia Abaeté.

2.1. CRONOESTRATIGRAFIA DO GRUPO AREADO

Não existem datações absolutas para o Grupo Areado. Datações pelos métodos K-Ar e U-Pb das rochas vulcânicas do Grupo Mata da Corda, sobreposto ao Grupo Areado, forneceram idades em torno de 80 Ma (Sgarbi *et al.*, 2004). Sabe-

se assim que o Grupo Areado é mais antigo que 80 Ma, mas não existem informações suficientes para estabelecer o início da sedimentação.

Deste modo, a bioestratigrafia é o principal instrumento para a datação das rochas do Grupo Areado. O conteúdo paleontológico encontra-se em maior quantidade na Formação Quiricó, sendo descritos peixes, troncos, pólenes, ostracodes e radiolários. Também são descritas pegadas de dinossauros em sedimentos da Formação Abaeté (Carvalho e Kattah, 1998).

O estudo que permitiu a primeira datação para a Formação Quiricó foi de Scorza e Santos (1955), que descreveram fósseis de peixes teleósteos, de água doce, da espécie *Dastilbe moraenses nov. esp.*, associados a restos vegetais indeterminados. Estes fósseis ocorrem em um nível de folhelho preto no município de Varjão de Minas. O estudo destes peixes permitiu posicionar a Formação Quiricó no Aptiano.

Desde então, diversos autores buscaram, através de estudos paleontológicos, determinar a idade da Formação Quiricó. Dentre estes, grande parte dos autores atribuiu idade barremiana/aptiana para esta formação. Vale mencionar os estudos de ossos, oósporos de carófitas e ostracodes feitos por Barbosa *et al.* (1970); o trabalho de Lima (1979), que identificou a palinozona (P230) *Transitoripollis crisopolensis*; a descoberta de peixes celacantos do gênero *Mawsonia*, tipicamente de águas doces, por Carvalho *et al.* (1995); e os estudos de associações de ostracodes, de ambiente lacustre, por Mendonça (2003).

Entretanto, estudos de conchostráceos (Cardoso, 1971) e de ostracodes (Sgarbi, 1989), encontrados na Formação Quiricó, conferiram idades mais antigas do que as consideradas pelos demais autores, respectivamente neojurássica-eocretácea e berriasiana.

Dentre os trabalhos bioestratigráficos, destacam-se os de Arai *et al.* (1995) e Carmo *et al.* (2004). O primeiro trabalho apresentou resultados palinológicos de amostras coletadas na região de Patos de Minas. Os dados palinológicos, em geral, convergem à *Palinozona de Transitoripollis crisopolensis* (P-230), ou seja, corroboraram os dados de Lima (1979), que a considerou de idade barremiana.

O trabalho de Carmo *et al.* (2004) consistiu na análise de ostracodes presentes em duas localidades: Município de Carmo do Paranaíba e João Pinheiro (próximo ao rio do Sono). Foram estudadas 15 espécies de ostracodes (Tabela 1),

todas não marinhas. Algumas das espécies de ostracodes estudadas também são encontradas em outras bacias e, dentre as espécies já estudadas, três delas foram datadas como aptianas. Contudo foram observadas duas espécies de ostracodes típicas do Barremiano da Argentina (*Wolburgiopsis plastica* e *Wolburgiopsis chinamuertensis*). Com estes dados, os autores concluíram que a porção inferior desta formação é de idade barremiana, corroborando dados de autores anteriores que consideraram esta idade para parte da Formação Quiricó.

Os dados bioestratigráficos da formação Quiricó convergem para deposição barremiana, apesar de algumas divergências das idades atribuídas à Formação Quiricó por diversos autores. Assim sendo, o Grupo Areado teria sido depositado no Cretáceo Inferior, posicionado desta forma em um período de tempo de significativa importância para a geologia do petróleo no Brasil.

Outra questão relevante, e ainda polêmica para a bioestratigrafia e paleoecologia do Grupo Areado, são os radiolários descritos pioneiramente por Kattah (1991). A autora descreveu níveis delgados de silixitos com presença de radiolários, estando estes níveis associados a pacotes arenosos de origem fluvial ou eólica (Castro, 1996). Contudo, tanto os radiolários, como a biota descrita posteriormente (foraminíferos, bivalves e espículas de esponjas) em outros estudos (Pessagno e Dias-Brito, 1996. Dias-Brito *et al.*, 1999) indicam paleoambiente deposicional marinho nerítico profundo. Estes níveis com radiolários correspondem a uma contradição dos dados paleontológicos e o ambiente deposicional interpretado pelas fácies sedimentares onde eles ocorrem. Apesar de diversos autores terem tentado explicar estes radiolários, com ingressões marinhas do Atlântico Norte (Kattah, 1991) ou do Oceano Pacífico (Pessagno e Dias-Brito, 1996. Dias-Brito *et al.*, 1999), ou até por transporte de água marinha por tornados (Sgarbi, 2009), ainda não foi proposta nenhuma explicação que seja consensual para explicar o paradoxo que encerra estes níveis de silixito.

Tabela 1. Compilação do trabalho de Carmo *et al.* (2004): distribuição geográfica e estratigráfica das espécies de ostracodes estudadas na Bacia Sanfranciscana.

ESPÉCIES	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA	DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA
<i>Harbinia symmetrica</i> ?	Bacia do Parnaíba, Formação Codó	Aptiano
	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Harbinia sp. 1</i>	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Harbinia sp. 2</i>	África, Bacia do Gabão, Formação Mediéla	Aptiano Superior
	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Brasacypris ovum</i> ?	Bacia do Tucano, formações Itaparica e Candeias	Cretáceo Inferior
	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Brasacypris sp. 1</i>	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Ilyocypris sp. 1</i>	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Cypridea sp. 1</i>	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Bisulcocypridea</i> ? sp. 1	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Darwinula martinsi</i>	Bacia do Araripe, Formação Santana, Membro Crato e base do Membro Ipubi	Aptiano
	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Darwinula sp. 1</i>	Argentina, Grupo Chubut, Formação Cerro Fortín, Membro Cerro Barcino	Cretáceo Inferior (Aptiano?)
	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Darwinula sp. 2</i>	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Darwinula sp. 3</i>	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Darwinula sp. 4</i>	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Wolburgiopsis plastica</i>	Argentina, Província Neuquén, Formação La Amarga	Barremiano
	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano
<i>Wolburgiopsis chinamuertensis</i>	Argentina, Província de Neuquén, cerro China Muerta, Formação La Amarga, Membros "Margas y Calizas"	Barremiano
	Bacia Sanfranciscana, Grupo Areado, Formação Quiricó	Barremiano

3. MÉTODOS E ATIVIDADES EXECUTADAS

A pesquisa se iniciou pelo levantamento bibliográfico em artigos, teses e dissertações, mapas e demais materiais referentes à Bacia Sanfranciscana, enfocando trabalhos pertinentes ao Grupo Areado. Também foi consultada bibliografia dos principais artigos e livros referentes a processos sedimentares possivelmente atuantes na deposição dos sedimentos deste grupo. Este material bibliográfico levantado foi organizado em banco de dados a fim de facilitar o seu manuseio.

Foram realizadas duas campanhas de campo, sendo a primeira no período de 20 a 28 de julho de 2013. A segunda campanha aconteceu entre os dias 17 e 24 de maio de 2014. A coleta de dados ocorreu na região dos municípios de Presidente Olegário, João Pinheiro, Varjão de Minas, Patos de Minas e Carmo do Paranaíba. Precedendo as atividades de campo houve etapas preparatórias a fim de elaborar a programação dos campos. Esta etapa consistiu no planejamento da logística dos campos e na pré-seleção de pontos de interesse, através da literatura e da análise de imagens do Google Earth e de imagens SRTM e Landsat processadas.

Nas campanhas de campo foram descritos ao todo 103 pontos, sendo que em 41 destes foram levantadas estações de paleocorrentes (Figura 4). Na tabela 2 encontram-se todos os pontos levantados com suas respectivas coordenadas.

Nestes pontos foram descritas fácies sedimentares adotando-se modelos de descrição e interpretação de fácies usuais em análise sedimentar. O código de fácies utilizado neste trabalho seguiu o modelo do código de fácies proposto inicialmente por Miall (1978) e modificado por Miall (1996), mas com adaptações de acordo com as necessidades do trabalho (Tabela 3).

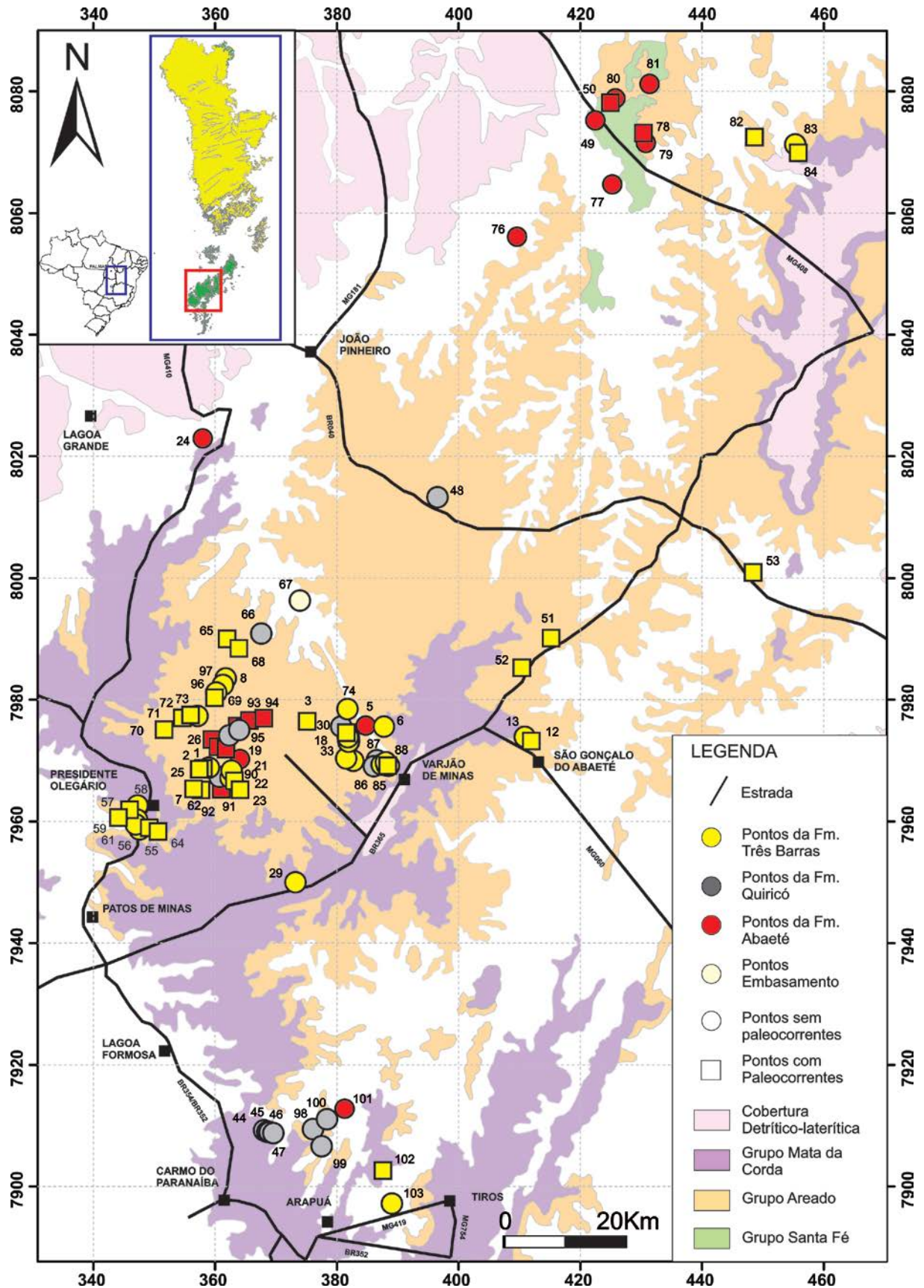


Figura 4. Mapa dos pontos levantados nas campanhas de campo (distribuição das unidades geológicas: CPRM /Brasil ao milionésimo, 2006; Coordenadas UTM, datum WGS84, Zona 23).

Tabela 2. Pontos levantados com suas respectivas coordenadas (Coordenadas UTM, datum WGS84, Zona 23).

Ponto	X	Y	Z (m)	Ponto	X	Y	Z (m)	Ponto	X	Y	Z (m)
1	358.519	7.968.508	798	36	387.388	7.969.044		71	354.143	7.976.683	844
2	358.311	7.968.342	810	37	387.426	7.968.983	793	72	355.228	7.976.895	856
3	375.363	7.975.745	805	38	387.472	7.968.986	802	73	356.645	7.976.961	856
4	381.523	7.972.666	798	39	387.740	7.968.896	809	74	381.404	7.977.195	785
5	384.022	7.975.162	777	40	387.953	7.968.823	822	75	387.607	7.969.382	789
6	387.277	7.975.210	932	41	388.019	7.968.830	833	76	408.912	8.055.586	720
7	360.899	7.967.345	783	42	388.109	7.968.813	838	77	424.594	8.064.153	701
8	361.020	7.983.191	819	43	388.248	7.968.794	845	78	429.767	8.072.438	725
9	381.535	7.970.229	830	44	368.622	7.908.336	909	79	429.838	8.072.184	724
10	386.932	7.968.972	767	45	368.661	7.908.301	916	80	424.273	8.077.608	647
11	387.348	7.968.999	777	46	368.777	7.908.254	942	81	430.694	8.080.728	718
12	411.503	7.972.835	819	47	368.858	7.908.254	948	82	448.112	8.072.081	705
13	410.969	7.973.251	871	48	396.127	8.012.930	733	83	454.865	8.070.865	676
14	381.477	7.973.459	768	49	421.810	8.074.718	606	84	455.396	8.069.521	727
15	381.480	7.973.424	780	50	424.979	8.078.106	699	85	387.283	7.969.044	773
16	381.510	7.973.177	802	51	414.782	7.989.767	820	86	387.378	7.968.965	
17	381.460	7.973.061	829	52	409.982	7.984.911	858	87	387.426	7.968.968	794
18	381.470	7.973.102	821	53	447.927	8.000.539	767	88	387.483	7.968.984	803
19	360.754	7.970.448	734	54	346.112	7.960.347	933	89	361.619	7.968.995	812
20	360.914	7.970.386	763	55	347.408	7.958.660	812	90	361.429	7.967.661	810
21	360.890	7.970.304	772	56	347.217	7.958.578	852	91	360.647	7.967.293	765
22	362.098	7.966.784	836	57	346.528	7.960.558	895	92	360.704	7.967.301	
23	362.186	7.966.627	869	58	346.549	7.960.281	923	93	364.987	7.975.321	727
24	357.256	8.022.406	749	59	345.785	7.960.243	929	94	364.736	7.975.295	768
25	358.144	7.968.163	864	60	346.751	7.959.928	902	95	363.515	7.974.681	788
26	360.512	7.971.093	736	61	346.601	7.959.844	878	96	359.466	7.979.958	827
27	362.916	7.974.110	785	62	356.935	7.965.365	773	97	361.104	7.983.893	834
28	364.827	7.975.296	749	63	356.027	7.964.990	918	98	375.652	7.909.083	911
29	372.790	7.949.649	945	64	349.050	7.958.696	822	99	377.074	7.906.301	916
30	381.142	7.974.229	758	65	361.533	7.989.631	741	100	377.924	7.910.681	935
31	381.546	7.972.835	811	66	367.155	7.990.539	768	101	380.564	7.912.144	896
32	381.488	7.972.720	812	67	369.131	7.996.968	745	102	387.212	7.902.052	966
33	381.477	7.973.030	835	68	363.482	7.988.058	808	103	388.585	7.896.870	952
34	386.972	7.969.016		69	360.530	7.982.371	821				
35	387.345	7.968.994	779	70	351.164	7.974.725	875				

A fim de compreender a sucessão vertical de fácies e entender melhor a relação de contato entre as unidades estratigráficas, bem como suas variações de espessuras ao longo da Sub-Bacia Abaeté, foram levantadas cinco seções-

colunares (Figura 5). Em todas as seções foi feita a descrição das fácies sedimentares, a documentação fotográfica e a medição de paleocorrentes, quando possível. Na tabela 4 são apresentadas as coordenadas do ponto inicial de cada seção.

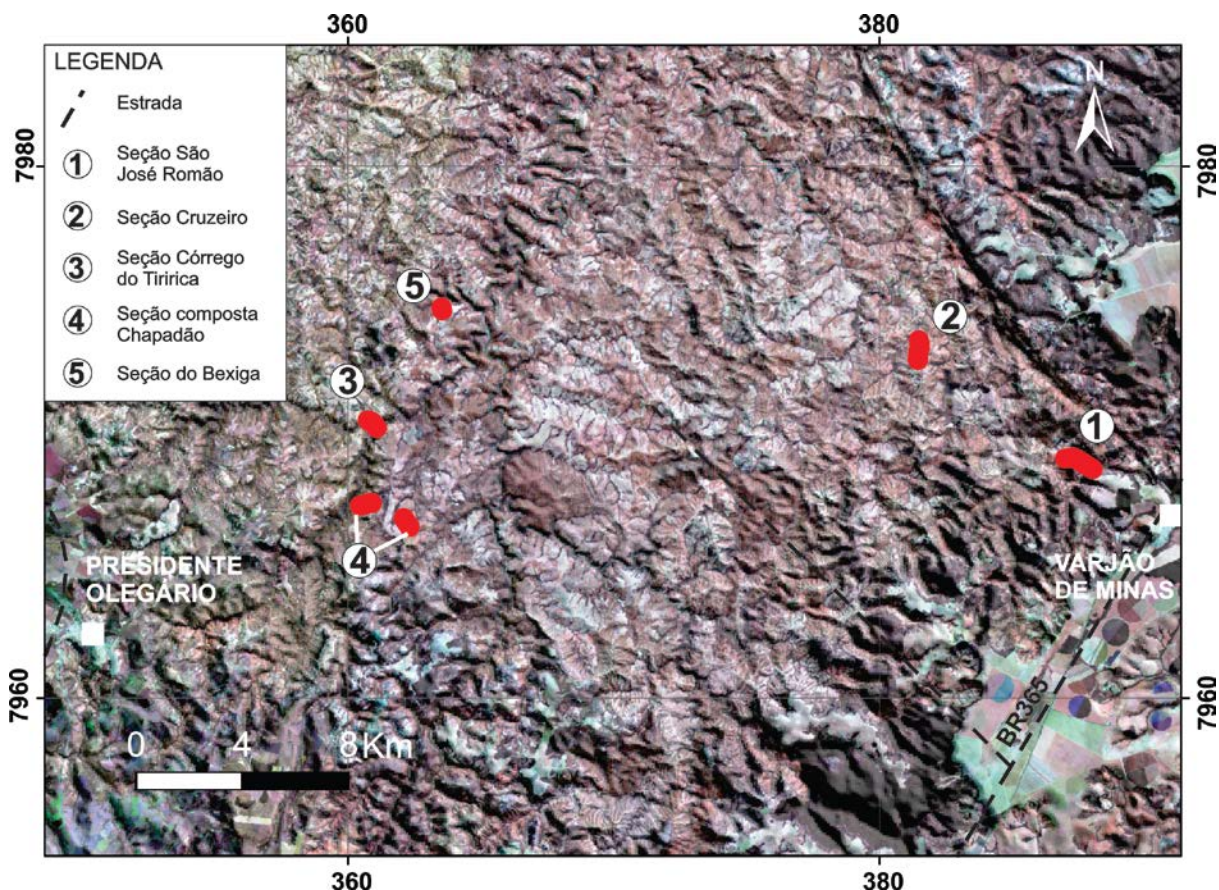


Figura 5. Seções levantadas nas campanhas de campo (imagem SRTM com sobreposição de LANDSAT).

