

SEDIMENTAÇÃO DA FORMAÇÃO BARBALHA, (GRUPO SANTANA) NA BORDA NORTE DA BACIA DO ARARIPE, NE BRASIL

Lucas Adriano Rodrigues Brito ¹
Wellington Ferreira da Silva Filho ²

10.51359/1980-8208/estudosgeologicos.v31n2p109-129

¹Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Ceará - PPGeo/ UFC lucasarbrito@outlook.com

²Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Ceará PPGeo/ UFC welfer@ufc.br

RESUMO

Este trabalho apresenta dados sedimentológicos inéditos da Formação Barbalha na borda Norte da Bacia do Araripe. Os objetivos desta contribuição foram a) interpretar o ou os sistemas deposicionais associados, e b) entender o posicionamento estratigráfico da sequência sedimentar no contexto da fase pós-rifte da Bacia do Araripe. Foi realizada a análise sedimentológica em 6 fácies sedimentares siliciclásticas (argilitos, arenitos e conglomerados). Além disso, foi realizada a análise de paleocorrentes. Assim, este pacote sedimentar foi classificado como um corte longitudinal de sistemas de leques aluviais terrígenos, apresentando suas porções terminais (fácies lamíticas e areníticas), assim como parte das porções apicais (fácies conglomeráticas preenchendo canais). A mudança no regime de fluxo hídrico implica em variações climáticas, onde o clima passou de úmido para semiárido, ou tectônicas, onde houve aumento da declividade local, ou uma associação de ambos. Concluiu-se assim que esta sucessão sedimentar pode estar associada aos eventos tectônicos da fase pós-rifte da Bacia do Araripe, que possivelmente ocorreram contemporaneamente à deposição de sistemas aluviais entrelaçado da Formação Barbalha.

Palavras-Chave: Formação Barbalha; Bacia do Araripe; Sistemas deposicionais

ABSTRACT

The opening of new road cuts in the region of the northern edge of the Araripe Basin allowed for the exposure of units not previously mapped in the region, such as conglomerates and boulders. Siliciclastic facies occur in all tectonosedimentary sequences, and conglomeratic facies, due to the high flow energy they demand, occur in only a few lithostratigraphic units. Thus, we sought to interpret the associated deposit system(s), as well as to understand the stratigraphic positioning of these sections through the description, analysis and study of the succession of 6 sedimentary facies, the qualification and macroscopic quantification of 200 clasts of the conglomeratic facies framework and analysis of paleocurrents in 63 sedimentary structures and 7 imbricated clasts. Thus, the deposits were classified as a longitudinal section of terrigenous alluvial fan systems, presenting their terminal portions (lamitic and sandstone facies), as well as part of the apical portions (conglomeratic facies filling channels). The change in the water flow regime implies climatic variations, where the climate changed from humid to semi-arid, or tectonics, where there was an

109

increase in the local slope, or an association of both. Thus, it was concluded that the deposits may be associated with the tectonic events of the post-rift phase of the basin, which occurred contemporaneously with the deposition of intertwined alluvial systems of the Barbalha Formation.

Keywords: Barbalha Formation; Araripe basin; Depositional Systems

INTRODUÇÃO

O interesse na análise estratigráfica da Bacia do Araripe vem aumentando como um todo nos últimos anos devido ao grande interesse no seu conteúdo fossilífero (Arai e Assine, 2020; Ribeiro *et al.*, 2021) e sistema petrolífero análogo (Catto *et al.*, 2016; Miranda *et al.*, 2018). Por exemplos, vários estudos vêm trazendo a luz novas discussões acerca da tectônica e sedimentação da sequência pós-rifte localizada na borda Norte da Bacia do Araripe (Neumann e Cabrera, 1999; Scherer *et al.*, 2015, Santos *et al.*, 2017, Benigno *et al.*, 2021; Alencar, *et al.*, 2021; Claes *et al.*, 2021; Celestino *et al.*, 2021).

A existência de ótimos afloramentos na região da Bacia do Araripe que permitiu mapear, definir critérios tectonosedimentares e genéticos distintos entre os então membros da Formação Santana em escala de 1:25.000 (Assine *et al.*, 2014; Neumann e Cabrera, 1999). Portanto, as Formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo constituem o Grupo Santana (Neumann e Assine, 2015).

Instituída por Ponte & Appi (1990) como Formação Rio da Batateira e posteriormente renomeada para Formação Barbalha por Assine (1992) devido a presença das Camadas Batateiras (Hashimoto *et al.*, 1987) conforme os critérios estabelecidos pelo Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (SBG, 1986). Assim, a Formação

Barbalha (Aptiano Superior) constitui dois ciclos fluviais com granodecrescência ascendente, que encerram de conglomerados basais e vão até intervalos pelíticos-lacustres no topo.

Recentemente a Formação Barbalha foi mapeada na região de Nova Olinda-CE (Alencar *et al.*, 2021; Claes *et al.*, 2021). Até então, a unidade havia sido apenas descrita em afloramentos apenas na Região do Cariri (Assine, 1992; Chagas, 2006), e em furos do poço 2-AP-1-CE na sub-bacia de Feira Nova. Portanto, a exposição de conglomerados e matacões em novos cortes de estrada na porção norte da Bacia do Araripe, região sudeste de Nova Olinda (CE), trouxe novamente à luz o debate acerca da influência tectônica nos processos deposicionais das sessões basais do Grupo Santana.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo o estudo faciológico dos sistemas conglomeráticos aflorantes na borda Norte da Bacia do Araripe, Nova Olinda-CE (Figura 1). Esta pesquisa aplicou a descrição faciológica, análise de paleocorrentes, análise dos elementos arquiteturais, e estudo de proveniência sedimentar macroscópica da Formação Barbalha. Os resultados deste trabalho contribuem para uma melhor interpretação dos ambientes de sedimentação atuantes durante o Aptiano da Bacia do Araripe. Além disso, esta pesquisa propõe a evolução estratigráfica e

paleogeográfica local, bem como a influência da tectônica na sedimentação da Formação Barbalha, borda Norte da Bacia do Araripe.

GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia do Araripe foi implementada sobre rochas arqueanas (Complexo Granjeiro) e neoproterozoicas (Terreno Piancó-Alto Brígida) da Zona Transversal da Província Borborema (Brito Neves, 2000; Ponte & Ponte Filho, 1996). As estruturas tectônicas pré-cambrianas representam um forte papel na configuração tectônica da Bacia do Araripe, principalmente através da reativação rúptil de zonas de cisalhamento durante a abertura do Atlântico-sul (Matos, 1999; 2020; Celestino *et al.*, 2020). Por exemplo, a borda Norte da Bacia do Araripe está localizada na terminação W da

Zona de Cisalhamento Patos (ZPC) (Celestino *et al.*, 2020; Alencar *et al.*, 2021). A deformação rúptil da ZCP marca a borda Norte desta bacia é representada pela Zona de Falha Triunfo (Celestino *et al.*, 2020).

O arcabouço estratigráfico da Bacia do Araripe é constituído por quatro megassequências sedimentares: Pré-rifte, Rifte, Pós-rifte I (Grupo Santana) e Pós-rifte II (Grupo Exu); além de uma sequência de idade presumidamente paleozoica, Formação Cariri (Assine, 2007). Tais unidades foram geradas em diferentes regimes tectônicos e em condições paleogeográficas distintas com ingressões marinhas registradas na Formação Ipubi (Goldberg *et al.*, 2019) e Romualdo (Melo *et al.*, 2020), o que a configura como uma bacia de evolução poligenética.

SEDIMENTAÇÃO DA FORMAÇÃO BARBALHA, (GRUPO SANTANA)...