As paleocorrentes foram medidas com bússola Brunton. Buscou-se obter, quando possível, mínimo de 20 medidas em cada estação, número usual de medidas com significação estatística já consolidada na literatura. Os dados foram discriminados de acordo com as estruturas sedimentares e processos sedimentares geradores. Estes dados foram tratados e interpretados com o software Rock Works. Os dados foram distribuídos em classes de 30°, sendo apresentados na forma de histogramas circulares de isofrequência (rosetas). Por meio do software utilizado, foram calculados para cada estação o vetor médio e o fator de consistência (Fc).

Tabela 3. Tabela das fácies descritas no trabalho.

CÓDIGO	FÁCIES	ESTRUTURA
Gmm	Conglomerado matriz-sustentado	Maciço
G	Conglomerado clasto-sustentado	Clasto imbricado, maciço ou estratificação plano-paralela
St	Arenito fino a muito grosso, podendo ser seixoso	Estratificação cruzada acanalada
Sr	Arenito fino a médio	Laminação cruzada cavalgante (ripple)
Sm	Arenito fino a grosso	Maciço ou estratificação incipiente
Sh	Arenito fino a grosso	Estratificação plano-paralela
Sd	Arenito fino a grosso	Deformação
H	Fácies heterolítica (intercalações variadas de arenitos e lamitos)	Maciço ou laminação incipiente
FI	Folhelho	Laminado
M	Lamito, argilito	Laminado ou maciço

Tabela 4. Localização do ponto inicial (base) das seções levantadas. (Coordenadas UTM, Zona 23K).

SEÇÃO	E(m)	N(m)	Z(m)
São José Romão	387.283	7.969.044	773
Cruzeiro	381.477	7.973.459	768
Córrego Tiririca	360.754	7.970.448	733
Chapadão	360.647	7.967.293	765
Bexiga	363.515	7.974.681	788

4. FORMAÇÃO ABAETÉ

A Formação Abaeté, unidade basal do Grupo Areado, é composta predominantemente por conglomerados e arenitos. Esta formação encontra-se sobreposta as rochas do Grupo Bambuí, com contato angular e erosivo, configurando uma disconformidade, ou assenta-se sobre rochas glaciogênicas do Grupo Santa Fé. Rochas da Fm. Abaeté foram descritas principalmente na região de Cana Brava, Município de João Pinheiro (MG), onde ocorrem com relativa frequência e com espessuras significativas. Próximo a Presidente Olegário (MG) foram descritos neste estudo pacotes siliciclásticos relativamente espessos (até 60 m) pertencentes a esta formação. Nas demais áreas esta formação não é expressiva, ocorrendo em vales e com espessuras reduzidas.

Em campo foram descritos 20 pontos pertencentes à Fm. Abaeté (Figura 4). Dentre estes pontos, em 10 foram feitas estações de paleocorrentes, totalizando 238 medidas. Também foram levantadas duas seções-colunares que abrangeram sedimentos da Fm. Abaeté: seção-colunar Córrego Tiririca (Figura 6) e seção-colunar Chapadão (Figura 7). A Seção-colunar Córrego Tiririca localiza-se a aproximadamente 12,6 Km a NE de Presidente Olegário e sua base está próxima da drenagem homônima. Já a Seção Chapadão é uma seção-colunar composta e encontra-se a 3 Km a sul da Seção Córrego Tiririca.

A seção-colunar Córrego Tiririca apresenta 42 m de espessura, uma das maiores observadas neste estudo para a Fm. Abaeté na área, e abrangeu quase todo o pacote sedimentar desta formação. A seção assenta-se sobre filitos do embasamento e pode ser considerada seção representativa da Fm. Abaeté para a área estudada. Como se observa nesta seção, os sedimentos siliciclásticos da Fm. Abaeté podem ser subdivididos em dois pacotes distintos devido a associações de fácies. A porção inferior, com aproximadamente 40 m de espessura, é composta por arenitos e arenitos conglomeráticos, normalmente mal selecionados, com estratificação cruzada acanalada ou maciços. Ocorrem em sets tabulares e cuneiformes, e organiza-se em ciclos granodecrescentes ascendentes, com tendência geral de afinamento para o topo. Foram observados níveis de clastos angulosos na base de alguns ciclos. A porção superior é composta por arenitos com

estratificação cruzada acanalada métrica, com boa seleção e bimodalidade bem marcada.

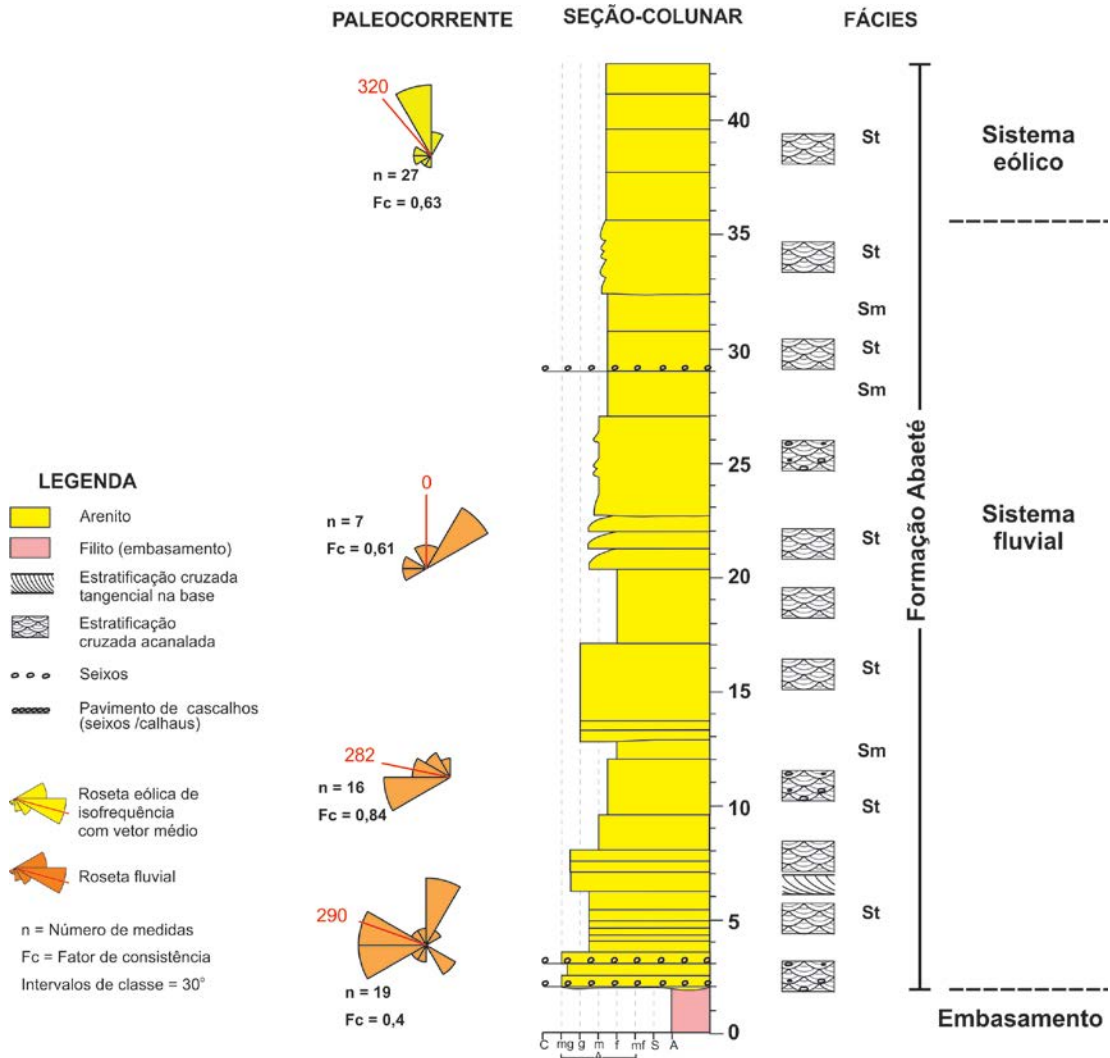


Figura 6. Seção-colunar Córrego Tiririca.

A base da seção-colunar Chapadão compreende sedimentos da Fm. Abaeté, sendo nesta seção possível observar o contato superior entre esta formação e a Fm. Quiricó. O registro sedimentar da Fm. Abaeté nesta seção é a associação de fácies superior desta unidade, muito semelhante àquela observada para a porção de topo da Seção Córrego Tiririca. Na seção Chapadão ocorrem maiores espessuras para esta associação superior do que na Seção Córrego Tiririca, sendo descritos quase 20 m de arenitos com estratificação cruzada acanalada métrica, até o contato abrupto com sedimentos mais finos da Fm. Quiricó. São observadas dobras

convolutas decimétricas nos arenitos próximo ao contato com os pelitos, como pode ser observado na Fig. 7.

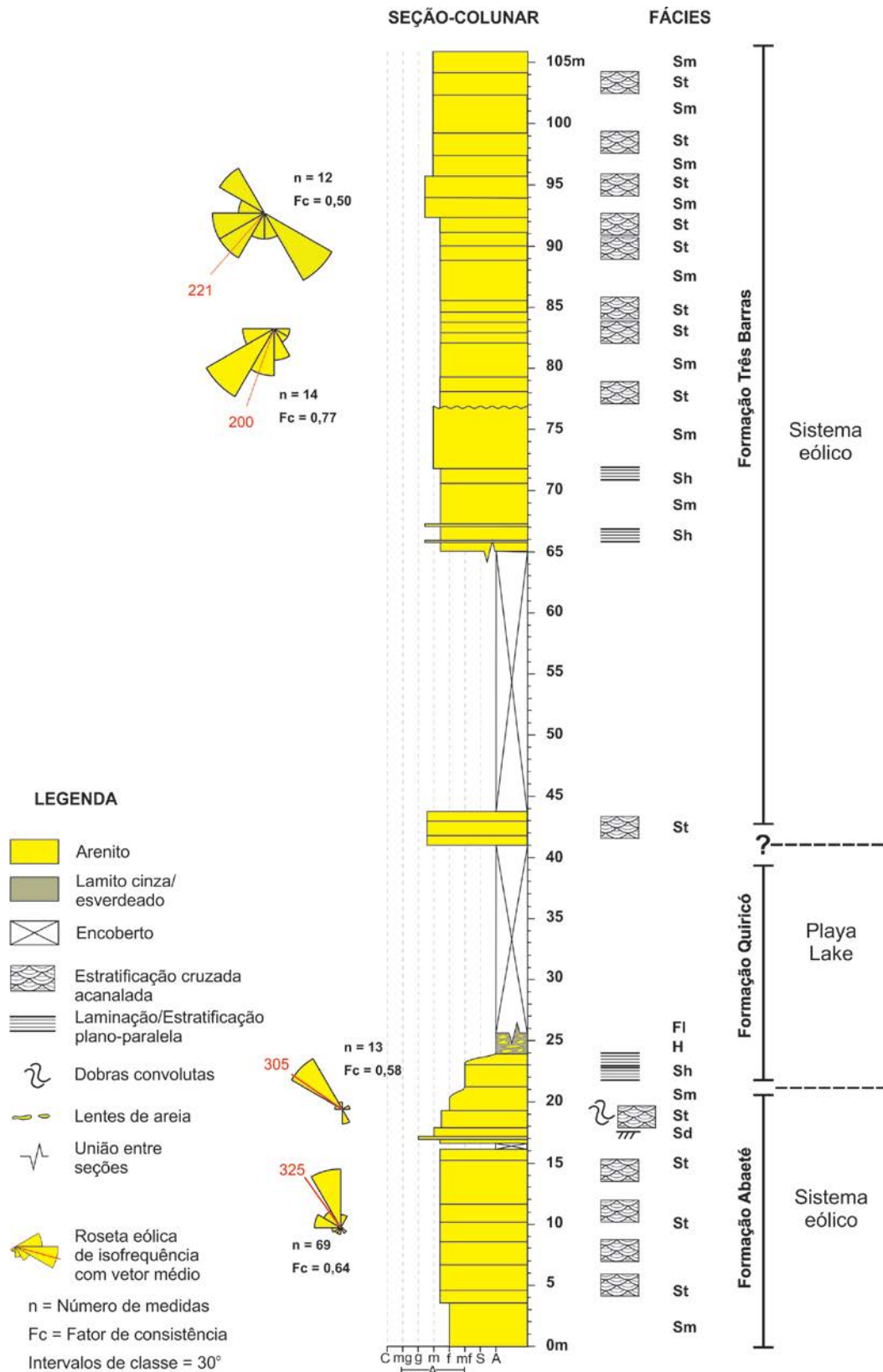


Figura 7. Seção-colunar composta Chapadão.

4.1 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES

As seções-colunares levantadas para a Fm. Abaeté permitiram entender o empilhamento das fácies para esta formação, tendo sido identificadas duas porções distintas devido à associação das fácies. A porção inferior é a mais recorrente na Sub-Bacia Abaeté, e aflora normalmente com poucos metros, podendo alcançar até 40 m de espessura. Na base deste conjunto são descritos conglomerados matriz-sustentados ou clasto-sustentados, geralmente pouco espessos, com maiores espessuras registradas a norte da área estudada.

Na região de Canabrava, município de João Pinheiro, norte da área estudada, foi descrito neste estudo quase que somente conglomerado clasto-sustentado e com espessura elevada, diferindo assim das demais regiões. Em campo observou-se conglomerados clasto-sustentados (fácies G), compostos por clastos de diferentes dimensões, variando de alguns milímetros até 40 cm, normalmente bem arredondados, e com matriz arenosa. Os *sets* são tabulares, decimétricos a métricos, mas também ocorrem *sets* cuneiformes. Na maioria dos casos os clastos encontram-se imbricados, mas observa-se também acamamento horizontal e conglomerados aparentemente maciços (Figura 8). Na porção norte da área, a fácies G frequentemente encontra-se associada às fácies St, Sh e principalmente Sm (Figura 8). Foram observados afloramentos com até 25m na dimensão vertical, com intercalações de *sets* tabulares métricos de conglomerado clasto-sustentado (G) e arenitos com seleção moderada a ruim, maciços (Sm) ou mais raramente com estratificação cruzada acanalada decimétrica (St) ou estratificação plano-paralela (Sh). Os arenitos Sm apresentavam em alguns casos linhas de clastos ou clastos dispersos.

Nas demais regiões da Sub-Bacia Abaeté foram descritos principalmente conglomerados matriz-sustentado (fácies Gmm). Trata-se de conglomerado com clastos milimétricos a centimétricos, arredondados a sub-angulares, com matriz arenosa (Figura 9). Estes conglomerados são maciços e não apresentam espessuras significativas.

Arenitos na fácies St também foram descritos para a associação de fácies inferior. Eles exibem seleção moderada a ruim, variando de fino a muito grosso, às vezes com matriz siltosa e podendo conter grânulos dispersos ou no *foreset*. Os

arenitos St apresentam estratificações cruzadas acanaladas centimétricas a decimétricas e sets tabulares a cuneiformes (Figura 9). Arenitos com seleção moderada a ruim, com estratificação plano-paralela (Sh) ou maciços (Sm), foram observados associados à fácies St.

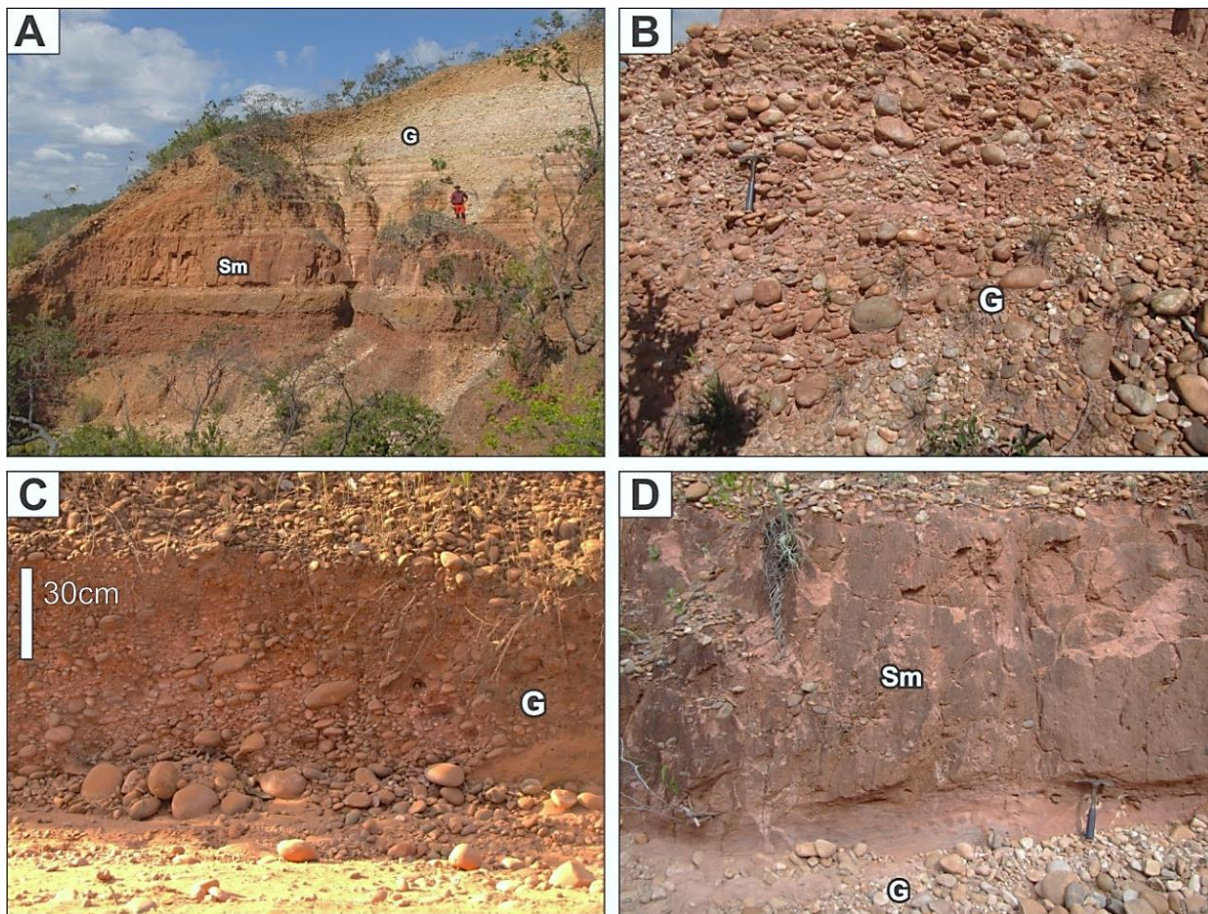


Figura 8. Prancha dos conglomerados da região de Canabrava. A – Vista geral do afloramento, com sets de conglomerados (G) e sets de arenitos (Sm) (Ponto 79); B – Conglomerado clasto-sustentado, com matriz arenosa, e imbricação não tão evidente (Ponto 78); C – Conglomerado clasto-sustentado, com matriz arenosa, e imbricação pronunciada (Ponto 81); D – Set de arenito maciço (Sm), com seixos dispersos, sobreposto a conglomerado clasto-sustentado (Ponto 78).

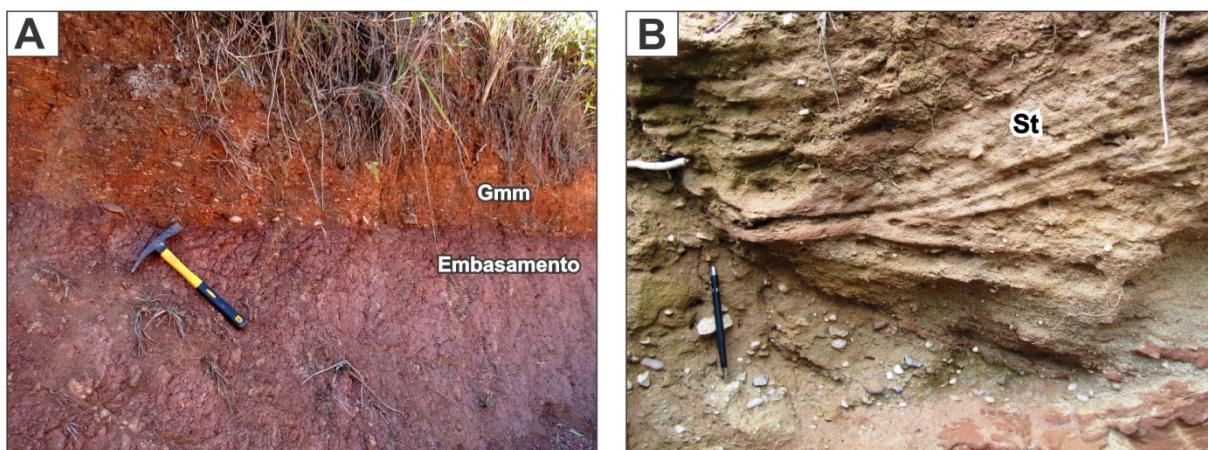


Figura 9. A – Conglomerados matriz-sustentados sobre o embasamento (fácies Gmm) (Ponto 101); B – Arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada (fácies St), Seção Córrego Tiririca (Ponto 19).

A porção superior da Formação Abaeté não é tão recorrente na área de estudo, sendo descrita neste trabalho nas seções Córrego Tiririca (Fig. 6) e Chapadão (Fig. 7) e na estrada que liga as cidades de Presidente Olegário (MG) e Galena (MG) (Pontos 26, 28, 90, 91, 93 e 94 – Tabela 2). Este pacote aflora com até 30 m de espessura e foram observadas as fácies St e Sd. Os arenitos variam de fino a grosso, bem selecionados, com grãos arredondados e com estrutura *pin stripe* devido à bimodalidade dos grãos bem marcada. As estratificações são cruzadas acanaladas de dimensões métrica a decamétrica, em sets tabulares (Figura 10). Na Seção Chapadão, próximo ao contato com a Fm. Quiricó, foram descritos arenitos com deformações convolutas, e com estratificação cruzada acanalada parcialmente obliterada, como pode ser observado na Fig. 10.

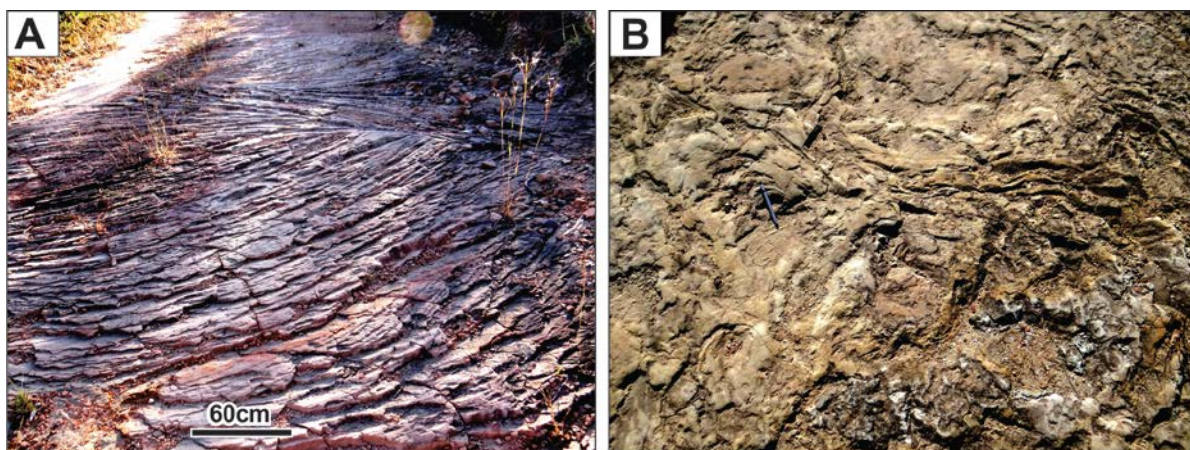


Figura 10. A - Arenitos com estratificação cruzada acanalada métrica (fácies St); B – Arenitos com deformações convolutas; Seção Chapadão (Ponto 91).

4.2 INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

A associação das fácies da base (G, St, Sh e Sm), descrita na região de Canabrava, já havia sido interpretada como de sistema fluvial entrelaçado (Campos e Dardenne, 1995), e denominada por Sgarbi (2000) como Membro Canabrava. A associação das fácies sedimentares observadas para a seção-colunar Córrego Tiririca (Fig. 6) é semelhante àquela encontrada na região de Canabrava, não ocorrendo apenas a fácies G, bem característica e recorrente na região norte da área. Além da associação de fácies semelhante, a ausência de sedimentos pelíticos no registro sedimentar e a baixa dispersão das medidas de paleocorrentes também são indicativas de sedimentação fluvial do tipo entrelaçado para a porção inferior da Seção Córrego Tiririca. Desta forma, a interpretação de Campos e Dardenne (1995) pode ser estendida para demais localidades da Sub-Bacia Abaeté. Os conglomerados matriz-sustentados (fácies Gmm) pertencentes ao Membro Carmo (Sgarbi, 2000), pouco observados neste trabalho, já haviam sido bem tratados por Sgarbi (1989) e interpretados como depósitos de leques aluviais.

A fácies St descrita para a porção superior da Formação Abaeté resulta da migração de dunas de cristas sinuosas, em fluxo unidirecional e sob regime de fluxo inferior (Miall, 2006). O grande porte das estratificações e dos sets, a boa seleção granulométrica, o arredondamento dos grãos e a bimodalidade são evidências de sedimentação em sistema eólico. Poucos autores que estudaram o Grupo Areado reconheceram sistema deposicional eólico para a Fm. Abaeté. Mendonça (2003) descreve estas fácies eólicas interdigitadas com fácies de leque aluvial, e não sobreposta a sedimentos fluviais como foi observado neste estudo. Fragoso (2011) também trata brevemente destes sedimentos eólicos, todavia conferindo a estes poucas espessuras (máximo 1 m).

4.3 PALEOCORRENTES

As paleocorrentes fluviais da Fm. Abaeté foram medidas nos *foresets* dos arenitos na fácies St e na imbricação dos clastos (fácies G). Ao todo foram feitas 66 medidas que indicaram paleofluxo para WNW (azimute médio 300°) (Figura 11). O fator de consistência ($F_c=0,62$) foi relativamente elevado, demonstrando assim baixa

dispersão dos dados. Campos e Dardenne (1995) já haviam obtido 92 medidas de paleocorrentes para a porção inferior da Fm. Abaeté, resultando em paleofluxos de N30W a N45E (Figura 12). Apesar dos estudos destes autores terem sido restritos à região de Canabrava, nordeste da área estudada neste trabalho, notam-se semelhanças entre os resultados daqueles autores e os dados aqui apresentados. Depreende-se assim que o paleofluxo fluvial para a Sub-Bacia Abaeté era para NW/N, sendo esta direção preferencial consistente tanto para as porções centrais como para a porção mais setentrional da sub-bacia.

Foram levantadas poucas estações de paleocorrentes eólicas para a Fm. Abaeté em decorrências da escassez de afloramentos. Contudo, foi possível obter relativamente muitas medidas em decorrência da espessura do pacote sedimentar (em torno de 30 m). As medidas foram feitas no *foresets* de arenitos St. Os dados foram agrupados em dois grupos principais de acordo com o padrão de paleocorrente observado, sendo em ambos os grupos descrita a mesma fácies. O primeiro grupo (com 114 medidas) são as medidas obtidas nas seções Córrego Tiririca e Chapadão. O segundo grupo abrange as demais estações, compreendendo 58 medidas. Para o primeiro grupo observou-se padrão predominantemente unimodal, com baixa dispersão e consistência de paleofluxo para NW (azimute médio 312°) (Figuras 11). Já para o segundo grupo notou-se padrão fracamente bimodal, com paleofluxo principal para SW (Figuras 11). Esta variação entre os grupos, tanto no sentido do paleovento como no padrão de distribuição dos dados, pode ser reflexo da baixa quantidade de estações distintas levantadas. Outra hipótese é esta variação ser reflexo de tipos de paleodunas distintas existentes na época da deposição, sendo geradas por direções de paleoventos diferentes.

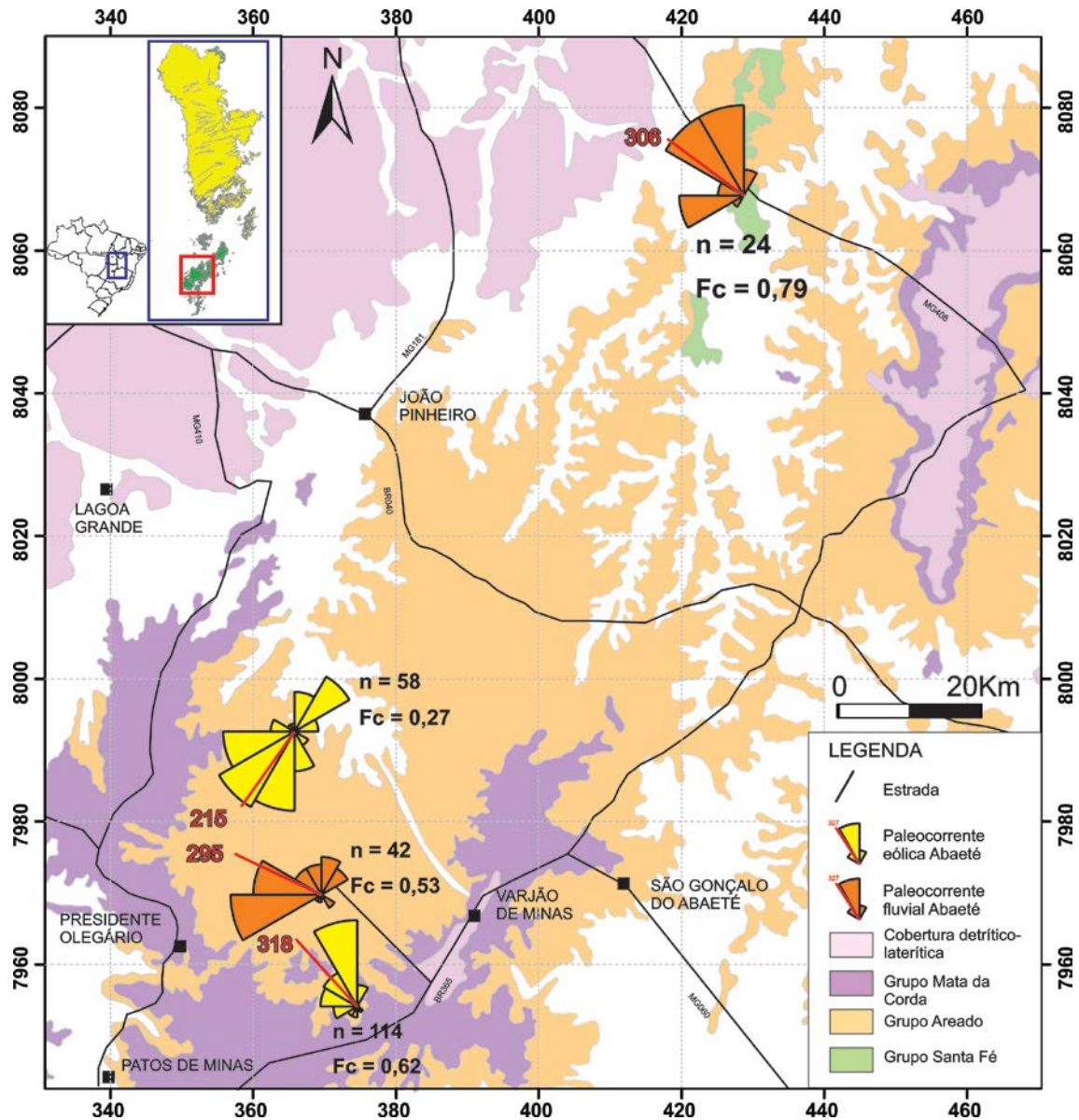


Figura 11. Rosetas de paleocorrentes para a Formação Abaeté.

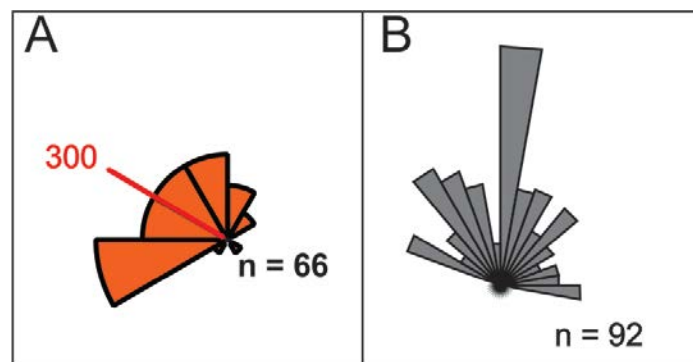


Figura 12. Comparação entre a roseta média obtida neste trabalho para a porção fluvial da Fm. Abaeté (A) e a roseta de isofrequência média do estudo de Campos e Dardenne (1995), obtida nos conglomerados da região de Canabrava (MG) (B).

5. FORMAÇÃO QUIRICÓ

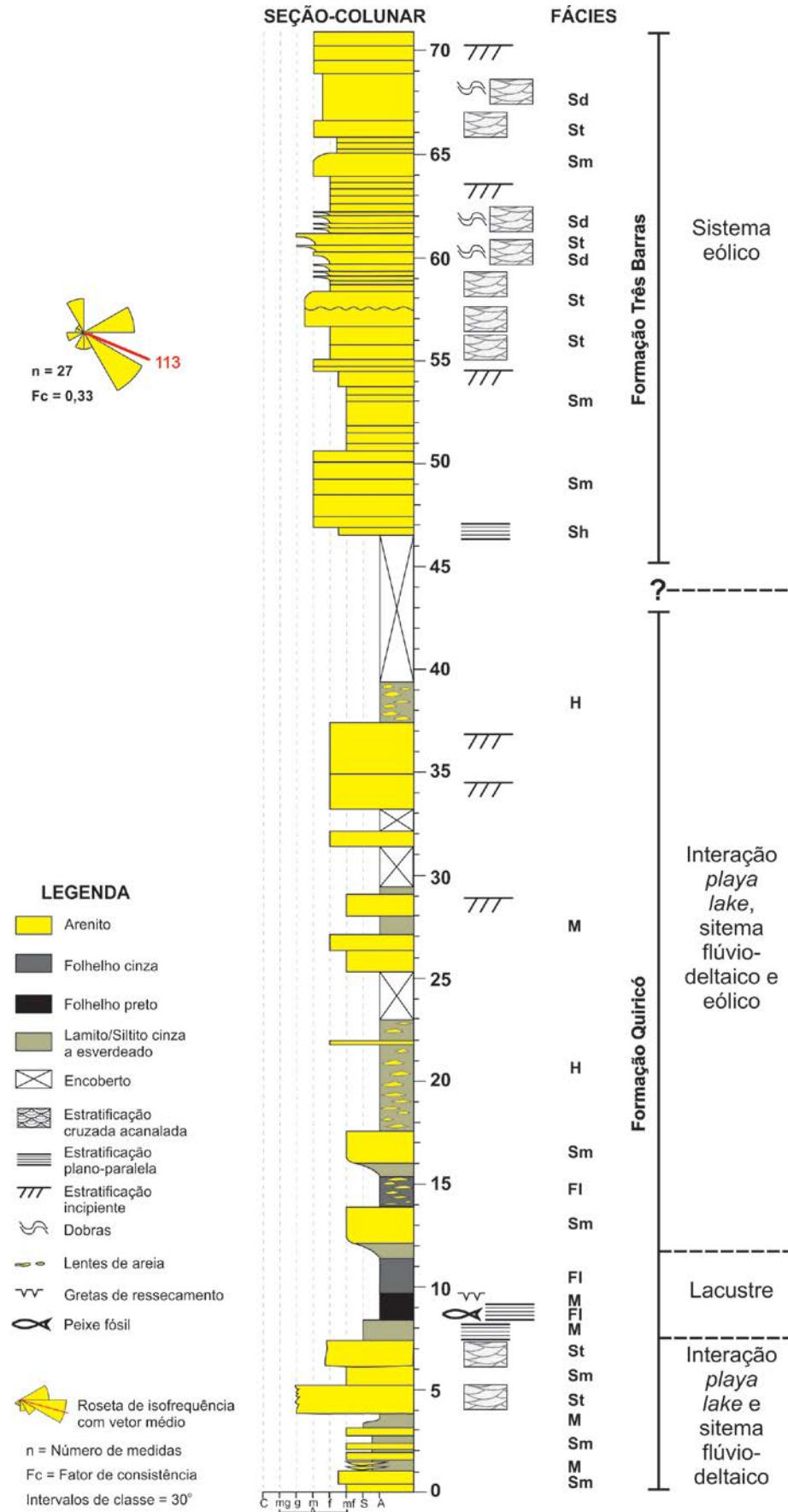
A Formação Quiricó é a unidade intermediária do Grupo Areado, e diferentemente das demais formações descritas neste trabalho, nesta formação predominam os sedimentos pelíticos sobre os psamíticos. Esta formação recorrentemente está sobreposta à Fm. Abaeté, sendo também descrita sua ocorrência direta sobre o embasamento, como observado no ponto 99, na estrada vicinal que liga Carmo do Paranaíba e Quintinos (Tabela 2). Na área estudada a espessura da Fm. Quiricó é próxima dos 25 m, mas podendo alcançar até 40m na região de Varjão de Minas (MG). Ao todo foram descritos 34 pontos da Fm. Quiricó (Figura 4). Dentre as cinco seções levantadas neste trabalho, apenas na seção-colunar Córrego Tiririca não afloram sedimentos da Fm. Quiricó.