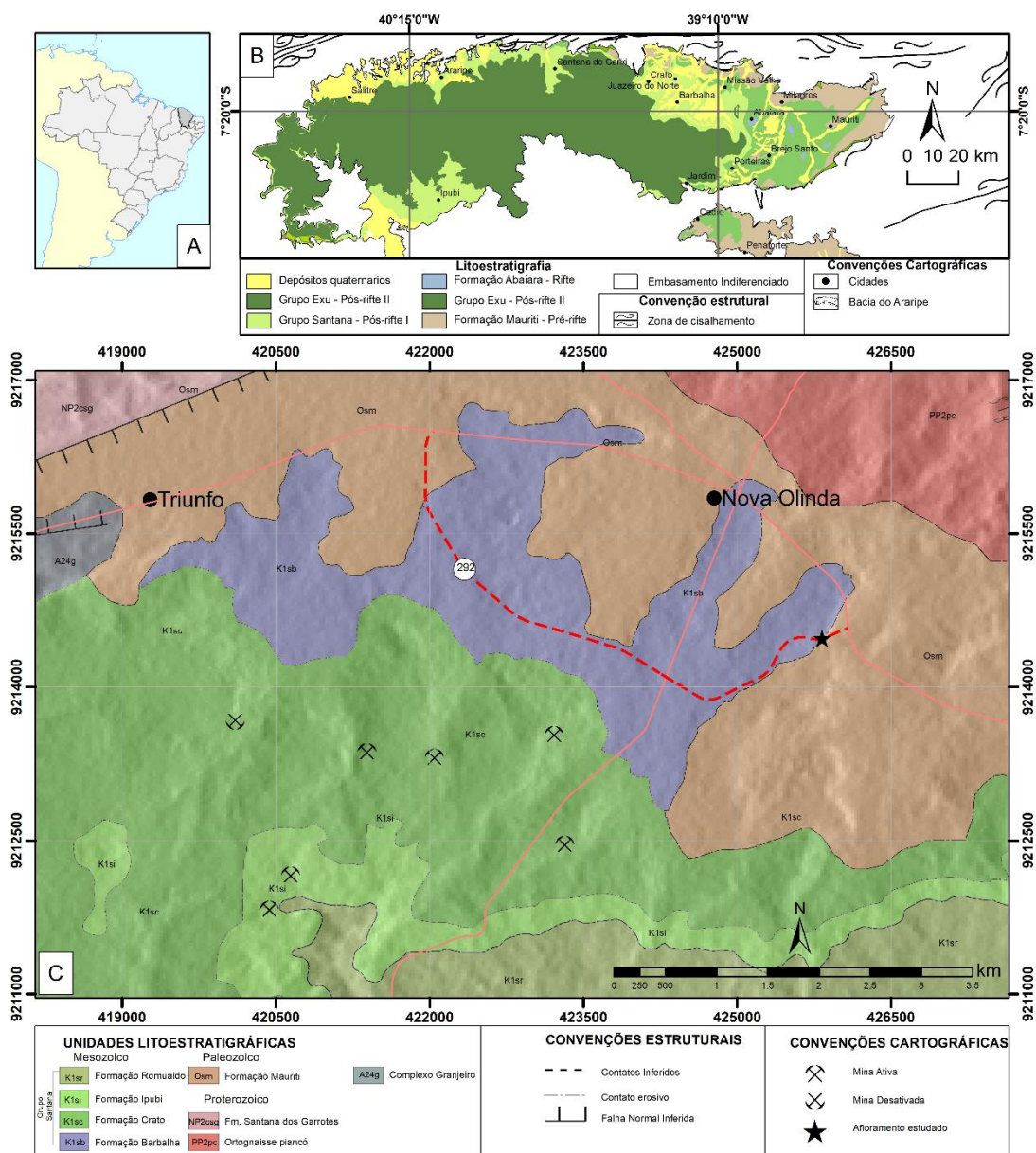


Figura 1 – Mapa de localização do afloramento da Formação Barbalha, borda Norte da Bacia do Araripe. Localização geográfica (A); contextualização geológica regional (B); mapa geológico local (C).

Duas desconformidades internas dividem o Grupo Santana em três seqüências deposicionais distintas (Assine *et al.*, 2014). A primeira, inferior, corresponde ao primeiro ciclo granodecrescente da Formação Barbalha, de conglomerados a arenitos (Assine, 1992) e encerrando-se nas fácies carbonáticas do Membro Fundão (Rios-Netto *et al.*, 2012). A segunda

seqüência, intermediária, corresponde ao ciclo grano decrescente superior da Formação Barbalha, passando pelos folhelhos e calcários laminados da Formação Crato e encerrando-se nos evaporitos da Formação Ipubi, sendo interpretada em sua porção superior como produto de evento transgressivo (+refs). A terceira seqüência, correspondente

litoestratigraficamente à Formação Romualdo, inicia-se com arenitos costeiros e transiciona para arenitos costeiros com influência de maré no topo, constituindo trato de nível de mar alto e registrando o retorno das condições continentais à bacia. O topo do Andar Alagoas na Bacia do Araripe é marcado por uma discordância erosiva regional, sobre a qual jazem os arenitos mesocretáceos da tectonossequência Pós-Rifte II (Grupo Araripe).

De idade barremiana (Lucio *et al.*, 2020), a Formação Barbalha é a primeira unidade da sequência pós-rifte definida por Ponte & Appi (1990). Sua principal ocorrência se dá no Vale do Cariri, tendo sua seção-tipo no Rio da Batateira (Chagas, 2007), registro de dois ciclos fluviais com granodecrescência ascendente, cujos topos são marcados pela presença de intervalos pelíticos-carbonáticos. O primeiro ciclo encerra-se no contato com as Camadas Batateiras (Hashimoto *et al.*, 1987). As camadas caracterizam-se como um intervalo de vasta distribuição horizontal e pouca espessura, sendo caracterizado por folhelhos negros betuminosos, ricos em lâminas carbonáticas algálicas, coprólitos, ostracodes, restos de peixes e fragmentos vegetais carbonificados (+refs).

Por sua vez, o segundo ciclo é caracterizado por arenitos grossos, conglomeráticos e conglomerados, de origem fluvial, que se sobrepõem às Camadas Batateira em contato erosivo regional, representando o início do segundo ciclo deposicional da Formação Barbalha, caracterizado como um sistema de trato de maré alta que sucede um

sistema de trato transgressivo (Assine *et al.*, 2014).

MATERIAIS E MÉTODOS

A análise sedimentológica da Formação Barbalha ocorreu em uma seção de aproximadamente 560m de largura e 20m de espessura, com orientação E-W, localizada a aproximadamente 1km a sudeste da sede de Nova Olinda (CE) (Fig. 1). Neste trabalho foram realizadas as seguintes etapas: (1) levantamento estratigráfico com confecção de seções colunares e aferição de medidas de paleocorrente em estruturas lineares (clastos imbricados) e planares (estratificações cruzadas), de acordo como proposto por Assine (1994) e Marconato (2010); (2) análise faciológica segundo Miall (1996, 2000) (Tabela 1), identificação de litofacies sedimentares segundo Miall (1978) e Walker (1984) e; (3) de elementos arquiteturais (Miall, 1985, 1996 e 1996), que foram auxiliadas com a montagem de painéis fotográficos (Fambrini *et al.*, 2013).

Os dados levantados foram confrontados com modelos de fácies e arquiteturas deposicionais para sistemas de leques aluviais propostos por Postma (1986, 1990) e Gawthrope e Colela (1990). Empregaram-se, ainda, modelos para fácies fluviais de Miall (1977, 1978, 1985 e 1996), fácies de sistemas lacustres de Talbot e Allen (1996) e Cavinato *et al.* (2002) e de fácies de sistemas fluvio-lacustres de Malka *et al.* (2003) e Scherer *et al.* (2007).

Tabela 1 – Código de litofácies de Miall (1978) e Walker (1984) adotado neste trabalho.

Sigla	Litofácies
Ca	Conglomerado com estratificações cruzadas de base acanalada
Cm	Conglomerado maciço
Aa	Arenito com estratificações cruzadas de base acanalada
Ap	Arenito com estratificações cruzadas planares
Al	Arenito com laminações cruzadas cavalgantes
Fl	Argilito laminado

RESULTADOS

Análise faciológica

A partir da análise faciológica foi possível identificar seis diferentes litofácies sedimentares da Formação Barbalha, borda Norte da Bacia do Araripe (Figuras 2, 3, 4 e 5). As unidades da Formação Barbalha estudadas ocorrem depositadas em contato erosivo sobre arenitos de granulometria grossa com estratificações planares de até 2m de espessura, com grãos subangulosos a subarredondados, mal selecionados, bem litificados e níveis conglomerados quartzosos que marcam *sets* métricos de estratificações cruzadas planares. O afloramento também apresenta falha subvertical, de rejeito de aproximadamente 15cm, cuja ausência de estrias impossibilita maior detalhamento cinemáticos. As características litológicas associadas a paleocorrentes com direções preferenciais para ENE caracterizam essas unidades como sendo típicas da Formação Cariri (Batista *et al.*, 2012; 2013; Ponte, 1992; Assine, 2007; Celestino *et al.*, 2020) previamente mapeada

naquela região (Fambrini *et al.*, 2010).

Em contato com essa fácies, detectou-se a existência de um corpo bandado silicoso (Figura 6a), possivelmente sílex, que se apresentava dobrado em algumas porções, mostrando possível estrutura de fluxo ou até mesmo remobilização pós-tectônica (Figura 5c). Além disso, na região de contato entre o corpo e os arenitos conglomeráticos da Formação Cariri, estes últimos mostravam-se intensamente silicificados (Figura 5b).

A complexa história tectônica da Bacia do Araripe abre lacunas para a existência de corpos de maior densidade, formados através de possível atividade de origem magmática ou hidrotermal (Camacho e Oliveira, 2017; Benigno *et al.*, 2021; Celestino *et al.*, 2021), entretanto, apesar da sua natureza distinta em relação às demais fácies aflorantes, se optou também pela exclusão da análise deste corpo deste estudo, uma vez que macroscopicamente o mesmo não apresentava natureza sedimentar.

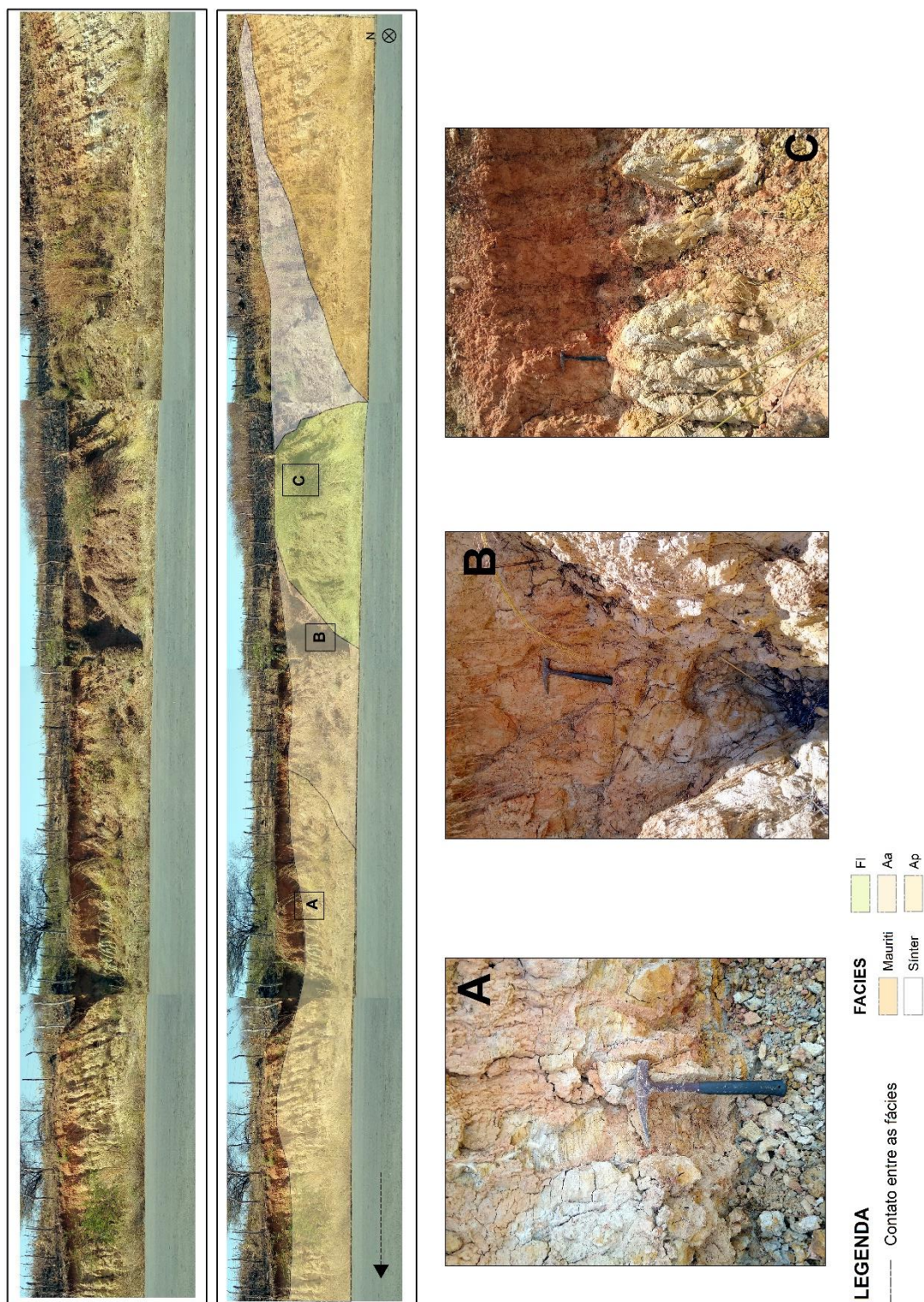


Figura 2 – Sessão estudada em novo corte de estrada na região de Nova Olinda, apresentando quatro litofácies sedimentares estabelecidas no estudo, em contato erosivo sobre arenitos típicos da Formação Cariri, com destaque para (A) detalhe da fácies Aa; (B) detalhe da fácies Ap; e (C) detalhe da fácies Fl.