A seção-colunar São José Romão (Figura 13) localiza-se na cidade de Varjão de Minas – MG, e foi levantada ao longo do córrego do Crico até a sede da Fazenda São José Romão. Esta seção é de significativa importância para estudos da Fm. Quiricó, pois como já tratado no capítulo 2, é nesta localidade que se descreve associação fossilífera importante para a datação relativa do Grupo Areado. Além do quê, esta seção compreende a maior espessura observada para a Fm. Quiricó neste estudo, e apenas nesta seção-colunar descreve-se folhelhos pretos, ricos em matéria orgânica. Acima dos folhelhos, são descritas duas sequências granocrescentes ascendentes que gradam de folhelho cinza até arenitos muito finos. Na sucessão, observam-se fácies heterolíticas típicas para esta formação, intercalada com lentes e camadas de arenito. Sobrepondo esta sequência predominantemente pelítica, ocorrem aproximadamente 20m de seção psamítica da Fm. Três Barras. O contato entre esta formação e a Fm. Quiricó não foi observada na Seção São José Romão.

A Seção-colunar Chapadão (Figura 7) apresenta espessura reduzida para a formação aqui tratada, e nela foi possível observar o contato inferior da Fm. Quiricó com a formação sotoposta. Já na Seção do Cruzeiro foi descrito o contato superior da Fm. Quiricó com a Fm. Três Barras. A Seção do Cruzeiro (Figura 14) encontra-se a sul do distrito de Galena – MG, e foi levantada próximo ao Morro do Escuta, sendo que o fim da seção coincide com o topo do morro. Nesta seção observaram-se fácies típicas da Fm. Quiricó, descrevendo-se fácies heterolíticas, mas com

recorrente contribuição arenosa, com lentes e camadas de arenitos. Também foram descritos níveis com gretas de ressecamento nesta seção. Observou-se maior aporte psamítico para o topo da seção, até que passam a ocorrer apenas sedimentos arenosos da Fm. Três Barras, caracterizando assim contato do tipo transicional entre esta formação e a Fm. Quiricó.

A Seção-colunar do Bexiga (Figura 15) encontra-se na estrada que liga Presidente Olegário (MG) a Galena (MG), sendo esta a única seção que compreende apenas sedimentos da Fm. Quiricó. Apesar de delgada e nela não se observar nenhum contato com as formações adjacentes, esta seção é relevante por apresentar associação de fácies característica para a Fm. Quiricó.



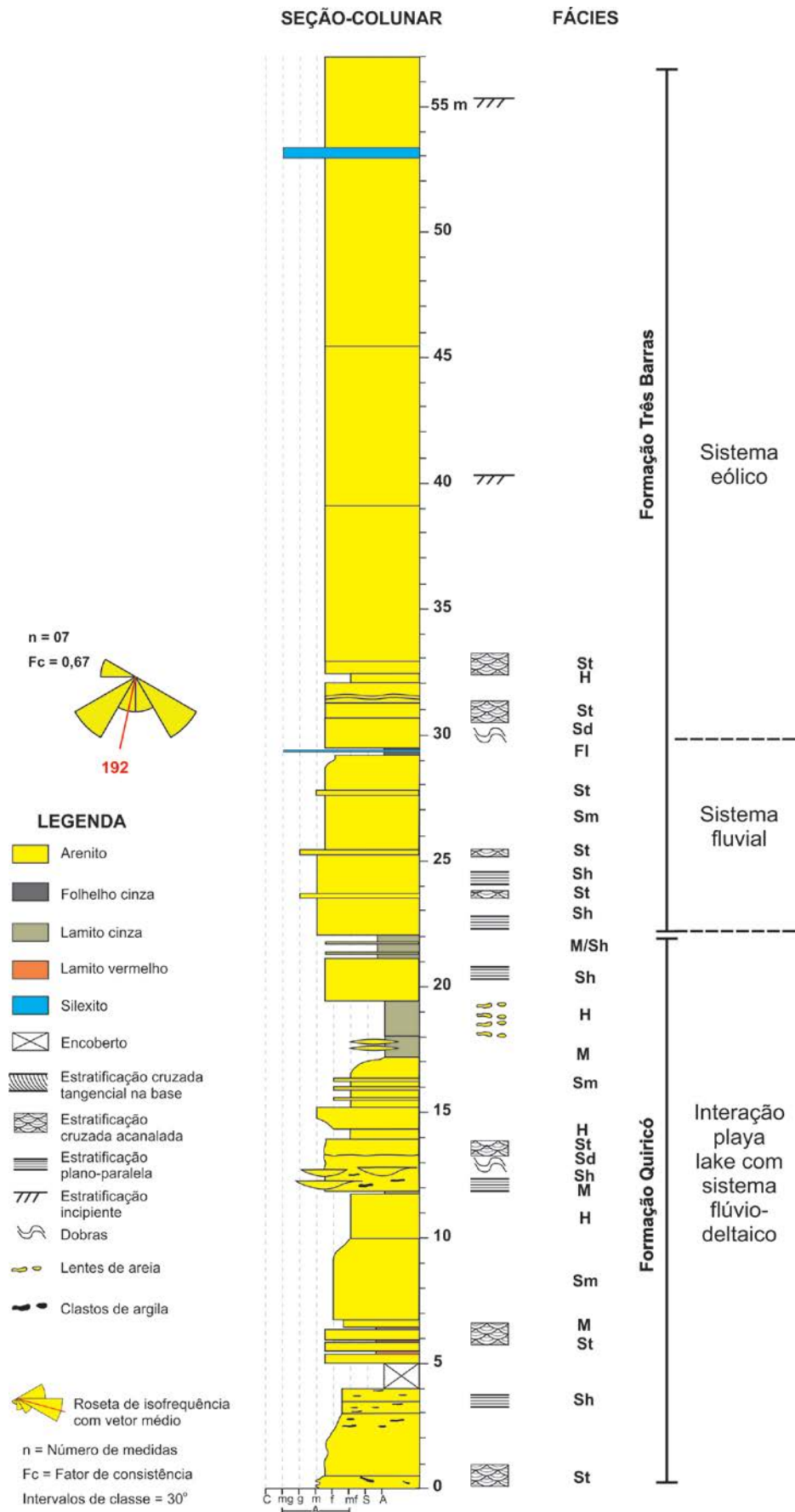


Figura 14. Seção-colunar do Cruzeiro.

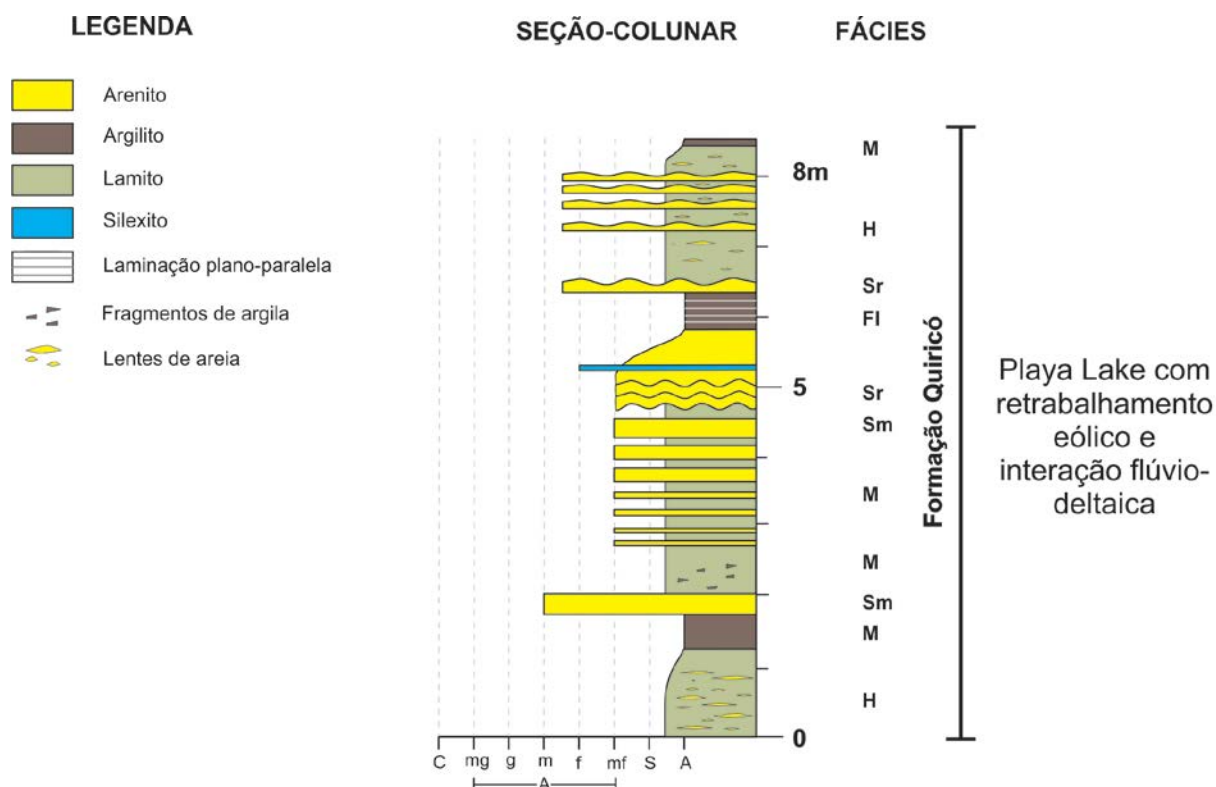


Figura 15. Seção-colunar do Bexiga.

5.1. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES

A Seção-colunar São José Romão encerra fácies únicas para a Fm. Quiricó. Nela foram observados folhelhos pretos (FI), ricos em matéria orgânica, com cimento carbonático, intercalados a lâminas delgadas de carbonato laminado. Notou-se que quando há o predomínio de folhelhos a laminação tende a ser monótona. Contudo, quando há maiores proporções de carbonato, estas rochas apresentam deformações e rupturas (*loop bedding*), como se observa na figura 16. Os fósseis de peixes da espécie *Dastilbe moraenses nov. esp* estão presentes em apenas um nível, sendo que neste nível predominam folhelhos (Figura 16). Esta camada de folhelho preto margoso apresenta aproximadamente 1,5 m de espessura e foram observadas gretas de contração no topo. Este pacote é sucedido na vertical por sequências granocrescentes ascendentes que gradam de folhelho cinza a arenitos muito finos. Nos folhelhos da base são descritos dois níveis milimétricos de calcita fibrosa (Figura 16).

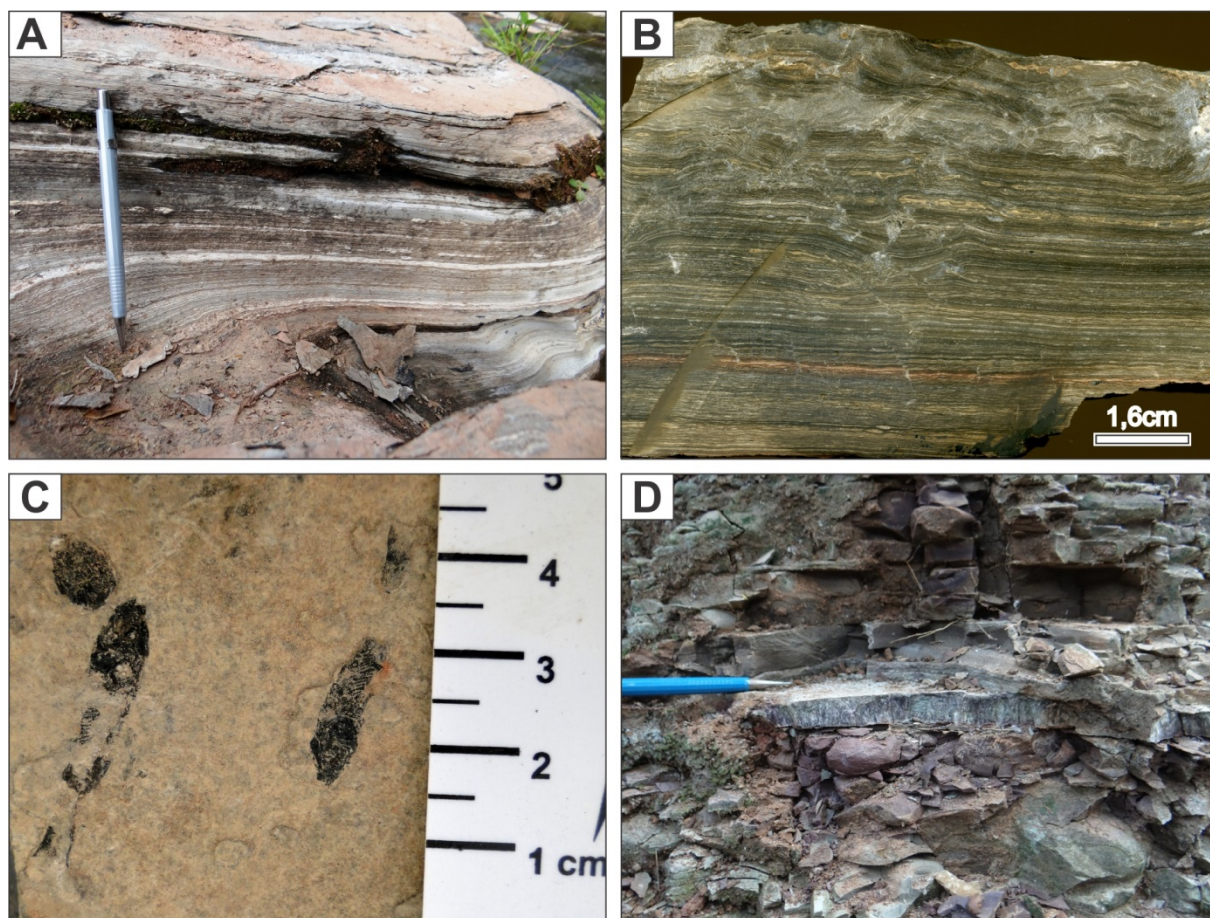


Figura 16. Fácies da Seção São José Romão. A – Folhelhos pretos intercalado com carbonato laminado; B – Folhelhos pretos intercalado com carbonato, com *loop bedding*; C – Peixe fóssil; D – Nível de calcita fibrosa em camada de folhelho cinza (Ponto 75).

O pacote siliciclástico que sucede a camada de folhelho margoso na Seção São José Romão se assemelha com a associação de fácies típica descrita para a Fm. Quiricó nas demais localidades da Sub-Bacia Abaeté. Dentre os sedimentos pelíticos, a fácies heterolítica (H) foi a que apresentou maiores espessuras e foi descrita com maior recorrência para a Fm. Quiricó. Esta fácies apresenta coloração creme esverdeada característica, e sua espessura varia de poucos centímetros até 5 metros. Esta fácies é composta por intercalações milimétricas a centimétricas, quase rítmicas, de lamito e arenito muito fino, normalmente predominando lamito/lamito arenoso (Figura 17). Em alguns casos foram observadas *ripples* no arenito. Esta fácies foi descrita em todas as seções-colunares que compreenderam a Fm. Quiricó. Associado à fácies H foram descritas outras fácies pelíticas, como lamitos (M) e folhelhos (FI) (Figura 17), ocorrendo de forma subordinada e normalmente pouco expressiva.

Associados aos sedimentos pelíticos, foram descritos arenitos maciços (Sm); com estratificação cruzada acanalada decimétrica (St); com laminação cruzada cavalgante (Sr) e arenitos com estratificação plano-paralela (Sh) (Figura 17). Também foram observados fragmentos de argila e dobras convolutas (fácies Sd) nestes arenitos (Figura 17), como pode ser notado na Seção do Cruzeiro (Figura 14). Os arenitos ocorrem como lentes e sets tabulares intercalados aos pelitos (Seção do Cruzeiro), ou como sets de base plana e topo ondulado, como apresentado na Seção do Bexiga (Figura 15). Foi observado aumento da quantidade de arenito, nas fácies Sh e St, para o topo da Fm. Quiricó, até cessar a ocorrência de pelitos.

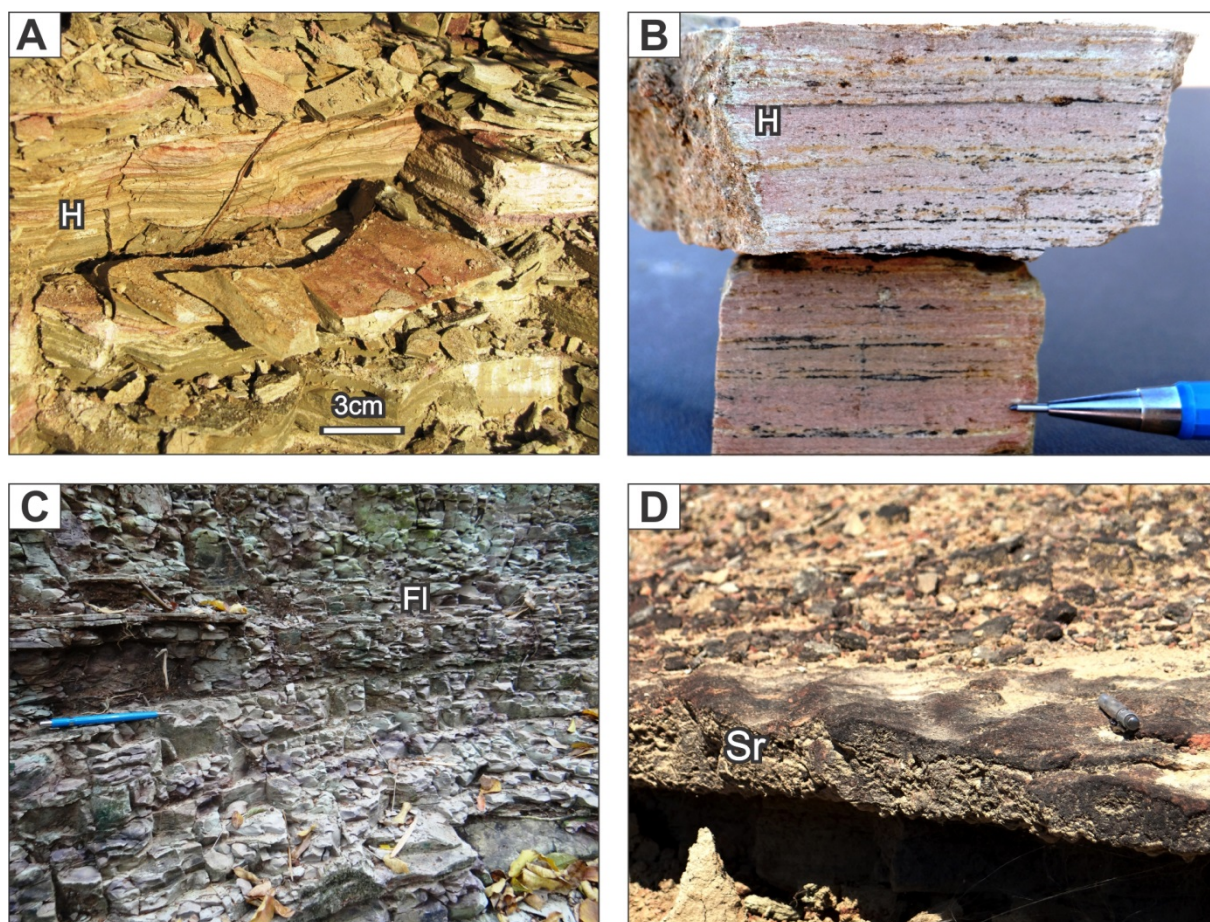


Figura 17. A e B – lamitos intercalados com lentes de arenito, fácies H (Ponto 07); C – Folhelhos (FI) na Seção São José Romão (Ponto 86); D – Arenitos com laminação cruzada cavalgante, em camadas de base plana e topo ondulado, Seção do Bexiga (Ponto 95).