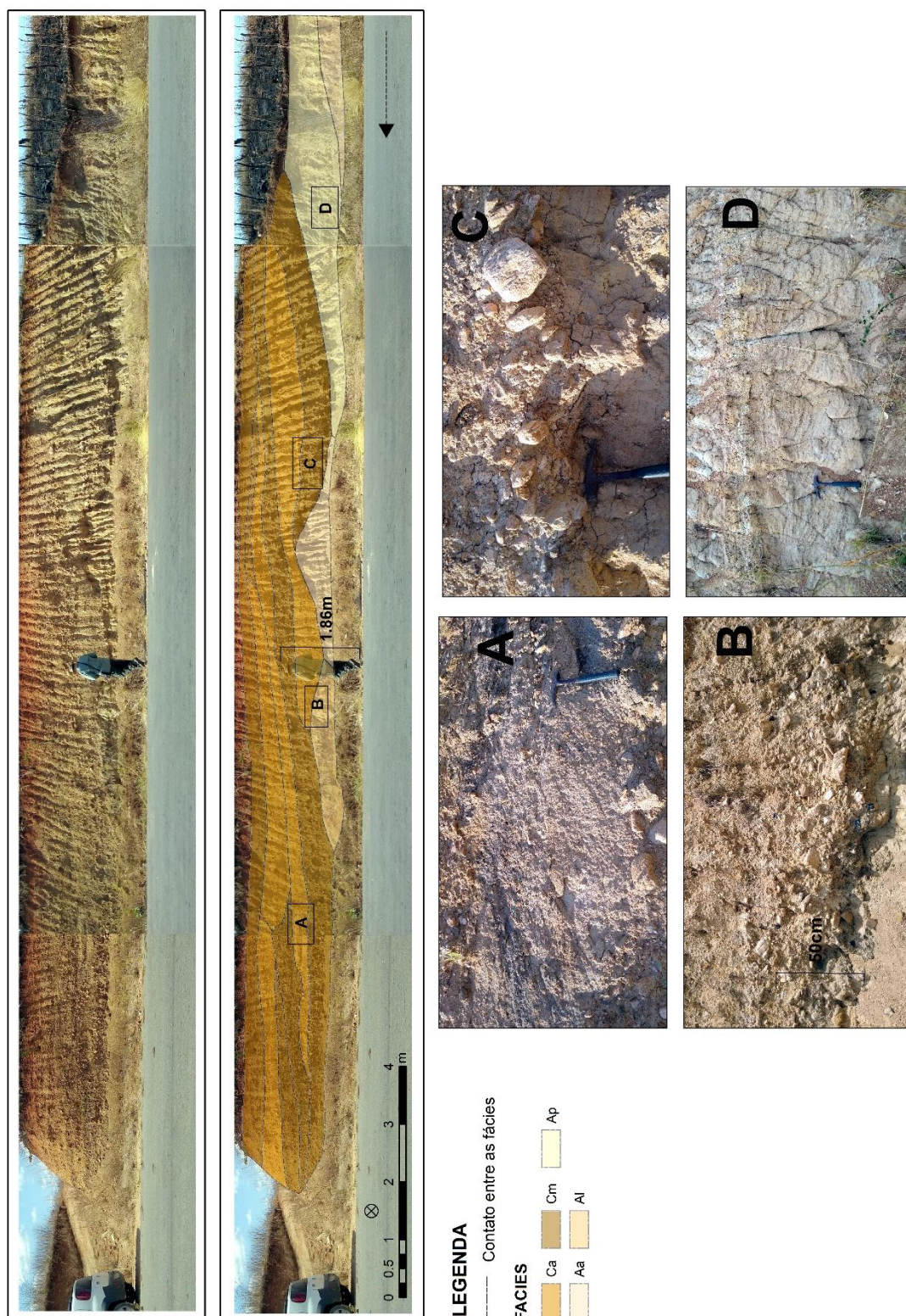


Figura 3 – Pannel fotográfico da sessão estudada, com destaque para (A) interdigitação entre fácies Ca e Cm; (B) contato entre fácies Al e Ca; (C) contato entre fácies Ap e Cm, mostrando imbricação de eixo nos clastos; e (D) fácies Ap.



Figura 4 – Sessão estudada em novo corte de estrada na região de Nova Olinda, continuação devido abertura de estrada vicinal cortando a área de estudo, com detalhe (A) na interdigitação das fácies Ca e Cm, o que mostra a variação do aporte hídrico no sistema.

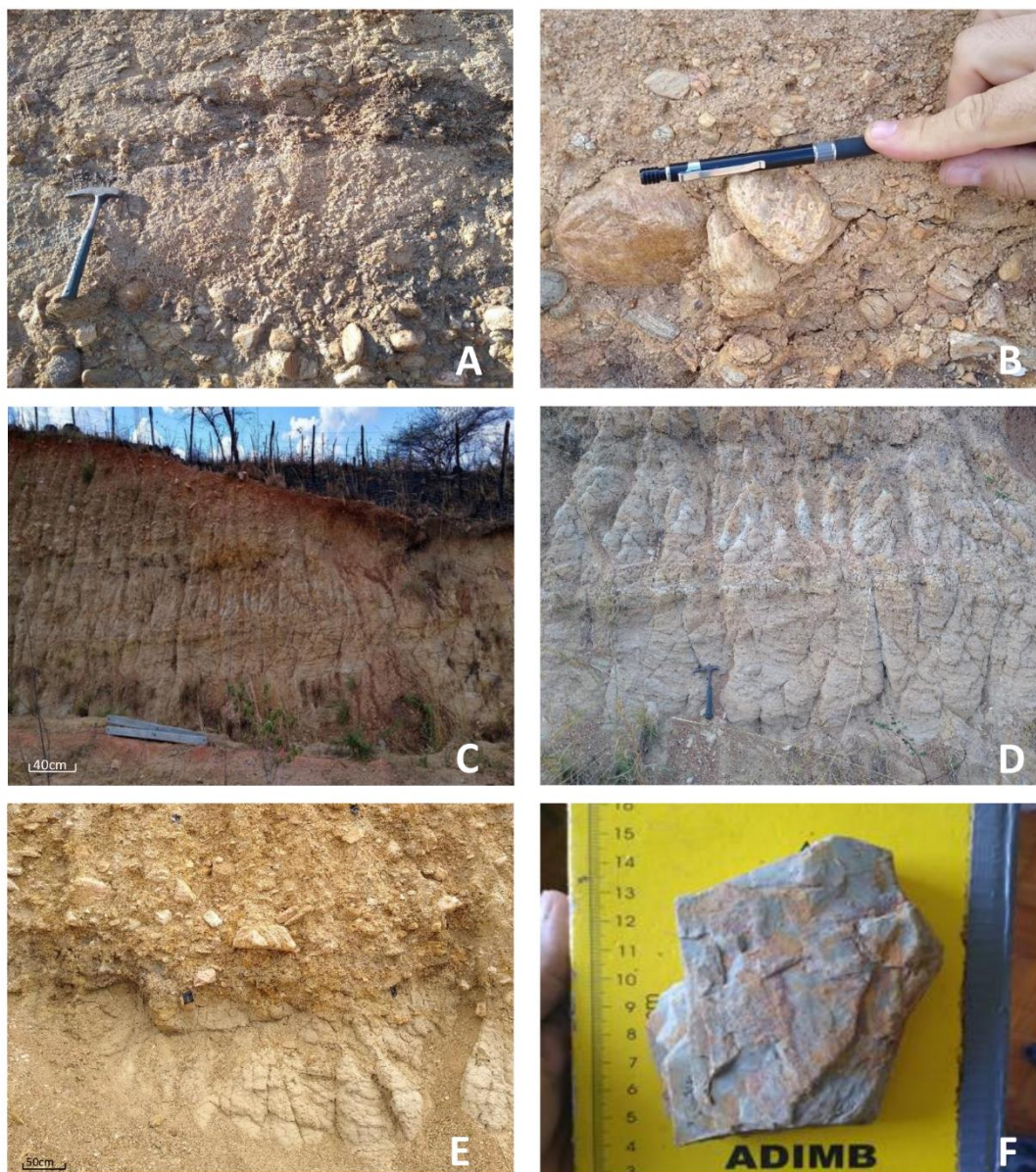


Figura 5 – Litofácies sedimentares estabelecidas na área de estudo: (a) Fácies Ca intercalada entre fácies Cm, mostrando variação no aporte hídrico; (b) Detalhe de imbricação de eixo B na sessão basal da fácies Cm; (c) Sobreposição de conglomerados da fácies Cm sobre arenitos da fácies Aa; (D) Sobreposição de arenitos com estratificação cruzadas acanaladas sobre arenitos com estratificações cruzadas planares; (E) Fácies Al, sobreposta por conglomerados com penetração de clastos nos arenitos; (F) Fl – Detalhe de argilito laminado de coloração esverdeada, indicador de ambiente redutor.

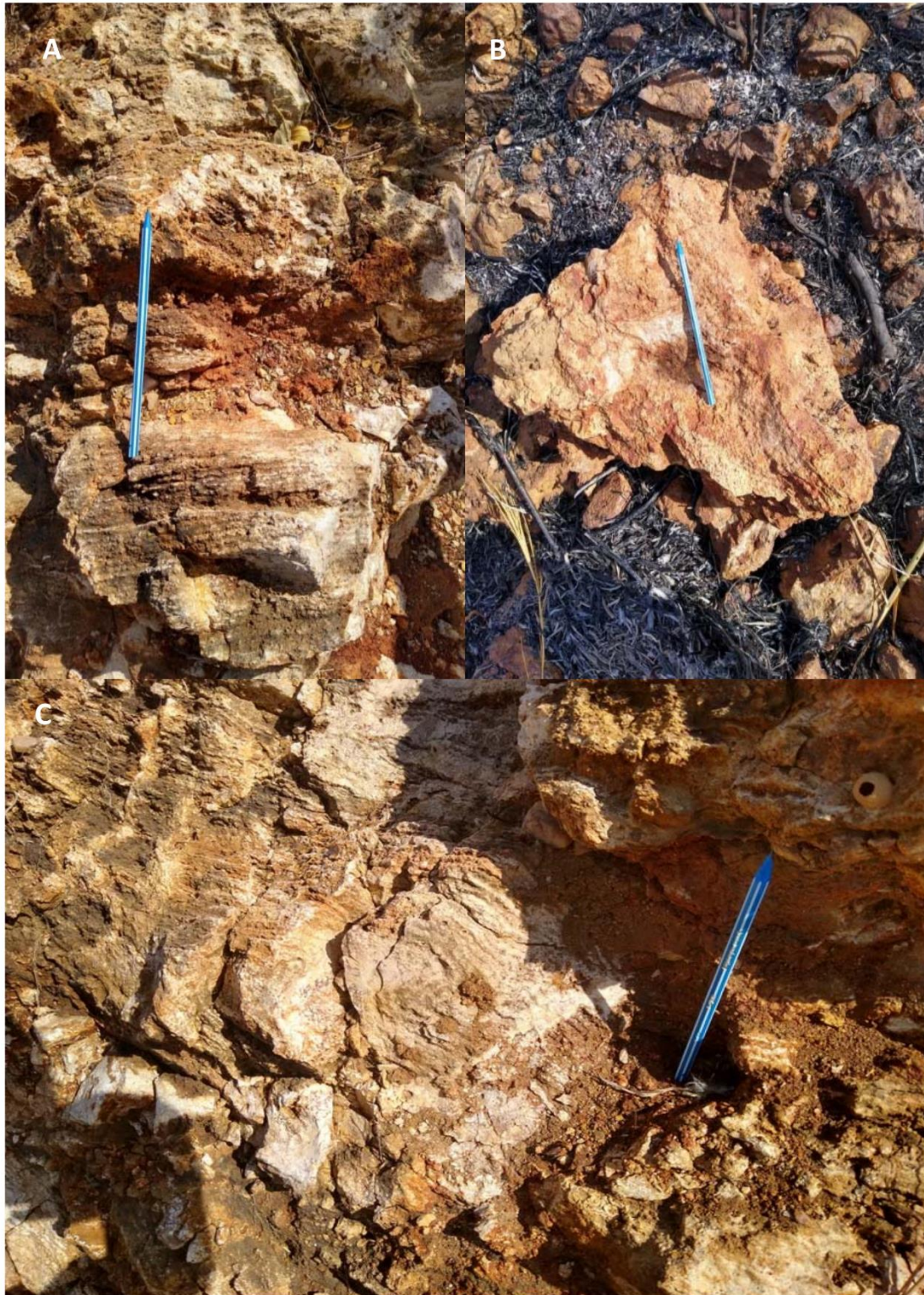


Figura 6 - Arenito silicificado no topo da Formação Cariri. Em (a) temos o corpo em detalhe, em (b) o arenito fortemente silicificado ocorrente no contato em forma de bloco e em (c) detalhe mostrando dobras neste corpo.

Fácies Cm – Conglomerado maciço

A fácies Conglomerado maciço apresentaem geral um aspecto desorganizado, mas podendo apresentar gradação normal, matriz a clasto sustentado com matriz grossa a média, apresentando teor de argila menor que 2%. Esta fácies está disposta em camadas de até 50cm altura, por vezes com geometria externa pobremente canalizada. Esta litofácies ocorre intercalada com a fácies Ca e também sobreposto a fácies Ar. De natureza polimítica, a fácies Cm apresenta principalmente como clastos do arcabouço fragmentos líticos de gnaiss milonitizado (39%), clorita-xisto (28%) e augen gnaiss (12%), mas também de quartzo, seja leitoso (11%) ou milonitizado (15%).

Os grãos ocorrem com grau de arredondamento variável, indo de subarredondados a subangulosos, mal selecionados, com tamanho máximo de 24cm e médio de 9cm, de formato geralmente laminar, e que possuem imbricação de eixo “a” nas porções desorganizadas e de eixo “b” na parte basal, onde também há gradação normal. A análise de paleocorrentes (n=207) para essa fácies indica sentido preferencial para sudoeste, com orientação média de fluxo de 256Az, havendo também significativa contribuição para sudeste. Neste trabalho, estes depósitos foram interpretados como formados através de fluxos gravitacionais pseudoplásticos a hiperconcentrados (Miall, 1978, 1996; Postma, 1986, 1990).

Fácies Ca - Conglomerado com estratificação cruzada acanalada

Essa fácies apresenta paraconglomerados de matriz arcoseana, que apresentam clastos centimétricos (2-14cm) de natureza polimítica, com composição majoritariamente lítica (gnaiss miloníticos, clorita-xisto e augen gnaiss) em sua maioria de formato laminar e que variam de subarredondados a subangulosos. A fácies ocorre com geometria externa de canal e apresenta estratificações cruzadas acanaladas nítidas, de pequeno porte, com espessura menor que 10cm realçadas por clastos dispostos nos estratos frontais. A análise de paleocorrentes (n = 22) indica sentido preferencial para sudoeste, com direção média de 237Az. Esta fácies representa depósitos formados pela migração de dunas subaquosas tridimensionais em regime de fluxo inferior unidirecional, associadas a ambientes de alta energia (Miall, 1978, 1996; Postma, 1986, 1990).

Fácies Ap - Arenito com estratificação cruzada planar

A fácies apresenta arenitos de textura fina, bem selecionados, micáceos e com a presença de intraclastos de nódulos de argila em geometria externa tabular. Apresentam estratificações cruzadas planares em sets decimétricos a métricos bem desenvolvidas, cujas direções de paleocorrentes (n = 22) indicam deposição em sentido preferencial para sudeste, com vetor médio apresentando orientação 123 Az. Os depósitos foram interpretados como sendo de barras transversais de crista reta ou linguóide (Miall, 1978, 1996).

Fácies Aa - Arenito com estratificação cruzada planar

As rochas da fácies Aa constituem-se como arenitos grossos a médios com grânulos/seixos micáceos, mal selecionados, com nódulos argilosos incipientes de coloração esverdeada. Apresentam estratificações cruzadas acanaladas de dimensões centimétricas, ocorrendo em formato lenticular ou tabular. As paleocorrentes medidas ($n = 12$) indicam direção preferencial para sudeste, com vetor médio de fluxo de 147Az. A fácies é interpretada como sendo de depósito de dunas subaquáticas de crista sinuosa (3D) de regime de fluxo inferior, em canais fluviais entrelaçados de carga arenosa, conforme descritas por Miall (1978, 1996).

Fácies Al – Arenito com laminação cruzada

Composta por arenitos finos a médios, micáceos, de coloração acinzentada, mal selecionados, com presença de estruturas de laminação cruzada cavalgante subcrítica com espessura centimétrica, por vezes sendo penetrados por seixos das fácies Cm sobrejacente. As paleocorrentes para essa fácies indicam ($n = 3$) sentido para sudeste, com vetor médio de 147Az. A presença dessas estruturas sedimentares permite interpretar a fácies Al como sendo formada através de depósitos de fluxo

subaquoso de baixa energia em contexto de alto suprimento sedimentar, em regime de fluxo inferior através do desconfinamento de canais pré-existentes por eventos de cheia conforme as litofácies Sr descritas por Miall (1978, 1996).

Fácies Fl - Argilito laminado

Em contato discordante com o corpo silicoso que ocorre sobre a Formação Mauriti e sotoposta na base dos cortes de estrada estudados, a fácies Fl constitui-se como argilito com laminação plano-paralela, pouco desenvolvida, demarcada por níveis esverdeados, coloração esverdeada. O alto mergulho das camadas (20° para W) sugere deformação tectônica pós-deposicional, tendo sido usado como referência para a correção dos sentidos de paleocorrentes medidos nas demais fácies. Os argilitos Fl ocorrem em corpo tabular, com espessura que pode chegar a 2m. Os depósitos foram interpretados como sendo produtos de decantação de sedimentos finos associados a sistemas lacustres redutores (Scherer *et al.*, 2007).

DISCUSSÕES

Interpretação paleogeográfica

A análise estratigráfica usada nesse estudo pode ser feita da base para o topo (Figura 7) a partir do contato com os arenitos conglomeráticos da Formação Cariri.