Diversos níveis com gretas de ressecamento foram descritos na Fm. Quiricó. Na Seção do Cruzeiro, por exemplo, dois níveis de gretamento foram identificados.

Também foram observados níveis delgados de caliche e camada centimétrica de sillexito (Seção do Bexiga) associados aos sedimentos da Fm. Quiricó. Quase todas as fácies desta formação encontram-se cimentadas por carbonato de cálcio.

5.2. INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

A associação de fácies descrita para a base da Seção-colunar São José Romão, com fácies provenientes de decantação, como o folhelho, e com ausência de sedimentos psamíticos, é o único sistema deposicional propriamente lacustre interpretado para a Fm. Quiricó. Segundo Briere (2000), sistema lacustre é àquele que passa ao menos 75% do tempo com água. A assembleia fossilífera presente nesta localidade também corrobora a interpretação de sedimentação em ambiente lacustre (Scorza e Santos, 1955). O gretamento do topo deste nível, sucedido por litotipos com maior contribuição psamítica, indica raseamento deste paleolago.

As fácies pelíticas com contribuição arenosa (fácies H), descritas acima dos folhelhos margosos e mais comuns para a área, são interpretadas como depósitos de lagos efêmeros. Segundo Nichols (2009), lagos efêmeros são massas de água que secam periodicamente, típicos de ambientes áridos e semi-áridos, com longos períodos secos interrompidos por chuvas torrenciais. Estes lagos efêmeros, que são uma transição entre ambiente de *playa* e lagos propriamente ditos, podem ser denominados ainda como *playa lake* (Briere, 2000). Esta interpretação é reforçada pelos diversos níveis de pelitos com greta de ressecamento, demonstrando exposição aérea da superfície, ou seja, períodos em que secam o lago. Níveis com gretas de ressecamento foram descritos em diversas porções da Sub-Bacia Abaeté, inclusive na Seção São José Romão, que apresenta sedimentação propriamente lacustre. Sendo assim, exposições subaéreas não estariam restritas nas fácies marginais de um grande lago, como proposto por Campos e Dardenne (1997), e sim seriam exposições periódicas de lagos efêmeros. Um problema na interpretação destas fácies como *playa lake* é a presença pouco expressiva de fácies evaporíticas, normalmente descritas para este ambiente (Briere, 2000; Nichols, 2009), tendo sido observados apenas alguns níveis delgados de caliche e calcita fibrosa. Apesar de neste estudo terem sido descritos poucos sedimentos evaporíticos, alguns autores já haviam descrito anteriormente fácies evaporíticas associadas a estes pelitos (Campos e Dardenne, 1997; Sgarbi, 2011).

As fácies psamíticas descritas para a Fm. Quiricó correspondem às interações de diversos processos com o ambiente de *playa lake*. Estas interações podem ser eólicas, com aporte de areias constantes depositadas no corpo d'água raso (fácies H) ou deposição de sedimentos eólicos sobre os pelitos expostos (fácies Sr e St). Também ocorre interação flúvio-deltaica, representada pelas fácies Sm, Sh e St, com fragmentos de argila indicando retrabalhamento dos sedimentos pelíticos. Esta interação é mais comum para o topo da Fm. Quiricó, mas também é possível observá-la na base desta unidade como, por exemplo, na base da Seção São José Romão. Segundo Nichols (2009), é esperada a interação de *playa lakes* com sistemas tipicamente áridos, como observado para a Fm. Quiricó, formando, assim, associação de fácies característica de ambiente deposicional desértico.

6. FORMAÇÃO TRÊS BARRAS

A Fm. Três Barras, porção superior do Grupo Areado, é a unidade mais recorrente no registro sedimentar da área de estudo. Seus principais afloramentos encontram-se no município de Presidente Olegário (MG), mas podendo ser observados em toda a área estudada. Esta formação é composta principalmente por sedimentos psamíticos, mas com pelitos subordinados. Suas espessuras podem alcançar até 130 m, mas geralmente variam de 30 a 40 metros. Normalmente a Fm. Três Barras encontra-se sobreposta à Fm. Quiricó, contudo Sgarbi (1991) também a descreve sobre o embasamento.

Foram descritos 47 pontos para a Fm. Três Barras, sendo que em 33 destes foi possível fazer estações de paleocorrentes (Figura 4). Nas seções-colunares São José Romão, Cruzeiro e Chapadão está descrito o pacote siliciclástico da Fm. Três Barras desde sua base, mas apenas na Seção do Cruzeiro (Figura 14) foi possível observar o contato entre esta formação e a Fm. Quiricó. A Seção do Cruzeiro também é de grande relevância por apresentar dois níveis de silexitos associados aos arenitos. Estes silexitos do Morro do Cruzeiro já foram objeto de estudos anteriores (Kattah, 1991; Pessagno e Dias-Brito, 1996. Dias-Brito *et al.*, 1999) e neles se descrevem radiolários associados a biota tipicamente marinha. Como já tratado no capítulo 2, estes níveis de silexitos compreendem um dos maiores enigmas da Bacia Sanfranciscana.

A Seção Chapadão (Figura 7) apresenta aproximadamente 40 m contínuos de rochas da Fm. Três Barras, sendo esta espessura mais reduzida para a Seção São José Romão (aproximadamente 25 m) (Figura 13). Para ambas as seções-colunares observam-se duas distintas associações de fácies, uma inferior e outra superior. A inferior compreende arenitos de granulometria fina a grossa, seleção moderada, com cimento carbonático e com estratificações plano-paralela, cruzada acanalada ou sem estruturas aparentes. Na associação superior os arenitos não estão cimentados e apresentam estratificação cruzada acanalada e com alguns ciclos granocrescente ascendentes, intercalados a alguns sets de arenitos maciços. Nesta porção superior também são descritas deformações plásticas em diversos níveis da Seção São José Romão.

6.1. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES

O contato entre os sedimentos da Fm. Três Barras e os pelitos da Fm. Quiricó é transicional. Ou seja, como se observa na Seção Cruzeiro (Figura 14), há aumento nas proporções de areia em relação aos pelitos, até que passa a ocorrerem apenas arenitos. Nesta transição há intercalações de finos (fácies H e M) com lentes e camadas tabulares de arenitos médios/grossos, em alguns casos com matriz. Estes arenitos normalmente são maciços ou apresentam estratificação plano-paralela (fácies Sh) ou laminação cruzada cavalgante (fácies Sr) (Figura 18). Nestas fácies arenosas descrevem-se fragmentos de argila e dobras convolutas sinsedimentares (fácies Sd), como pode ser observado na figura 18.

Acima desses arenitos não são mais registrados pelitos, passando a ocorrerem as fácies Sm, Sh e St. Os arenitos Sh variam de fino a médio, às vezes com matriz lamosa, com seleção moderada a ruim. Os arenitos St variam de fino a médio, com seleção moderada a ruim, apresentam estratificação cruzada acanalada centimétrica a decimétrica e *sets* cuneiformes (Figura 18). As fácies St encontram-se normalmente sobrepostas aos arenitos Sh, em alguns casos apresentando base marcada por erosão.

A associação das fácies St, Sr, Sh e Sd é descrita em direção ao topo da seção. Na fácies St os arenitos são bimodais, bem selecionados, com grãos bem arredondados, com estratificação cruzada acanalada decimétrica a decamétrica em *sets* tabulares (Figura 19). Notam-se, em alguns casos, cunhas com gradação inversa no *foreset* (produto de *grain flow*), como observado na figura 19, e com estrutura *pin stripe* (Figura 19). Associadas a estas estratificações cruzadas de médio a grande porte (fácies St), às vezes, ocorrem laminações cruzadas cavalgantes (Sr). Também são observadas superfícies planas truncando *sets* de arenitos com estratificação cruzada acanalada (Figura 20). Intercalados aos arenitos St, são descritos *sets* de arenitos médios/grossos, com seleção moderada, com estratificação plano-paralela (Sh) ou, mais comumente, deformados por fluidificação ou liquefação (Sd), com estrutura primária parcialmente ou totalmente obliterada por deformações plásticas penecontemporâneas (Figura 20). As camadas de Sd e Sh podem alcançar até 15m de espessura. Associados aos arenitos St são descritos dois níveis decimétricos (30 cm a 1 m) de silexito (Figura 20), como pode ser

observado na Seção do Cruzeiro (Figura 14). Também foram descritos nódulos carbonáticos (Figura 20) e calcretes relacionados a esta associação de fácies, sendo recorrente cimentação por carbonato de cálcio nestas fácies.

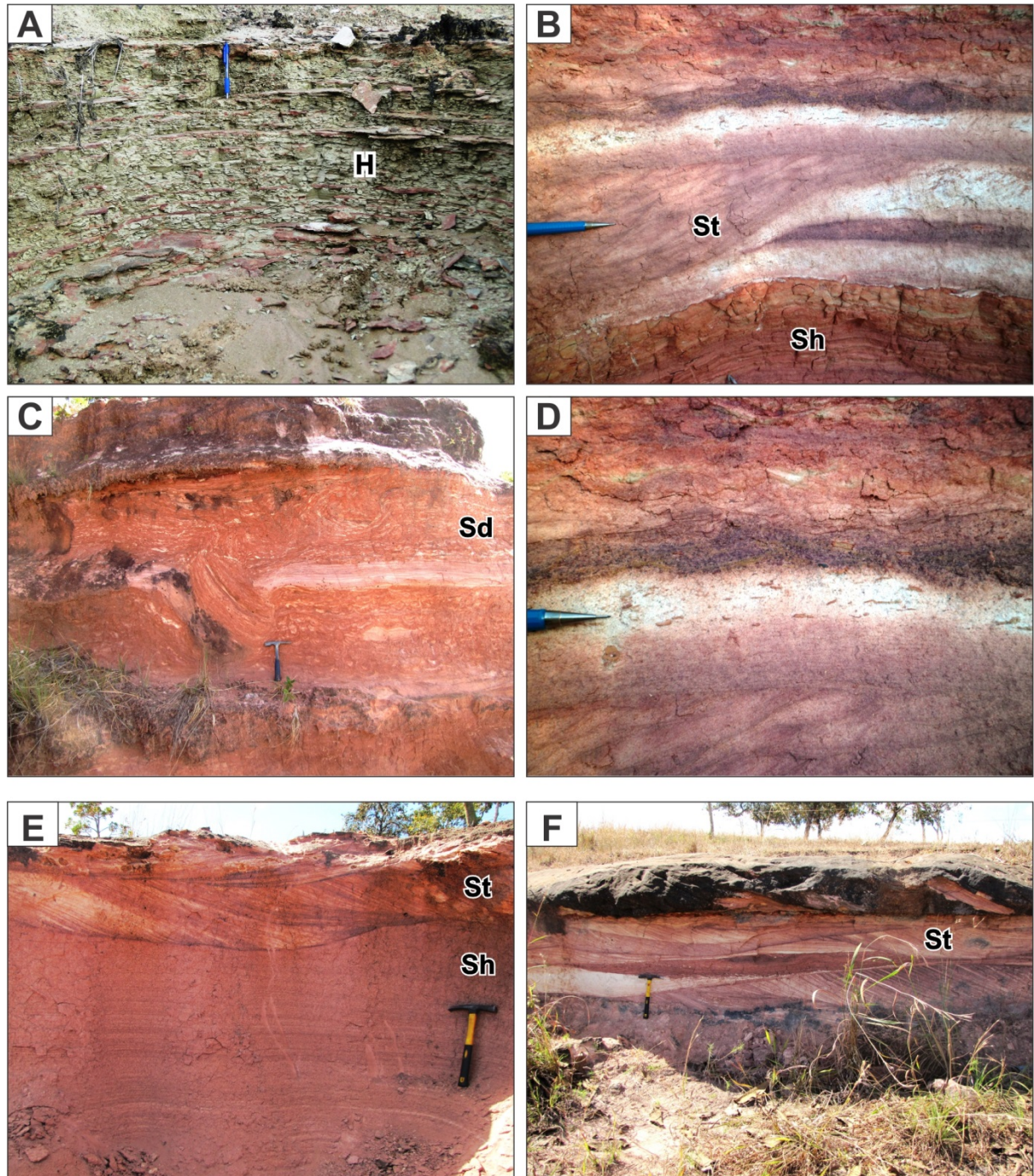


Figura 18. Transição entre a Fm. Quiricó e a Fm. Três Barras, com ocorrência de arenitos e pelitos intercalados (A à D) até a ocorrência apenas de arenitos mais para o topo da seção (E e F): A – Intercalação entre lamitos e níveis de arenito (Ponto 95); B – Arenito com estratificação cruzada acanalada (St), com formato de canal, escavando arenitos com estratificação plano-paralela (Sh), com fragmentos de argila na estratificação dos arenitos Sh do topo, Seção do Cruzeiro (Ponto 15); C–

Deformações convolutas sinsedimentares nos arenitos, Seção do Cruzeiro (Ponto 15); D – Detalhe dos fragmentos de argila na estratificação, Seção do Cruzeiro (Ponto 15) ; E – Arenito com estratificação cruzada acanalada (St) sobre arenitos com estratificação plano-paralela (Sh), contato marcado por erosão (Ponto 74); F – Arenitos com estratificação cruzada acanalada de porte decimétrico (fácies St) (Ponto 74).

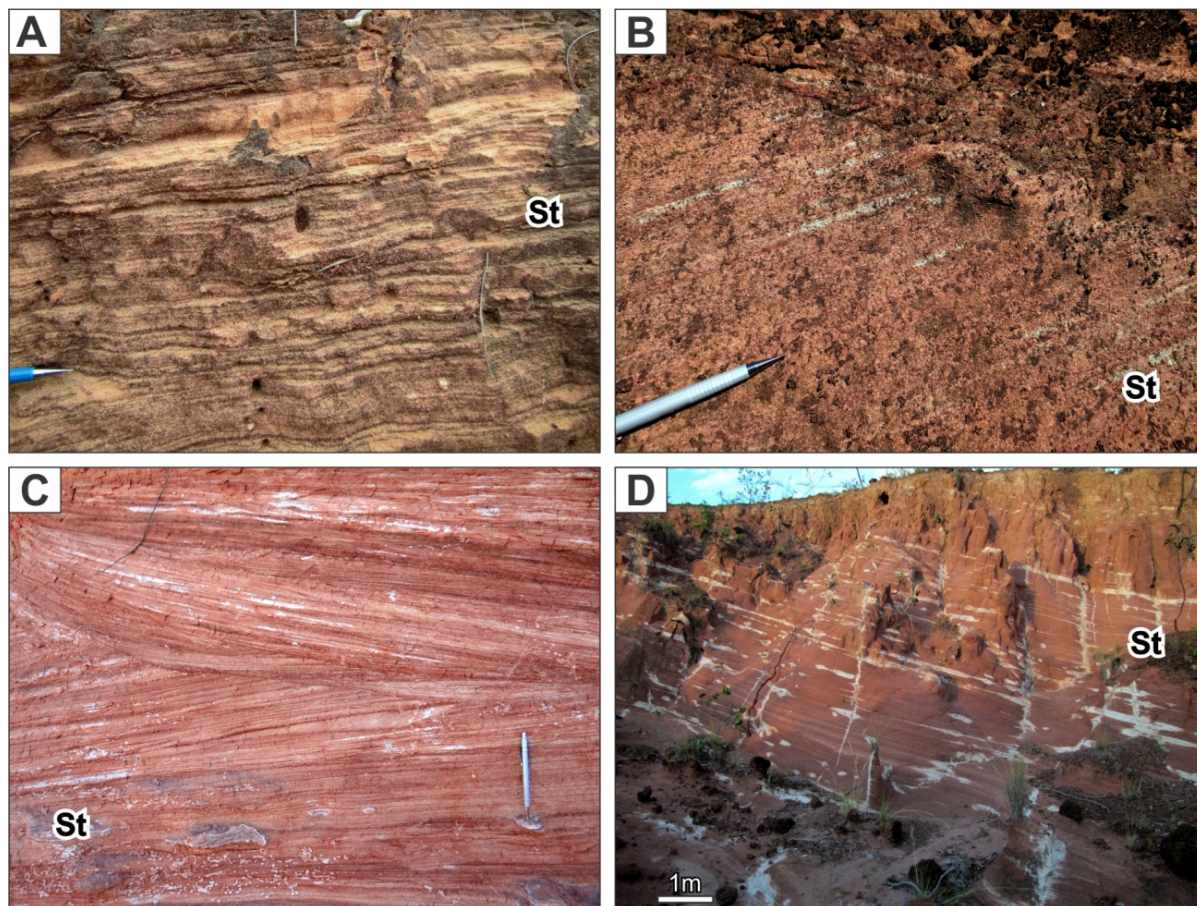


Figura 19. A – Detalhe da estrutura *pin stripe* gerada devido à bimodalidade dos grãos (Ponto 70); B – arenito com estratificação cruzada acanalada (St) apresentando cunhas com gradação inversa no *foreset* (lentes brancas) (Ponto 55); C – arenito fino/médio, bem selecionado, com estratificação cruzada acanalada (St) métrica (Ponto 96); D – arenito bimodal, bem selecionado, com estratificação cruzada tangencial na base de grande porte (St) (Ponto 84).