SEDIMENTAÇÃO DA FORMAÇÃO BARBALHA, (GRUPO SANTANA)...

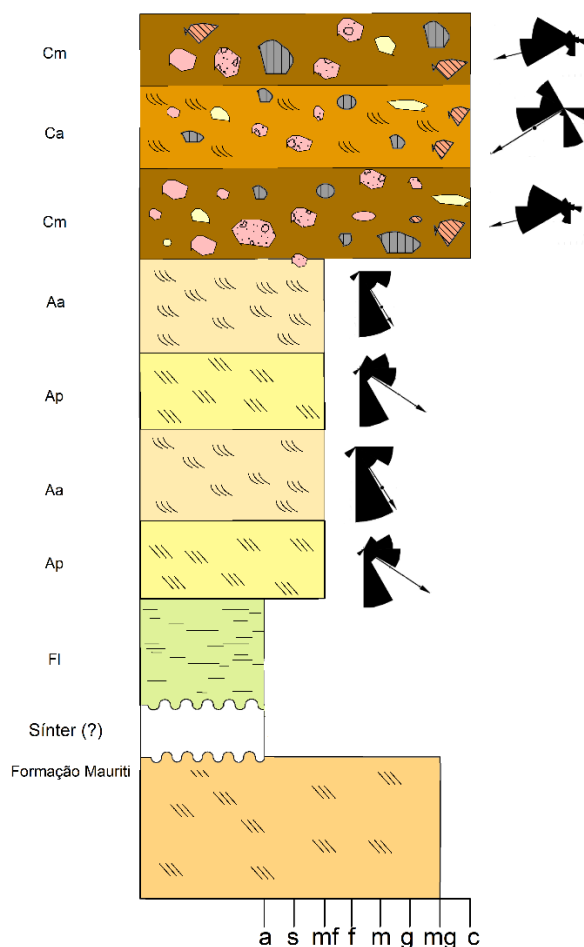


Figura 7 – Seção colunar esquemática das fácies estudadas nesse trabalho, com respectivas direções de paleocorrentes ao lado, assim como o vetor médio paleodeposicional que apresentam uma tendência de mudança de sentido preferencial na deposição dos sedimentos, de SE para SW.

Na seção estudada, rochas sedimentares esverdeadas finamente laminadas como a da fácies Fl implica sedimentação por decantação em condições de águas calmas de ambiente redutor, possivelmente lacustre (Malka *et al.*, 2003; e Scherer *et al.*, 2007).

Por sua vez, a fácies Aa pode ser interpretada como produto de depósito em regime de fluxo inferior, sendo as estruturas sedimentares formadas através da migração de formas de leito tridimensionais (dunas e barras de cristas sinuosas) que ocorrem no interior de canais

fluviais entrelaçados de alta energia (Miall 1977, 1978, 1985 e 1996). Sotoposta, a fácies Ap pode ser interpretada como produto de mesmo regime de fluxo, depósitos de barras transversais de crista reta ou linguoide, sendo a fácies Al, interdigitada, produto de deposição de extravasamento de canal, uma vez que a presença de estruturas de cavalgamento indica sistema deposicional de baixa energia e relativamente alto suprimento sedimentar por decantação (Allen, 1973), onde o fluxo é desconfinado por um evento de cheia,

transbordando os limites do leito e promovendo depósitos episódicos em planícies de inundação (Miall 1977, 1978, 1985 e 1996). A fácies Cm, sotoposta, pode ser compreendida como produto foram sedimentados por processos de fluxos gravitacionais, provavelmente fluxos pseudoplásticos em transporte de alta viscosidade ocupando o leito de canais fluviais arenosos pré-existentes, dada a presença de clastos desta fácies que penetram a fácies Al sobreposta (Postma 1990, 1986). No topo da seção estudada, ocorre a fácies Ca, que pode ser interpretada como depósitos de migração de formas de leito 3D (dunas subaquáticas de cristas sinuosas) em regime de fluxo inferior, dentro de canais fluviais entrelaçados de alta energia (Postma 1990, 1986; Miall 1977, 1978).

A sucessão de fácies apresentada é caracterizada por Postma (1990) como sendo típica de leque aluvial de água rasa do tipo Gilbert. Desta forma, as fácies Ap e Ar podem ser agrupadas como fácies típicas de prodelta, onde ocorrem processos de deslizamento de frentes deltaicas, correntes de densidade e sedimentação semipelágica, enquanto que os arenitos das fácies Aa seriam relacionados aos canais distributários pré-existentes.

Por sua vez, as fácies Ca e Cm podem ser entendidas como sendo fácies de frente deltaica, onde ocorrem processos de deslizamento de massa através de fluxos hiperpicnais (Postma 1990, 1986; Miall 1977, 1978). A ausência de estruturas de exposição subaérea, como gretas de ressecamento, nas fácies Fl indica que esses sedimentos registram a presença de um corpo aquoso redutor pré-

existente sobre o qual o sistema progradou (Scherer *et al.*, 2007).

A mudança gradacional entre essas duas fácies são indícios do aumento de contribuição hídrica/climática ao sistema na fácies Ca, o que é corroborado pela presença de estruturas de migração de leito e pelo aumento do teor de areia na matriz. Depósitos de fluxo de massa dependem de alto teor de energia para que ocorram, assim, essa variação é interpretada neste trabalho como sendo aumento na contribuição hídrica (fácies Ca), que causou fluidificação do fluxo de detritos formado após um pulso tectônico (fácies Cm) (Postma, 1986). Este pulso pode ser associado a reativação das estruturas pré-cambrianas da ZCP, localizada há poucos quilômetros da seção de estudo e onde aflora o Terreno Piancó-Alto Brígida, que possui entre seus litotipos uma parte substancial dos litoclastos (79%) estudados nas fácies conglomeráticas (e.g., Celestino *et al.*, 2020; 2021; Alencar *et al.*, 2021).

O pulso tectônico, responsável pela energia cinética que sedimentou a fácies Cm contribuiu com que o fluxo de massa ocupasse canais fluviais pré-existentes ainda ativos, uma vez que há imbricação de eixo “b” na base dessa fácies, além da penetração de clastos na fácies Ar sobreposta. A pré-existência dos canais fluviais que foram ocupados pelos conglomerados somados à mudança no sentido de paleocorrentes entre as fácies conglomeráticas (WSW) e areníticas (SSE) indica diferentes contribuições na sedimentação do sistema, sendo, assim, o modelo deposicional formado por um canal fluvial pré-existente ocupado posteriormente formados por processos gravitacionais.

Considerações estratigráficas

Fandeltas formados sob influência tectônica são característicos de borda de bacias do tipo rifte (Gawthrope e Colela, 1990). Esse tipo de geometria sedimentar ocorre comumente nas bacias intraplaca do NE do Brasil (Matos, 1999). Entretanto, fácies correspondentes a este tipo de sistema deposicional não haviam sido mapeadas até então na região da Bacia do Araripe (Chagas, 2007). Depósitos de alta energia, seja de fluxos gravitacionais, seja de canais

fluviais são descritos em todas as sequências deposicionais da Bacia do Araripe. Entretanto, tomando-se a direção de paleocorrentes dos sistemas fluviais entrelaçados pré-existentes, registrados pelas fácies Aa, Ap e Al, como sendo o *trend* regional da bacia no momento da sedimentação, uma vez que a direção de paleocorrentes dos sistemas gravitacionais (fácies Ca e Cm) está diretamente associada ao posicionamento geográfico dos depósitos quanto à ZCP (Gawthrope e Colela, 1990) (Figura 8).

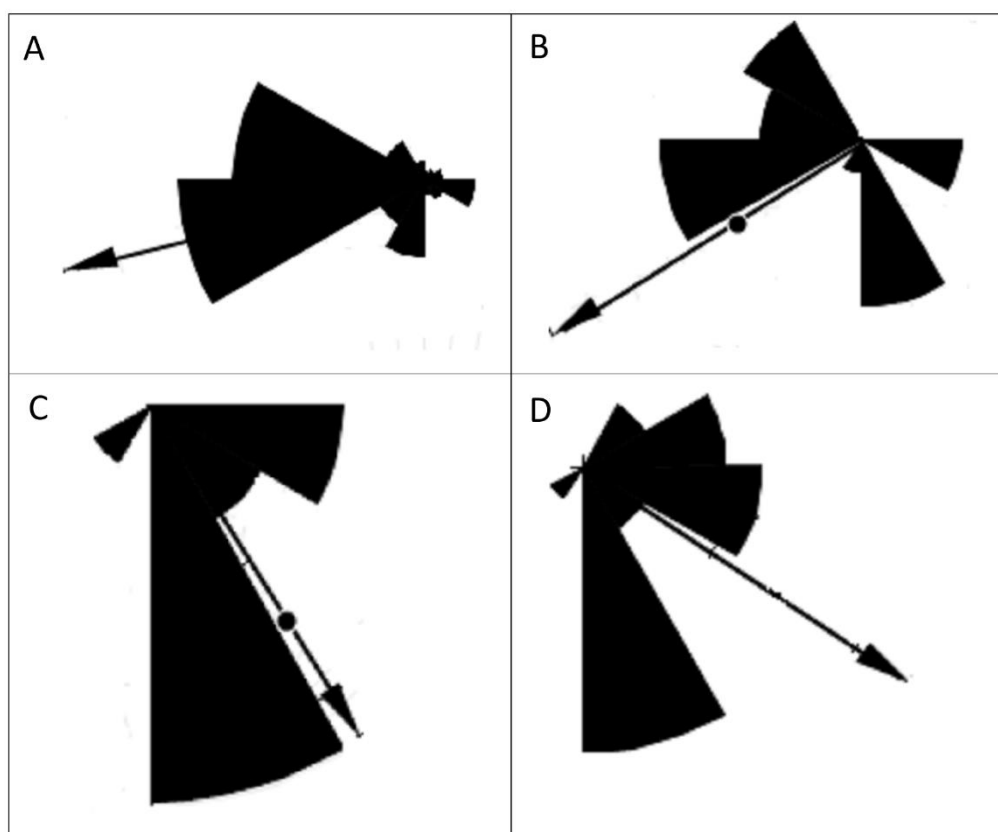


Figura 8 – Direções de paleocorrentes medidas na área de estudo nas fácies (A) Cm (n = 207); (B) Ca (n = 22); (C) Aa (n = 12) e (D) Ap (n = 22).

É possível correlacionar estratigraficamente que as unidades em questão se tratam de contemporâneas à Formação Barbalha (Aptiano Superior) devido a direção de paleocorrentes preferencial para SSE, conforme os dados levantados por Assine (1994) em afloramentos na região do Vale do Cariri. Além disso, a bacia lacruste de águas rasas e caráter redutor, registrada pelos argilitos laminados da fácies FI, sobre a qual houve progradação tanto do sistema de leques aluviais quanto do sistema fluvial, pode ser interpretada como parte da Formação Crato (Neumann *et al.*, 2003). A inexistência de discordâncias na área de estudo, bem como a proximidade dos depósitos com afloramentos da Formação Crato (Figura 1) prevê que os conglomerados se tratam como parte do segundo ciclo de sedimentação da Formação Barbalha (Neumann e Assine, 2015).

Santos *et al.* (2017) registraram a existência de interdigitação lateral ao menos entre a base da Formação Crato e o topo da Formação Barbalha, registro de uma progradação do *largesttaten* Crato, hipótese corroborada por Neumann (1999) e Scherer (2015) devido à ausência de discordâncias regionais significativas entre a Formação Barbalha e Crato.

Além disso, é importante, também, ressaltar que Alencar *et al.* (2021), mostraram registro eventos tectônicos sindeposicionais aos carbonatos da fácies C6 da Formação Crato (Neumann 1999; Benigno *et al.* 2020). Celestino *et al.* (2021) dataram com U-Pb a deformação rúptil de brechas carbonáticas da Formação Crato, entre o Cenomaniano e Campaniano, fase pós-rifte da Bacia do Araripe.

Assim, no presente estudo as características estratigráficas apresentadas pela seção estudada permitem interpretar uma possível conexão lateral entre sistemas lacrustes e sistemas fluvio-lacrustes siliciclásticos. As rochas siliciclásticas que compõe esses sistemas teriam sido formadas a partir de leques aluviais existentes à nordeste nas proximidades de um sistema fluvial entrelaçado cujo *trend* regional da época da sedimentação era SSE, que, por sua vez, confluía para um sistema lacruste de caráter redutor.

CONCLUSÕES

Baseado na análise integrada dos sistemas deposicionais da Formação Barbalha, borda Norte da Bacia do Araripe,, é possível concluir que:

- 1 – A sucessão faciológica indica a contemporaneidade através da interdigitação lateral entre sistemas de leques aluviais, sistemas fluviais e sistemas lacrustes de caráter redutor na área de estudo devido a diferença de paleocorrentes entre as fácies areníticas (SSE) e conglomeráticas (WSW) e a inexistência de estruturas de exposição subaéreas e contato brusco entre a fácies Ap e FI;
- 2 – As mudanças nos sentidos de paleocorrentes entre as fácies areníticas (SSE) e conglomeráticas (WSW) pode estar associada às diferenças de *trend* deposicional regional da bacia (arenitos) e local (conglomerados), uma vez que essas ocorrem ocupando canais distributários pré-existentes (penetração de clastos da fácies Cm sobre arenitos das fácies Ar);
- 3 – A existência de atividade tectônica na Bacia do Araripe no período pós-rifte, devido a existência

de processos gravitacionais de fluxos de massa referentes a leques aluviais (tipo Gilbert) representados pelas fácies Ca e Cm com direção de paleocorrentes para WSW.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Márcio Lima *et al.* Soft-sediment deformation structures in Aptian lacustrine laminites: Evidence of post-rift paleoseismicity in the Araripe basin, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 105, p. 102955, 2021.
- ALLEN, J. R. L. (1973). A classification of climbing ripple cross lamination. *Journal of the Geological Society*, 129, 537-541.
- ARAI, Mitsuru; ASSINE, Mario Luis. Chronostratigraphic constraints and paleoenvironmental interpretation of the Romualdo Formation (Santana Group, Araripe Basin, Northeastern Brazil) based on palynology. *Cretaceous Research*, v. 116, p. 104610, 2020.
- ASSINE, Mario L. Análise estratigráfica da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 22, n. 3, p. 289-300, 1992.
- ASSINE, M. L. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista de Geociências*, 24(4): 223-232, 1994.
- ASSINE, M.L. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*. v. 15, n. 2, p.371-389, 2007.
- ASSINE, M.L.; PERINOTTO, J.A.J.; CUSTÓDIO, M.A.; NEUMANN, V.H.; VAREJÃO, F.G.; MESCOLOTTI, P.C. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*. v. 22, n. 1, p. 3-28, 2014.
- BATISTA, Z. V., AGOSTINHO, S. M. O., LIMA-FILHO, M. F., VIEIRA, M. M., FREITAS, W. R. A. (2013). Associação de Fácies e Sistemas Depositionais da Formação Cariri, parte leste da Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos*, 23(2), 45-58. Disponível em:
- BENIGNO, A. P. A., SARAIVA, A. Á., SIAL, A. N., & LACERDA, L. D. (2021). Mercury chemostratigraphy as a proxy of volcanic-driven environmental changes in the Aptian-Albian transition, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 107, 103020.
- BRITO NEVES, Benjamim Bley de; SANTOS, EJ dos; VAN SCHMUS, Williams Randall. Tectonic history of the Borborema Province. *Tectonic Evolution of South America*, v. 31, p. 15, 2000.
- CAMACHO, C. R., & de OLIVEIRA, F. R. F. R. (2017). O arcabouço estrutural da Bacia Sedimentar do Araripe, Província Borborema, baseado em dados aeromagnetométricos. *Geologia USP. Série Científica*, 17(3), 149-161.
- CLAES, H., MIRANDA, T., FALCÃO, T. C., SOETE, J., MOHAMMADI, Z., ZIEGER, L., ... & SWENNEN, R. (2021). Model for calcite spherulite formation in organic, clay-rich, lacustrine carbonate shales (Barbalha Formation, Aptian, Araripe Basin, NE