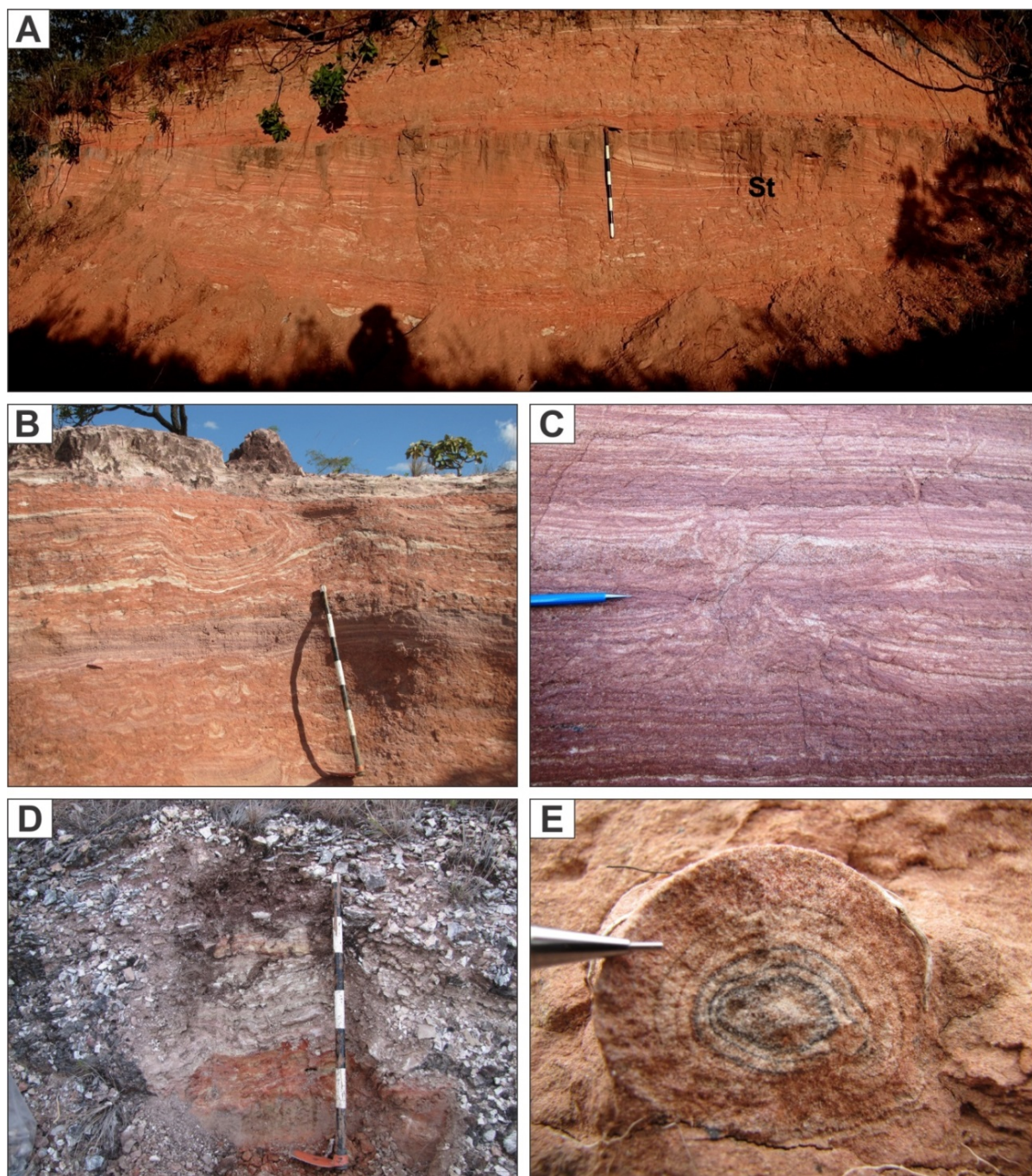


Figura 20. A – Arenitos com estratificação cruzada acanalada (fácies St) truncado por superfície plana, Seção do Cruzeiro (Ponto 16); B e C – Deformação plástica penecontemporânea obliterando estrutura primária (Pontos 09 e 84, respectivamente); D – Silexitos em meio aos arenitos, Seção do Cruzeiro (Ponto 18); E – Concreção de arenito cimentada por carbonato de cálcio (Ponto 71).

Observa-se fácies pelíticas subordinadas relacionadas com a associação de fácies descrita acima (St, Sr, Sh e Sd). Um dos principais exemplos destas fácies pelíticas é o afloramento no Ribeirão Três Barras (Ponto 64 – Tabela 2). Nele foi observado, na base, sequência de arenitos St, de porte decamétrico, limitado no

topo por superfície truncante plana; acima são descritos argilitos (fácies Fm), com aproximadamente 0,5 m de espessura, sendo sobrepostos por arenitos St, com estratificação de baixo ângulo; acima volta a ocorrer a intercalação das fácies St, com estrutura decimétrica e de baixo ângulo, e da fácies Fm, com infiltração de arenito no argilito; os argilitos do topo encontram-se ondulados e associados a arenitos com laminação cruzada cavalgante (fácies Sr), sendo que no último nível Fm observa-se gretas de ressecamento.

Uma superfície de descontinuidade foi observada regionalmente no topo da associação St, Sd, Sh, Sr e Fm. Esta superfície ocorre na cota 840m e marca uma quebra negativa significativa no relevo. Ela pôde ser notada tanto em imagens LANDSAT e do Google Earth, como em campo, estando ilustrada na figura 21.

Acima desta descontinuidade ocorrem prioritariamente arenitos da fácies St. Estes arenitos são bimodais, bem selecionados, com estratificação cruzada acanalada métrica a decamétrica, com sets tabulares. O grande porte das estratificações cruzadas acanaladas pode ser observado na figura 22. Também apresentam ocorrências de cunhas com gradação inversa no *foreset* (produto de *grain flow*), e com estrutura *pin stripe*. Na Seção São José Romão (Figura 13) é possível notar ciclos granocrescentes ascendentes nos sets de arenitos St. Intercalados com as fácies St, ocorrem sets decimétricos de arenitos maciços (Sm), finos a médios e bem selecionados. Na Seção Chapadão (Figura 7) a intercalação de sets de arenitos St e Sm é marcante.

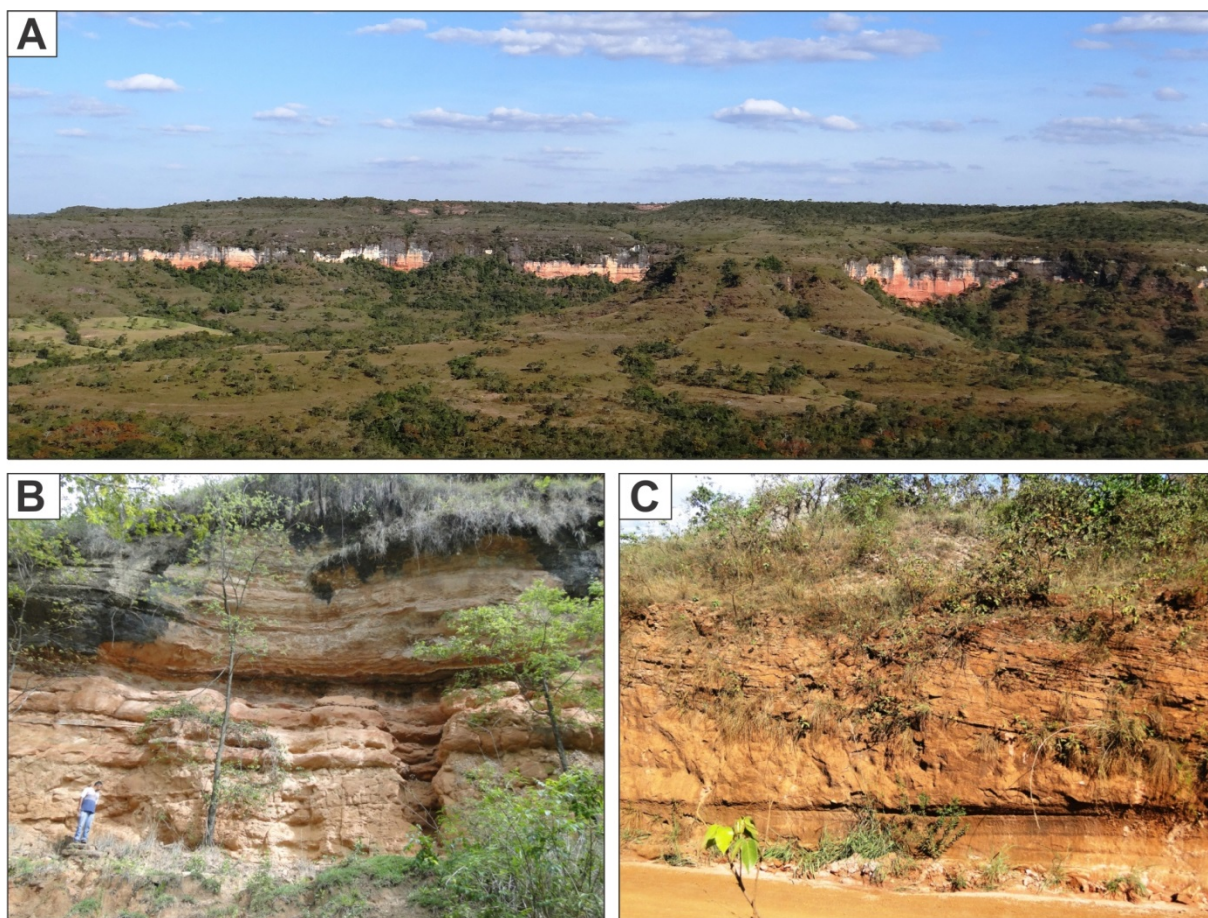


Figura 21. Superfície de descontinuidade regional. A – Expressão da superfície de descontinuidade na paisagem da região; B e C – Superfície de descontinuidade identificada na Seção São José Romão e no ponto 02, respectivamente.

Arenitos deformados (fácies Sd) foram frequentemente observados no pacote siliciclástico descrito acima da descontinuidade. As deformações são principalmente dobras, normalmente de porte decimétrico a decamétrico, com flancos bem marcados e a estrutura primária dos arenitos encontra-se muitas vezes deformada plasticamente (Figura 22). Estas deformações são geradas por escape de fluidos, escorregamento de estratos (*slump*) ou por pressão diferencial.

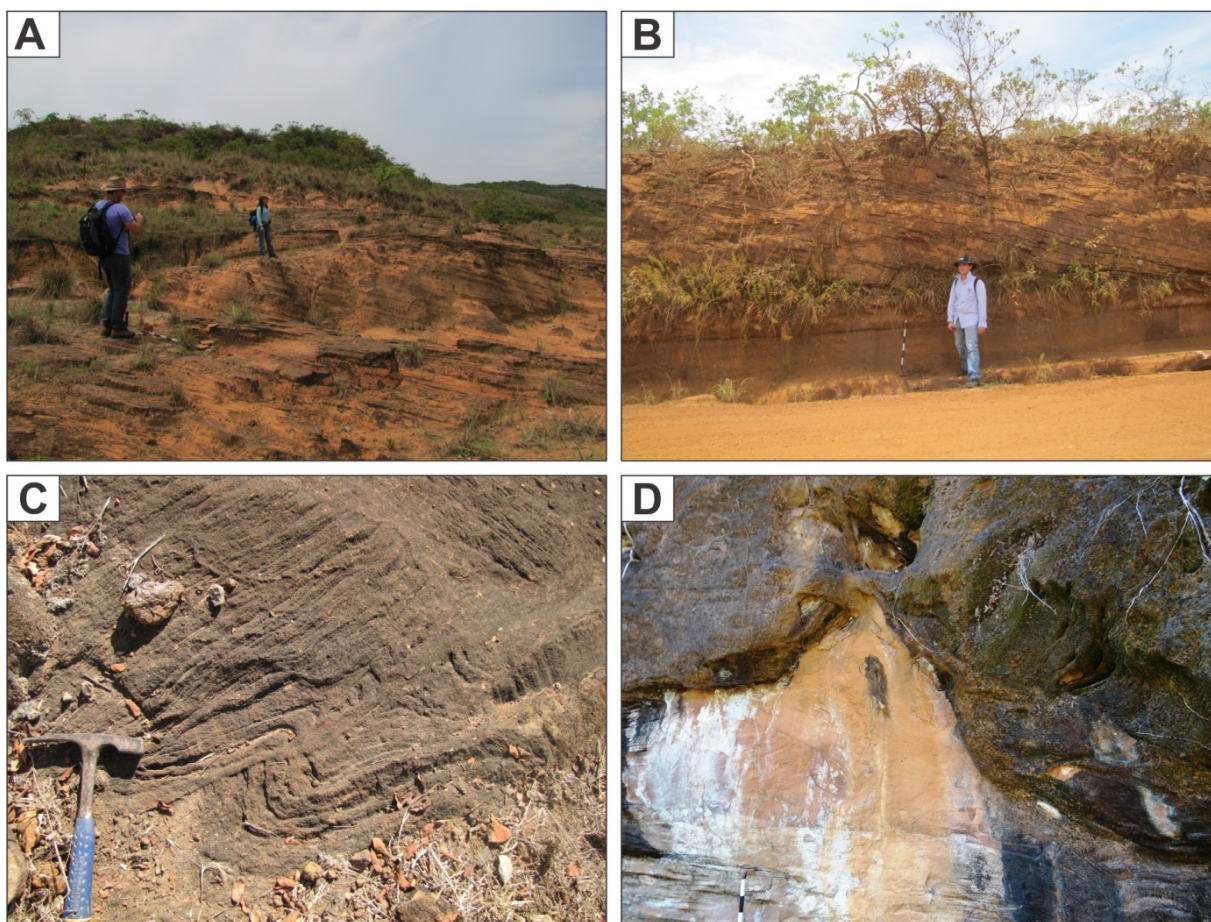


Figura 22. A e B – Arenitos bem selecionados, com estratificação cruzada acanalada de grande porte (fácies St) (Pontos 01 e 02, respectivamente); C e D – Deformações nos arenitos (Pontos 60 e 61, respectivamente).

6.2. INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

A associação de fácies descrita na transição entre as formações Quiricó e Três Barras provem de sedimentação por decantação (pelitos), associadas à fácies geradas por corrente de turbidez (Sm) e fácies provenientes de fluxo unidirecional, sob regime de fluxo superior (Sh) e regime de fluxo inferior (St). Esta associação de fácies é interpretada como sistema flúvio-deltaico interagindo com o sistema de *playa lake*. Os fragmentos de argila sugerem o retrabalhamento dos pelitos lacustres subjacentes, e as deformações convolutas sinsedimentares são geradas por recalque diferencial causado pelo aporte de areia flúvio-deltaica em fundo lacustre não consolidado (lutocinese). Para o topo, quando cessa a ocorrência de pelitos e passam a predominar as fácies Sh (na base) e St (no topo) infere-se o estabelecimento de sistema fluvial. Os sistemas flúvio-deltaicos e fluviais já haviam

sido atribuídos para a Fm. Três Barras anteriormente (Campos e Dardenne, 1997; Sgarbi, 2011).

Acima das rochas fluviais e flúvio-deltaicas descreve-se a associação das fácies St, Sd, Sh, Sr e subordinadamente lamitos. Algumas feições descritas em campo, como lentes com gradação inversa produzidas por *grain flow*, estrutura *pin stripe*, fácies Sr e grande porte das estratificações cruzadas acanaladas (St) são características de dunas eólicas (Mountney, 2006). Já a associação das fácies Sd e Sh, limitada por sets de dunas eólicas, corresponde ao depósito de interduna. Ou seja, trata-se da associação de dunas e interdunas (Figura 23), típicos de sistema deposicional eólico. As superfícies planas que truncam estas fácies são superfícies de deflação eólica. As rochas eólicas ocorrem sobrepondo os sistemas flúvio-deltaico e fluvial, pertencentes a Fm. Três Barras, ou sobrepondo diretamente os sedimentos pelíticos do *playa lake* da Fm. Quiricó.

Acima da superfície de descontinuidade regional observada internamente à Fm. Três Barras, ocorre a associação de fácies St, Sm e Sd. A fácies St, com estruturas *pin stripe*, lentes com gradação inversa e estratificações de grande porte, é típica de dunas eólicas (Mountney, 2006). A fácies Sm corresponde ao interduna e são menos frequentes e menos espessas do que no sistema deposicional eólico descrito abaixo da descontinuidade regional.

Kocurek e Havholm (1993) classificam os sistemas eólicos em secos, úmidos e estabilizados, e o principal critério para esta classificação é a posição do nível freático em relação à superfície de deposição. Sistemas eólicos úmidos são aqueles em que o lençol freático encontra-se próximo a superfície, e tendem a preservar maiores porções de interdunas, pois o lençol freático alto reduz a erosão destes sedimentos (Kocurek, 1996). A redução deste potencial erosivo também pode levar ao aparecimento de fácies subaquosas, como as sabkas (Kocurek e Havholm, 1993). Nos sistemas eólicos secos o nível freático encontra-se abaixo da superfície deposicional, e apesar de poderem ocorrer grandes depósitos de interdunas secas, não é esperada preservação significativa destas interdunas em sistemas secos (Kocurek, 1996). Os depósitos de interdunas observados neste estudo, abaixo da superfície de descontinuidade, foram descritos com frequência, com espessuras métricas, e muitas vezes encontravam-se fluidificados. Também foram descritos pelitos nestes depósitos. Estas características são indicativas de interduna úmida.

Além do quê, este sistema eólico ocorre interdigitado à fácies de sabkas, sugerindo maior umidade em todo o sistema. Acima da descontinuidade regional não há nenhum registro de pelitos, além do que os depósitos de interdunas são mais raros e pouco espessos. Esses dados sugerem um decréscimo de umidade acima da superfície de descontinuidade, talvez caracterizando a mudança de um sistema eólico úmido para um sistema eólico seco.

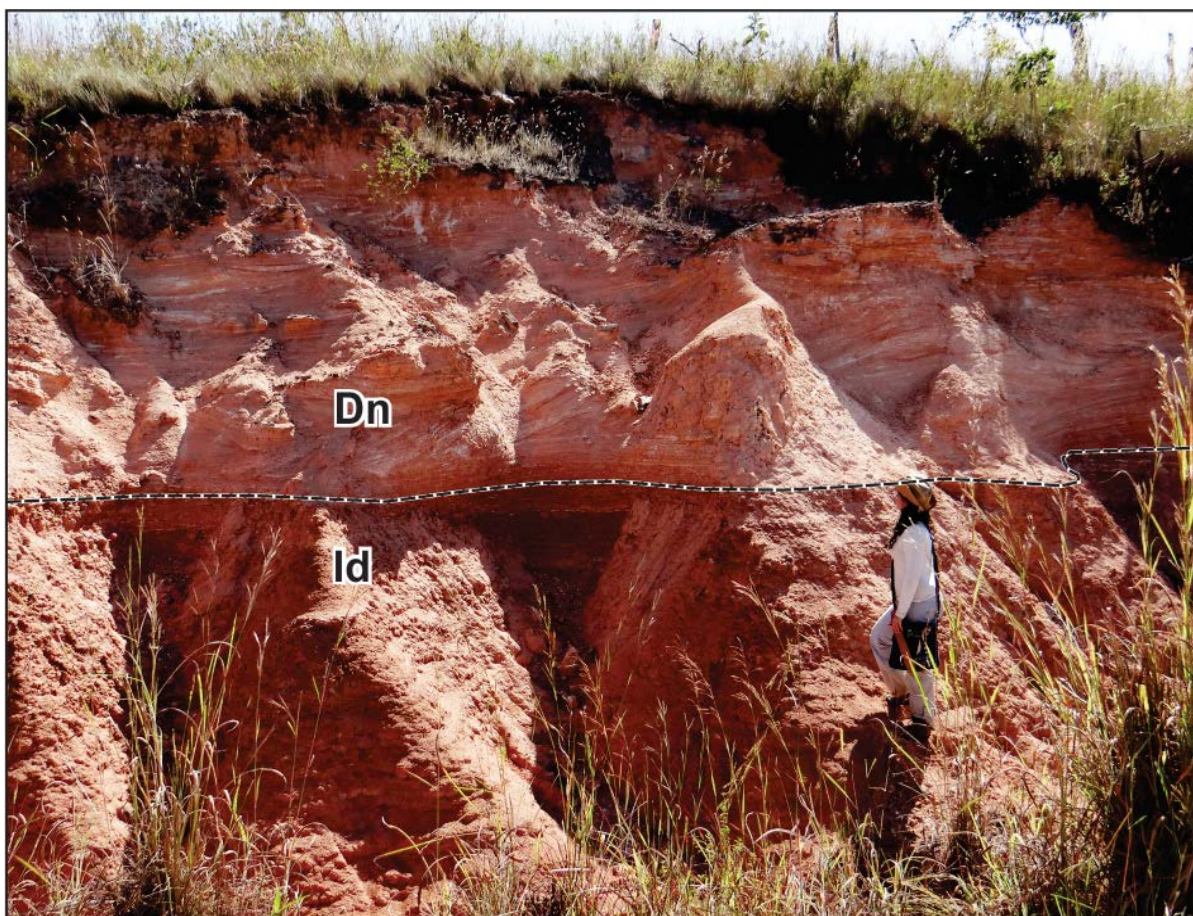


Figura 23. Contato entre dunas eólicas no topo (Dn) e interduna na base (Id), caracterizando ambiente deposicional eólico. (Ponto 96).