- Brazil). *Marine and Petroleum Geology*, 128, 104988.
- CELESTINO, M. A. L., de MIRANDA, T. S., MARIANO, G., ALENCAR, M. L., Buckman, J., ROBERTS, N. M., ... & Roemers-Oliveira, E. (2021). Structural control and geochronology of Cretaceous carbonate breccia pipes, Crato Formation, Araripe Basin, NE Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 105190.
- CHAGAS, D. B.; ASSINE, M. L.; FREITAS, F. I. Facies sedimentares e ambientes deposicionais da Formação Barbalha no vale do Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 26, n. 4, p. 313-322, 2007.
- CAVINATO, G. P., CARUSI, C., DALL'ASTA, M., MICCADEI, E., PIACENTINI, T. (2002). Sedimentary and tectonic evolution of Plio–Pleistocene alluvial and lacustrine deposits of Fucino Basin (central Italy). *Sedimentary Geology*, 148(1-2), 29-59.
- DE MORAES RIOS-NETTO, A., de PAULA-FREITAS, A. B. L., de SOUZA CARVALHO, I., REGALI, M. D. S. P., BORGHI, L., & de FREITAS, F. I. (2012). Formalização estratigráfica do Membro Fundão, Formação Rio da Batateira, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 42(2), 281-292.
- FAMBRINI, G.L.; SILVA FILHO, W.F.; LEMOS, D.R.; SILVESTRE, D.C.; ARAÚJO J.T.; MENEZES FILHO, J.A.B.; TESSER JUNIOR, S.; NEUMANN V.H.M.L. Análise tectonossedimentar das fases início de rifte e clímax de rifte da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *GEOLOGIA USP. SÉRIE CIENTÍFICA*, v. 19, p. 205-236, 2019.
- GAWTHORPE, R.L. and COLELLA, A., 1990. Tectonic controls on coarse-grained delta depositional systems in rift basins. In: A. Colella and D.B. Prior (Editors), *Coarse-Grained Deltas. Int. Assoc. Sedimentology Spec. Pub.*, 10: 113-127.
- GOLDBERG, K., PREMAOR, E., BARDOLA, T., & SOUZA, P. A. (2019). Aptian marine ingression in the Araripe Basin: Implications for paleogeographic reconstruction and evaporite accumulation. *Marine and Petroleum Geology*, 107, 214-221.
- HASHIMOTO, A. T., APPI, C. J., SOLDAN, A. L., & CERQUEIRA, J. R. (1987). O neo-Alagoas nas bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. *Revista Brasileira de Geociências*, 17(2), 118-122.
- LÚCIO, Thales, JOÃO ADAUTO SOUZA NETO, and DAVID SELBY. "Late Barremian/Early Aptian Re–Os age of the Ipubi Formation black shales: Stratigraphic and paleoenvironmental implications for Araripe Basin, northeastern Brazil." *Journal of South American Earth Sciences* 102 (2020): 102699.
- MARCONATO, A. A influência da evolução de altos estruturais em sucessões aluviais: exemplos do Ediacariano e do Cambriano da Bacia do Camaquã (RS). Instituto de

- Geociências, *Universidade de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, 85p., Anexos (2 artigos), 2010.
- MALKA, M., OLSEN, P. E., CHRISTIE-BLICK, N. (2003). Lacustrine facies typology in the Triassic-Jurassic rifts of eastern North America and Greenland compared to that of the Eocene Green River Formation of Wyoming. Northeastern Section - 38th Annual Meeting (March 27- 29, 2003). *The Geological Society of America (GSA)*, Session No. 6--Booth# 35.
- MATOS, Renato M. Darros. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 153, n. 1, p. 55-73, 1999.
- MELO, R. M., GUZMÁN, J., ALMEIDA-LIMA, D., PIOVESAN, E. K., NEUMANN, V. H. D. M. L., & SOUSA, A. D. J. (2020). New marine data and age accuracy of the Romualdo Formation, Araripe Basin, Brazil. *Scientific reports*, 10(1), 1-15.
- MIALL, A.D., 1977. A review of braided river depositional environments. *Earth Sci. Rev.*, 13: 1-62.
- MIALL, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: A.D. Miall (Editor), *Fluvial Sedimentology*. Can. Soc. Pet. Geol. Mem., 5: 597-604.
- MIALL, A.D.; 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. In: R.M. Flares, *et al.* (Editors), Recognition of Fluvial Depositional Systems and their Resource Potential. *Sot. Econ. Paleontol. Mineral., Lect. Note*, 19: 33-81.
- MIALL, A. D. 1996. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology. Berlin: Springer.
- MIALL, A. D. (2000). Principles of sedimentary basin analysis (3rd ed.). New York: Springer-Verlag.
- NEUMANN, V. H. M. L. (1999). Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptienses Albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil). Tesis (Doctorado). Barcelona: *Universidad de Barcelona*.
- NEUMANN, V. H.; CABRERA, Luis. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, noreste de Brasil. *Boletim do*, v. 5, p. 279-285, 1999.
- PONTE, F. C. (1996). Arcabouço estrutural da Bacia do Araripe. *IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, v. único, 169-177. Águas de São Pedro: UNESP/IGCE.
- PONTE, F. C. & APPI, C. J. Proposta de Revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 26, 1990, Natal. Anais... Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990. v. 1, p. 211-226.
- PONTE, Francisco Celso; PONTE-FILHO, Francisco Celso. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. **Recife: DNPM**, v. 4, 1996.

- POSTMA, G., 1986. Classification for sediment gravity-flow deposits based on flow conditions during sedimentation. *Geology*, 14: 291-294.
- POSTMA, G., 1990. Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis. In: A. Colella and D.B. Prior (Editors), Coarse-grained Deltas. Int. Assoc. *Sedimental. Spec. Publ.*, 10: 13-27.
- RIBEIRO, Alexandre Cunha et al. Towards an actualistic view of the Crato Konservat-Lagerstätte paleoenvironment: A new hypothesis as an Early Cretaceous (Aptian) equatorial and semi-arid wetland. *Earth-Science Reviews*, p. 103573, 2021.
- READING, H. G. (Ed.) (1996). *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. New Jersey: Blackwell Science.
- SANTOS, F. H.; AZEVEDO, J.M.; NASCIMENTO Jr., D.R.; SOUSA, A.C.B; MENDES, M.; BEZERRA, I.; LIMAVERDE, S. Análise de Fácies e Petrografia de uma Seção do Membro Crato em Nova Olinda (CE): Contribuições à História Depositional e Diagenética do Neoaptiano na Bacia do Araripe, Revista do Instituto de Geociências - USP, *Série Científica*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 3-18, 2017.
- SELLEY, R. C. (1970). *Ancient sedimentary environments*, 237 p. London: Chapman & Hall.
- SCHANLEY, K. W., MCCABE, P. J. (1994). Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *AAPG Bull.*, 78, 544-568.
- SCHERER, C. M. S., LAVINA, E. L. C., DIAS-FILHO, D. C., OLIVEIRA, F. M., BONGIOLO, D. E., AGUIAR, E. S. (2007). Stratigraphy and facies architecture of the fluvial-aeolianlacustrine Sergi Formation (Upper Jurassic), Recôncavo Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 194, 169-193.
- SCHERER, C. M. S., GOLDBERG, K., BARDOLA, T. (2015). Facies architecture and sequence stratigraphy of an early post-rift fluvial succession, Aptian Barbalha Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Sedimentary Geology*, 322, 43-62.
- TALBOT, M. R., ALLEN, P. A. (1996). Lakes. In: H. G. Reading (Ed.), *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy* (83-124). New Jersey: Blackwell Science.
- WALKER, R. G. (1984). Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: R. G. Walker, N. P. James (Eds.), *Facies Models: response to sea level change*. Geotext 1 (1-14). Waterloo, Ontario: *Geological Association of Canada*.
- WALKER, Roger G. Facies model: response to sea level change. *Geol. Asso. Canada*, v. 409, 1992.