6.3. PALEOCORRENTES

Estações de paleocorrentes eólicas para a Fm. Três Barras prevaleceram na área de estudo em consequência a recorrência de fácies eólicas desta formação na região. Foram levantadas 569 medidas, em 33 estações distintas, sendo as medidas obtidas principalmente nos *foresets* de arenitos St. A figura 24 apresenta as rosetas de isofrequências da área estudada, sendo que estações próximas e com resultados

semelhantes foram agrupadas devido à escala do mapa apresentado. O resultado obtido foi paleoventos predominantes para SSW, com padrão dominante unimodal, secundariamente bimodal. A roseta média, com todos os dados, resultou em azimuth médio 213° e com dispersão (F_c) igual a 0,5 (Figuras 25). Dispersões inferiores, com fatores de consistência (F_c) variando de 0,61 a 0,93, foram observadas em diversas rosetas, sendo estas dispersões relativamente baixas ao considerar deposição por ventos. Não foi observada mudança de padrão dos paleoventos em relação ao empilhamento vertical da Fm. Três Barras, ou seja, paleoventos para SSW foram atuantes durante toda a deposição da unidade aqui tratada.

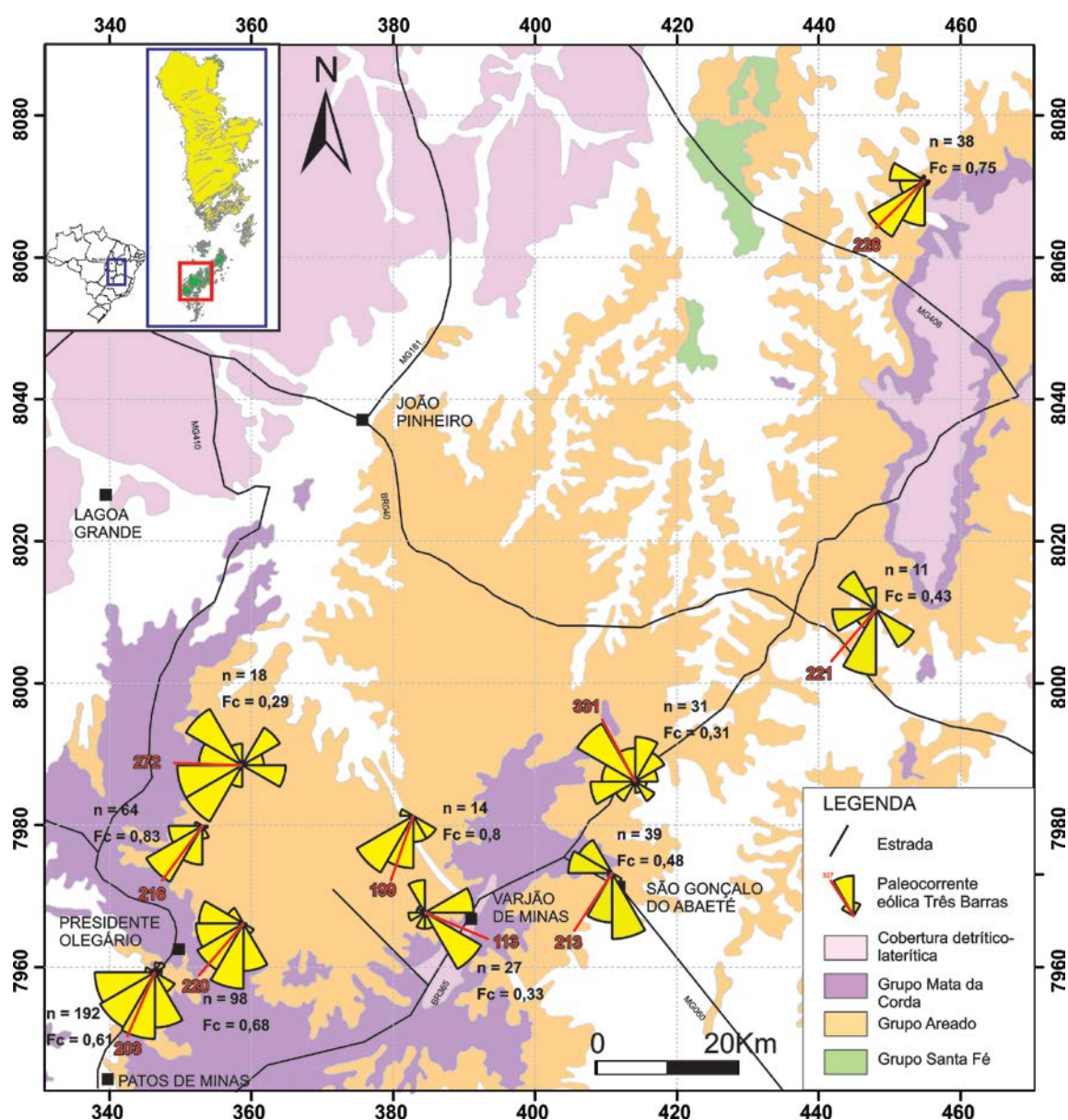


Figura 24. Mapa com rosetas de paleocorrentes para a Formação Três Barras.



Figura 25. Roseta média de paleocorrentes para a Formação Três Barras.

7. TRATO DEPOSICIONAL E PALEOGEOGRAFIA

O trato deposicional do Grupo Areado compreende um conjunto de sistemas deposicionais interpretados para a Sub-Bacia Abaeté. A grande variação de fácies observada para a unidade de interesse se dá em decorrência dos diversos ambientes deposicionais que coexistiram. A tabela 5 é uma síntese das associações de fácies descritas no trabalho, contendo também a interpretação do sistema deposicional e a fotografia representativa de cada associação.

A sucessão estratigráfica média para o Grupo Areado na Sub-Bacia Abaeté têm cerca de 140 m. Esta espessura é inferior àquela considerada por alguns trabalhos prévios (Campos e Dardenne, 1997; Fragoso, 2011), e a principal distinção é a espessura atribuída por estes autores para a Fm. Quiricó, na ordem de 80 a 100 m, sendo neste trabalho observado no máximo 45 m em uma porção restrita. A figura 26 apresenta a sucessão estratigráfica completa para o Grupo Areado na área estudada. Esta é uma seção-colunar do tipo composta que foi elaborada com o empilhamento das seções colunares Córrego Tiririca, Chapadão, São José Romão e Cruzeiro, sendo que na figura estão indicados os trechos pertencentes à cada seção-colunar. Na seção colunar composta estão representados quase todos os sistemas deposicionais interpretados para a sedimentação eocretácica da Bacia Sanfranciscana, com exceção dos leques aluviais.

Inicialmente, a bacia sedimentar foi preenchida predominantemente por sedimentos psamíticos e psefíticos provenientes de rios entrelaçados e de fluxos gravitacionais. A sedimentação controlada por fluxo gravitacional ocorria em leques aluviais e seu registro foi mais marcante na porção sul da bacia. Provavelmente estes sedimentos formaram-se próximos a paleorrelevos altos, com gradiente acentuado. Nas demais porções da Sub-Bacia Abaeté predominavam rios entrelaçados. As paleocorrentes obtidas neste estudo permitem estabelecer paleofluxo fluvial para NW (azimute médio 300°), sendo este rumo preferencial consistente para toda a sub-bacia.

As principais estruturas atuantes no Eocretáceo tinham direção NW-SE, inclusive o Arco do Alto Paranaíba e a Falha de Galena, secundariamente com falhas NNE-SSW (Fragoso *et al.*, 2011; Alkimin, 2011). As paleodrenagens com

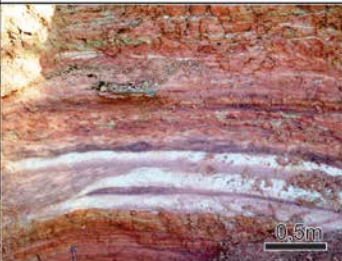
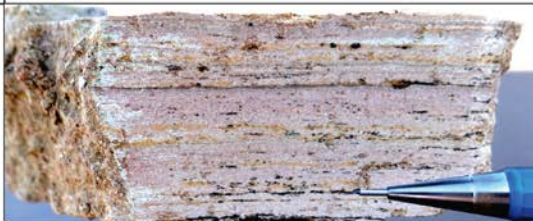
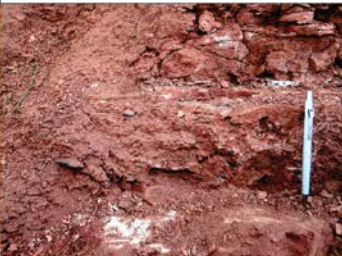
fluxo para NW são paralelas à estruturação principal da bacia, sugerindo condicionamento morfo-estrutural das paleodrenagens.

Dunas eólicas decamétricas da Fm. Abaeté superpõem os sedimentos aluviais na porção central da área estudada. Os dados de paleocorrentes mostraram dois padrões distintos de paleoventos: 1) unimodal para NW; 2) bimodal para SW. Como já tratado no capítulo 4, a variação das medidas obtidas pode ser reflexo de dunas de morfologia distintas geradas por paleoventos de direções diferentes, ou ser decorrência de número insuficiente de dados e de estações levantadas.

A Sub-Bacia Abaeté passou a ser preenchida por sedimentos mais pelíticos, mas ainda com contribuição arenosa, possivelmente em decorrência de aumento na umidade. Estes sedimentos são reflexos da instalação de corpos aquosos sobre os sedimentos aluviais e eólicos. Em Varjão de Minas, próximo à falha de Galena, o registro sedimentar indica implantação de lago perene, provavelmente profundo e com coluna d'água estratificada, que permitiu a preservação de matéria orgânica. Considerando que este lago era restrito e profundo, que está na borda da Falha de Galena (Figura 27), e que esta estrutura foi reativada como falha normal durante a deposição do Grupo Areado (Fragoso *et al.*, 2011; Alkimin, 2011), interpretou-se a gênese deste lago como tectônica. Deformações (*loop bedding*) sinsedimentares encontradas nos calcários laminados desta sequência lacustre podem ser reflexos da atividade da Falha de Galena.

Apesar da ocorrência restrita de um sistema lacustre, em Varjão de Minas, na maior parte da bacia ocorria a sedimentação em lagos rasos e efêmeros, do tipo *playa lake*. Os pelitos descritos sobre o embasamento sugerem que nos períodos mais úmidos estes lagos efêmeros expandiam o sítio deposicional e recobriam diretamente o embasamento. Pela associação faciológica notou-se que diversos processos e sistemas deposicionais interagiram com o ambiente de *playa lake*. A contribuição de sedimentos eólicos era constante no registro dos *playa lakes*, com areias depositadas no corpo aquoso raso. Outra interação comum era com o sistema fluvial, sendo a sedimentação flúvio-deltaica, marcada pelos arenitos, a interface entre estes sistemas. Esta interação flúvio-deltaica foi mais recorrente para o topo do sistema de *playa lake*, como foi observado na Seção do Cruzeiro.

Tabela 5. Síntese das associações de fácies e sistemas deposicionais para o Grupo Areado.

FORMAÇÃO TRÊS BARRAS			
ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	St, Sm, Sh, Sr, Sd e M	St e Sr	H, M, Sh, Sm e St
SISTEMA DEPOSICIONAL	Eólico	Fluvial	Flúvio-deltaico
EXEMPLO			
FORMAÇÃO QUIRICÓ			
ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	H, M, Fl e Sr	Fl	
SISTEMA DEPOSICIONAL	Playa Lake	Lacustre	
EXEMPLO			
FORMAÇÃO ABAETÉ			
ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	St	G, St, Sm e Sh	Gmm e Sm
SISTEMA DEPOSICIONAL	Eólico	Fluvial entrelaçado	Leque aluvial
EXEMPLO			

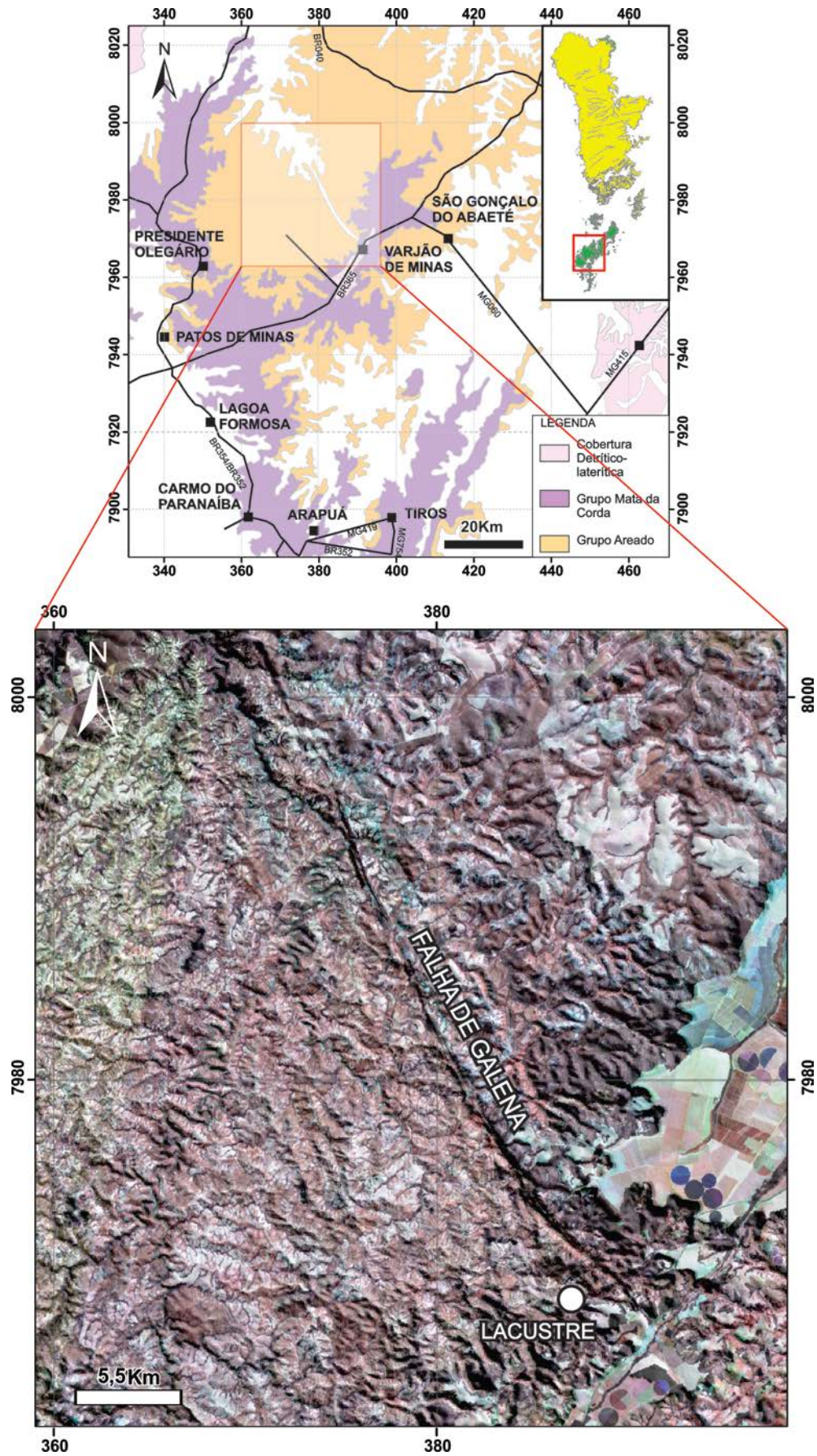


Figura 27. Localização das rochas lacustres em relação à Falha de Galena.

Os *playa lakes* foram assoreados por deltas e dunas eólicas, passando a predominarem os sistemas fluvial e eólico, até o completo estabelecimento de um sistema eólico desenvolvido. Neste sistema eólico frequentemente ocorriam dunas métricas a decamétricas associadas a interdunas. Ambientes de interduna muitas vezes eram bem desenvolvidos e algumas de suas características, como constante deformação por fluidificação e liquefação e presença de rochas pelíticas, permitiram interpretá-las como interdunas úmidas. Assim sendo, teve-se a instalação de um sistema eólico úmido, com grandes porções interdunas que lembravam um ambiente tipo “oásis”.

O sistema eólico permaneceu atuante na bacia, contudo com evidências de maior aridez para o topo, com predomínio de dunas de grande porte e com interdunas secas pouco desenvolvidas. Frequentemente observam-se superfícies de truncamento dentro do sistema eólico, correspondentes a períodos de deflação eólica. A deflação é controlada principalmente pelo nível freático ou pelo regime de fluxo eólico (Giannini *et al.*, 2008).

As paleocorrentes dadas pela migração das dunas eólicas da Fm. Três Barras permitiram determinar paleoventos com sentido para SSW. O rumo destes paleoventos foi consistente para toda a Sub-Bacia Abaeté e sem mudanças significativas mesmo com o decréscimo de umidade para o topo. Apesar de não observado neste trabalho, Sgarbi (1991) e Fragoso (2011) descrevem sedimentos eólicos sobrepostos ao embasamento, ou seja, a deposição do sistema eólico excedeu os limites iniciais da Sub-Bacia Abaeté.

A tendência e a variabilidade das medidas de paleoventos são obtidas em rosetas de isofrequência, e estas características podem ser reflexos do tipo de paleoduna (Nichols, 2009). As paleocorrentes podem fornecer, além do rumo dos paleoventos, informações quanto ao tipo de duna que gerou aquela estrutura. Segundo Nichols (2009) estas informações tornam-se mais confiáveis à medida que se tem maior quantidade de dados.

Para a Fm. Três Barras foram obtidas quantidades consideráveis de medidas (569 medidas) em estações distintas. Grande parte das rosetas de paleocorrentes eólicas desta formação revelou padrão unimodal e com dispersões relativamente baixas, com fatores de consistência (F_c) variando de 0,61 a 0,93. Este padrão é característico de dunas do tipo barcanóide ou transversais (Figura 28). E como

dominam dispersões medianas, com $F_c \sim 0.7$, provavelmente predominavam dunas do tipo barcanóide na época da deposição. Secundariamente também foram obtidas rosetas com padrão bimodal e maior dispersão de dados, sendo que estas paleocorrentes poderiam ser resultantes de dunas lineares.

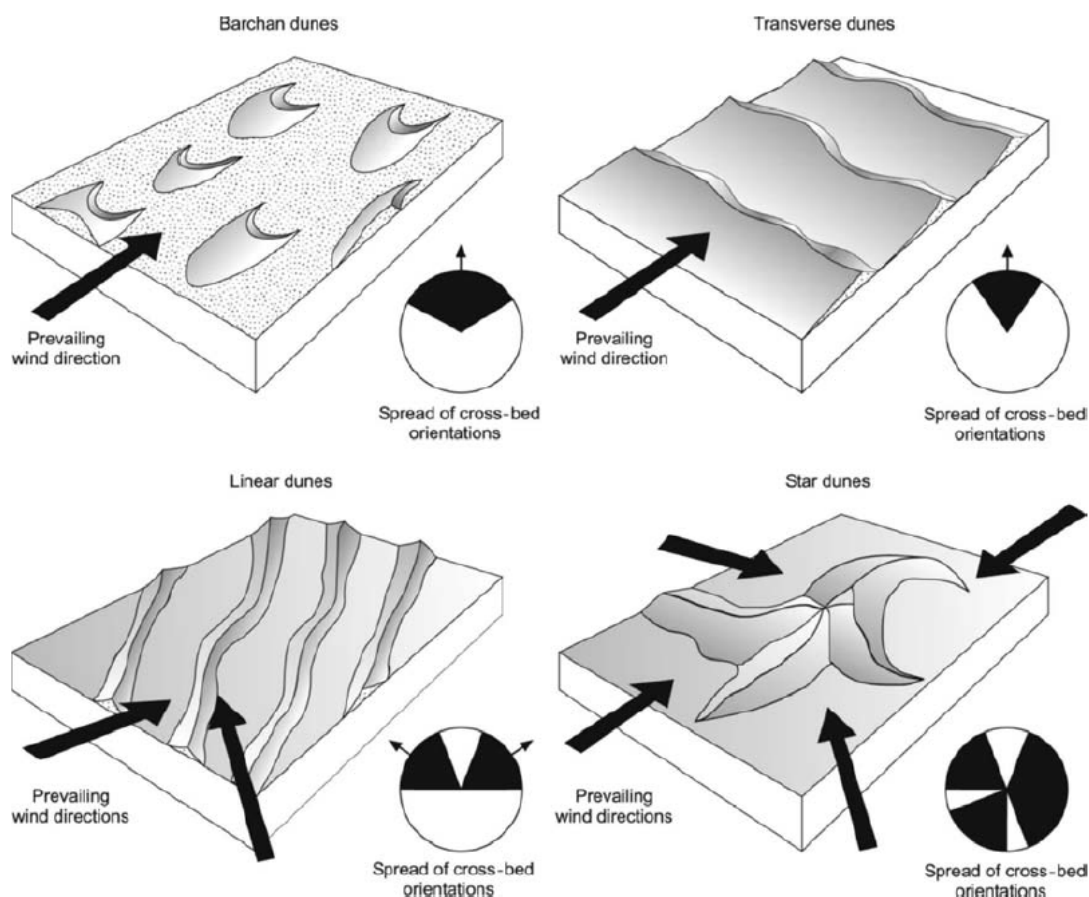


Figura 28. Quatro dos principais tipos de dunas eólicas, com suas morfologias determinadas pela direção do vento predominante e a disponibilidade de areia. Os diagramas em roseta indicam a distribuição provável do padrão de paleoventos. (retirado de Nichols, 2009).

Os dados de paleocorrentes obtidos permitiram estabelecer cenário paleogeográfico de preenchimento da bacia com área-fonte situada a SE e paleomergulho deposicional para NW. Os paleoventos, para NW, eram ortogonais à paleodrenagem, mas paralelos ao *strike* deposicional da bacia. A figura 29 é um modelo paleogeográfico para o Grupo Areado. Ele foi confeccionado considerando principalmente os dados de paleocorrentes e as associações de fácies sedimentares que permitiram a interpretação dos sistemas deposicionais atuantes na Sub-Bacia Abaeté no Cretáceo Inferior.

Uma superfície de descontinuidade foi constatada entre os sistemas eólicos úmido e seco. Esta superfície foi reconhecida regionalmente para a Sub-Bacia Abaeté. Esta descontinuidade ocorre em duas seções-colunares levantadas: São José Romão e Cruzeiro.

Cimentação diagenética por carbonato de cálcio ocorre nas fácies localizadas abaixo desta descontinuidade, indicando que posteriormente à sedimentação do sistema eólico úmido houve processos diagenéticos que o afetaram. Só posteriormente instalou-se um sistema eólico mais seco, estando a natureza da descontinuidade ainda por ser melhor caracterizada.

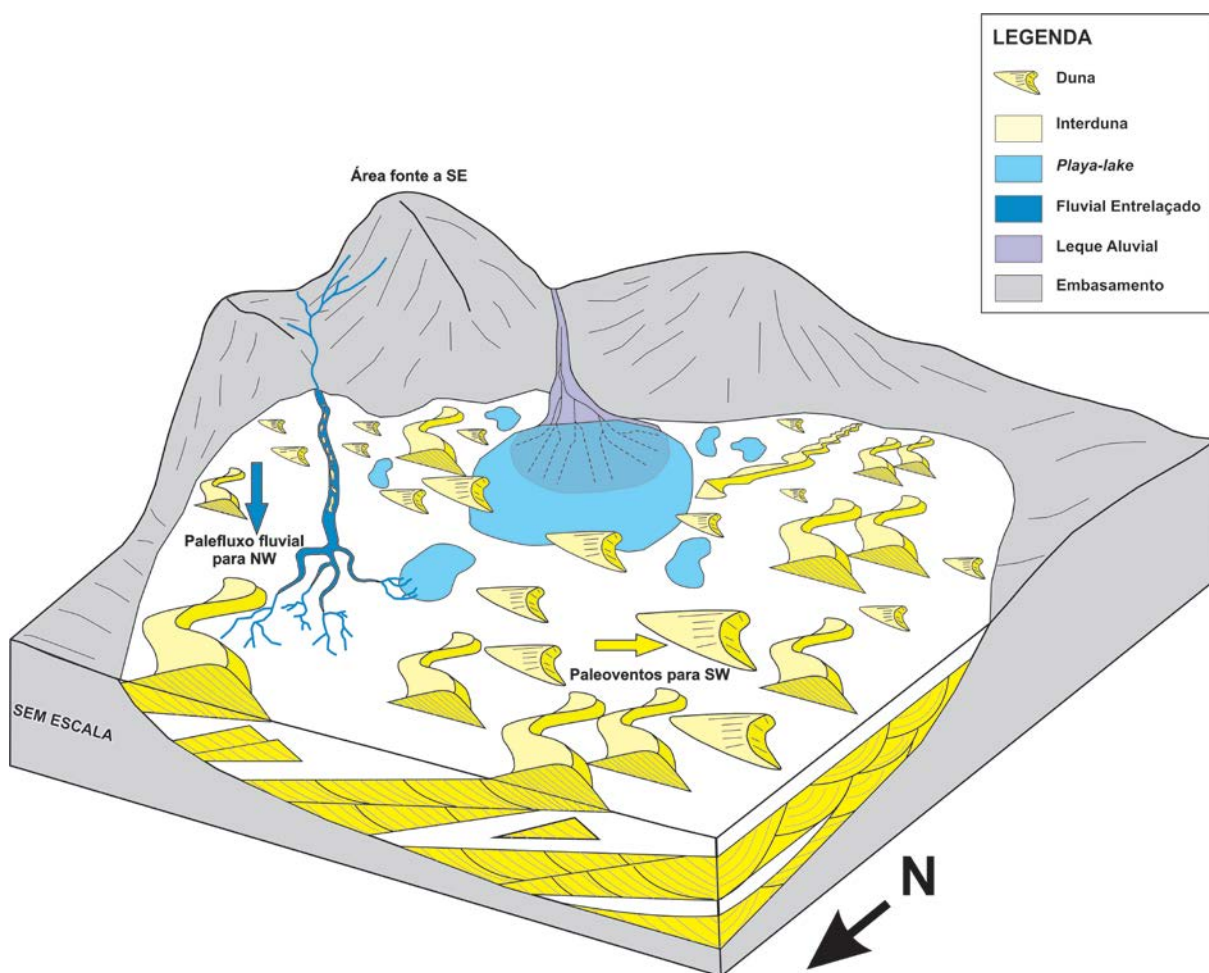


Figura 29. Modelo paleogeográfico aplicado à sedimentação do Grupo Areado durante o eocretáceo na Sub-Bacia Abaeté.

8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- (1) A sucessão estratigráfica média para o Grupo Areado na Sub-Bacia Abaeté tem cerca de 140 m, espessura inferior àquela considerada por alguns trabalhos prévios.
- (2) Os sistemas deposicionais interpretados para o Grupo Areado são: (a) Formação Abaeté – leques aluviais a sul, fluvial entrelaçado e eólico; (b) Formação Quiricó – sistema lacustre restrito e relativamente profundo, e lagos efêmeros e isolados do tipo *playa lake*, com constantes interações eólica e flúvio-deltaica; (c) Formação Três Barras – sistema flúvio-deltaico, sucedido por sistemas fluvial e eólico, com predomínio, no eólico, de dunas barcanóides decamétricas e interdunas.
- (3) Os padrões de paleocorrentes são consistentes e diferentes para as fácies fluviais e eólicas. As paleocorrentes fluviais estabelecem cenário paleogeográfico com área fonte situada a SE e paleomergulho deposicional para NW. Os paleoventos da Fm. Abaeté eram para NW e para SW, contudo, dada a grande dispersão das medidas e a baixa quantidade de estações levantadas, ainda carecem de mais estudos. Os paleoventos da Fm. Três Barras eram para SSW, ortogonais à paleodrenagem, mas paralelos ao *strike* deposicional da bacia.
- (4) Os diversos sistemas deposicionais atuantes no Eocretáceo da Bacia Sanfranciscana caracterizam ambiente deposicional desértico. Provavelmente ocorreu decréscimo de umidade para o topo, com a instalação de um grande campo de dunas, que ultrapassou os limites iniciais da sub-bacia. Este decréscimo de umidade pode ser reflexo de mudanças paleoclimáticas durante a abertura do Atlântico Sul, contudo carecem de mais estudos para entender melhor esta mudança.
- (5) O paralelismo entre as direções das paleodrenagens e as principais estruturas atuantes no Cretáceo Inferior sugere condicionamento morfo-estrutural das paleodrenagens. Outra hipótese é quanto à gênese estrutural do sistema lacustre. Esta teoria é corroborada pelo fato de ser um sistema isolado, profundo, localizado próximo de uma falha ativa durante a sua deposição.
- (6) Há uma superfície de descontinuidade regional entre os sistemas eólicos úmido e seco, que necessita ser melhor compreendida.

Referências

- Arai, M., Dino, R.; Milhomem, P.S., Sgarbi, G.N.C. 1995. Micropaleontologia da Formação Areado, Cretáceo da Bacia Sanfranciscana: estudos de ostracodes e palinologia. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 34, Anais, Uberaba, 2-3.
- Alkmim, F. F. 2011. Projeto Alto Paranaíba. Capítulo II: Geologia e tectônica da porção sudoeste da Bacia do São Francisco. CODEMIG-UFMG.
- Barbosa O. 1965. Geologia econômica aplicada a uma parte do planalto mineiro. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 19. Anais, Rio de Janeiro.
- Barbosa, O.; Braun, O.P.G.; Dyer, R.C.; Cunha, C.A.B.R. 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro. Boletim DNPM/DFPM, 136: 1-140 p.
- Batezelli *et al.* 2007. Arquitetura deposicional e evolução da sequência aluvial neocretácea da porção setentrional da Bacia Bauru, no sudeste brasileiro. Revista Brasileira de Geociências, 37(1): 163-181.
- Briere, P. R. 2000. Playa, playa lake, sabkha: Proposed definitions for old terms. Journal of Arid Environments, 45: 1-7.
- 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. Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, Rio Claro, Anais, 185-187.
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A. 1995. O sistema fluvial entrelaçado dos conglomerados e arenitos do Membro Abaeté na região de Cana Brava, MG. Geociências, São Paulo, 14(1):73-96.
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A. 1996. Distribuição estratigráfica e sistemas deposicionais do Grupo Urucua, Cretáceo Superior da Bacia Sanfranciscana. Boletim do 4º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil: 203-207
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A. 1997. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. Revista Brasileira de Geociências, 27(3): 269-282.
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A. 1997. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. Revista Brasileira de Geociências, 27(3): 283-294
- Carmo, D.A.; Tomassi, H.Z.; Oliveira, S.B. 2004. Taxonomia e distribuição estratigráfica dos ostracodes da Formação Quiricó, Grupo Areado (Cretáceo inferior), Bacia Sanfranciscana, Brasil. Revista Brasileira de Paleontologia, 7(2): 139-149.
- Carvalho, M.S. 2002. O gênero *Mawzonia* (Sarcopterygii, actinistia) no Cretáceo das bacias Sanfranciscana, Tucano, Araripe, Parnaíba e São Luís. Rio de Janeiro, Instituto de Geociências – UFRJ. Dissertação (Doutorado).

- Carvalho, I.S.; Kattah, S.S. 1998. As pegadas fósseis do paleodeserto da Bacia Sanfranciscana (Jurássico superior - Cretáceo inferior, MG). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70(1): 53-67.
- Castro, J. C. 1996. O Cretáceo da porção sul da Bacia Sanfranciscana: uma breve revisão. In: 4 Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, 1996, Água de São Pedro. *Boletim*, 1996. v. 4. p. 209-211.
- Costa, M.T.; Grossi Sad, J.H. 1968. O Cretáceo em Minas Gerais. In: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, 22, Belo Horizonte.
- Dias-Brito, D.; Pessagno JR, E.A.; Castro, J.C. 1999. Novas considerações cronoestratigráficas sobre o silexito a radiolários do sul da Bacia Sanfranciscana, Brasil, e a ocorrência de foraminíferos planctônicos nestes depósitos. In: 5 Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil/1er Simposio sobre el Cretácico de América del Sur, Serra Negra. *Boletim*. v. 1. p. 567-575.
- Fragoso *et al.* 2011. Geologia dos Grupos Bambuí, Areado e Mata da Corda na folha Presidente Olegário (1:100.000), MG: registro deposicional do Neoproterozóico ao Neocretáceo da Bacia do São Francisco. *Geonomos*, 19 (1): 28-38.
- Fragoso, D. G. C. 2011. Geologia da região de Presidente Olegário e evolução tectono-sedimentar do Grupo Areado, eocretáceo da Bacia Sanfranciscana, Minas Gerais. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Dissertação (Mestrado).
- Fragoso *et al.* 2011. Projeto Alto Paranaíba. Capítulo X: Folha Presidente Olegário SE.23-Y-B-I; Escala 1:100.000. CODEMIG-UFMG.
- Giannini, P. C. F.; Assine, M. L.; Sawakuchi, A. O. 2008. Ambientes eólicos. In: Silva, A. J.; Aragão, M. A. N.; Magalhães, A. J. C. (Eds); *Ambiente de sedimentação siliciclástica do Brasil*. Pág. 72-101.
- Gaspar, M.T.P.; Campos, J.E.G. 2007. O Sistema Aquífero Urucuia. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(4 – suplemento): 216-226.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2014. Mapas interativos 2013. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/interativos/arquivos>; Acessado em 28 de agosto de 2014.
- 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. Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Departamento de Geologia. Dissertação (Mestrado).

- Kattah, S.S.; Koutsoukos, E. A. M. 1992. A ocorrência de radiolário em fácies sedimentares de origem marinha no Mesozóico da Bacia Sanfranciscana. REV. ESC. de Minas, Ouro Preto, 45 (1/2): 214.
- Kattah, S.S. 1992. A ocorrência de sismitos no Grupo Areado, Bacia Sanfranciscana no oeste do Estado de Minas Gerais. In: 2 Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, Rio Claro – SP, p. 220-221.
- Kocurek, G. A. 1996. Desert aeolian systems. In: Reading, H. G. (ed) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Third edition. Pág. 125-153.
- Kocurek G. & Havholm K.G. 1993. Eolian Sequence Stratigraphy. – A Conceptual Framework In: *Siliciclastic Sequence Stratigraphy*. American Association Petroleum Geologists (Memoir 58), pág. 393-409.
- Lima M.R. 1979. Palinologia dos calcários laminados da Formação Areado, Cretáceo de Minas Gerais. In: SBG, Simpósio Regional de Geologia, 2, Rio Claro, 1:203-216.
- Mendonça, K.R.N. 2003. Estratigrafia de seqüências da formação Areado na porção sul da Bacia Sanfranciscana, Minas Gerais. Rio Claro: UNESP - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Dissertação (Doutorado).
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Second Edition. Wiley-Blackwell, 419 p.
- Miall, A. D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: MIALL, A. D. (ed.) *Fluvial Sedimentology*. Can. Soc. Petrol. Geol., p. 597-604 (Memoir 5).
- Miall, A. D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits*. Springer-Verlag, New York, 586 p.
- Miall, A. D. 2000. *Principles of sedimentary basin analysis*. Springer, New York, USA, 616 p.
- Miall, A.D. 2006. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Springer-Verlag Inc., Heidelberg, 582 p.
- Mountney, N. P. 2006. Eolian Facies Models. In: Posamentier, H. W.; Walker, R. G. (Eds) *Facies Models Revisited*. Society for Sedimentary Geology. Oklahoma, EUA. Pág. 19-83.
- 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, 1996. v. 4. p. 213-222.
- Scorza, F.P.; Santos R. da S. 1955. Ocorrência de folhelho fossilífero no município de Presidente Olegário, Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Bol. 155, 27p.
- Seer, H.J.; Moraes, L.C. 1989. Roteiro Geológico para a região de Lagoa Formosa-Chumbo-Carmos do Parnaíba-MG. 58p. (Boletim SBG-MG, nº9).
- Silva, A.J.P.; Lopes, R.C.; Vasconcelos, A.M.; Bahia, R.B.C. 2003. *Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores*, cap.2, 55-85.

- Sgarbi, G.N.C. 2011. Projeto Alto Paranaíba. Capítulo III: Sedimentação do Cretáceo Inferior na Bacia Sanfranciscana: O Grupo Areado. CODEMIG/UFMG.
- 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.; 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.
- Sgarbi G.N.C. 1991a. Geologia dos sedimentos lacustres da Formação Areado, bacia cretácica do São Francisco. In: SBG/SP-RJ, Simpósio Geologia Sudeste, 2, São Paulo, Anais, p. 67-75.
- Sgarbi, G.N.C. 1991b. 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. 1989. Geologia da Formação Areado, Cretáceo Médio a Inferior da Bacia do São Francisco, oeste do Estado de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 324p.
- 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/UFMG.
- Sgarbi, P.B.A., Heaman L., Gaspar J. C. 2004. U-Pb perovskite ages for brazilian kamafugitic rocks: further support for a temporal link to a mantle plume hospot track. *Journal of South American Earth Sciences*, 16:715-724.
- 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.