

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

DIEGO DA CUNHA SILVESTRE

**ESTRATIGRAFIA DA FORMAÇÃO ABAIARA, BACIA DO ARARIPE, NORDESTE  
DO BRASIL: arquitetura de fácies, estratigrafia de sequências e sistemas  
deposicionais**

Recife

2023

DIEGO DA CUNHA SILVESTRE

**ESTRATIGRAFIA DA FORMAÇÃO ABAIARA, BACIA DO ARARIPE, NORDESTE  
DO BRASIL: arquitetura de fácies, estratigrafia de sequências e sistemas  
deposicionais**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Geociências. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini

Coorientador: Prof. Dr. Alcides Nobrega Sial

Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente

Recife

2023

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Silvestre, Diego da Cunha.

Estratigrafia da Formação Abaiara, Bacia do Araripe, Nordeste Do Brasil: arquitetura de fácies, estratigrafia de sequências e sistemas deposicionais / Diego da Cunha Silvestre. - Recife, 2023.

109 f.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de PósGraduação em Geociências, 2023.

Orientação: Gelson Luís Fambrini.

Coorientação: Edion Vicente.

Coorientação: Alcides Nobrega Sial.

1. Formação Abaiara; 2. Elementos Arquitetônicos; 3. Estratigrafia de Sequências. I. Fambrini, Gelson Luís. II. Vicente, Edion. III. Sial, Alcides Nobrega. IV. Título.

UFPE-Biblioteca Central

**DIEGO DA CUNHA SILVESTRE**

**ESTRATIGRAFIA DA FORMAÇÃO ABAIARA, BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL: arquitetura de fácies, estratigrafia de sequências e sistemas deposicionais**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor(a) em Geociências. Geologia Sedimentar e Ambiental.

Aprovada em: 10/02/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Cláudio Riccomini (Examinador Externo)  
Universidade de São Paulo

---

Dr. Felipe Torres Figueiredo (Examinador Externo)  
Universidade Federal de Sergipe

---

Dr. Mário Ferreira de Lima Filho (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Dr. Renato Paes de Almeida (Examinador Externo)  
Universidade de São Paulo

---

Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho (Examinador Externo)  
Universidade Federal do Ceará

## RESUMO

A Bacia do Araripe, referência de registro sedimentar e paleontológico entre as bacias interiores na Região Nordeste do Brasil, tem sua origem e evolução tectonoestratigráfica intimamente ligada ao evento do rift do Gondwana Ocidental. Evento este que resultou na abertura do Oceano Atlântico e a origem das bacias marginais do Leste brasileiro e Oeste Africano. Dentro do contexto estratigráfico da Bacia do Araripe, observa-se uma vasta similaridade (litológicas e morfológicas) entre algumas unidades das tectonosequências Início e Clímax de rifte, razão pela qual as Formações Brejo Santo e Abaiara são confundidas em campo. Dessa forma, a Formação Abaiara, sob os métodos da Sedimentologia, Estratigrafia, Petrografia sedimentar, Micropaleontologia e áreas afins, foi estudada com o objetivo de fomentar dados que a diferenciasses das demais unidades que a margeiam. Assim, foram evidenciados corpos pelítico-arenosos, apresentando granocrescência ascendente, divididos em conjuntos de sedimentos compostos pelas fácies: Conglomerados maciços (Gcm) e estratificados (Gt), Arenitos conglomeráticos (Scg), com estratificação cruzada acanalada (St), com estratificação cruzada tabular (Sp), com estratificação horizontal (Sh), laminados (Sl), maciços (Sm), com laminação cruzada cavalgante (Scr), com estratos deformados (Sd) e Arenitos muito finos laminados com siltitos e argilitos (pacotes heterolíticos) (Fsm), Argilitos maciços (Fm) e Argilitos laminados (Fl). Estas fácies se dispuseram segundo conjuntos que se relacionam vertical e horizontalmente segundo elementos arquitetônicos de Canais (CH), Espriamento de *Crevasse* (CS), Barras Arenosas (SB), Acreção a Jusante (DA), Acreção Lateral (LA), Arenitos em lençol (LS) e Planície de inundação (FF). Adicionadas as lâminas petrográficas concluiu-se que a Formação Abaiara tem diferenciação frente a unidade pelítica da tectonosequência Início de Rifte (Formação Brejo Santo) pela ausência de componentes carbonáticos nos arenitos presentes dentre as associações de fácies pelíticas da Formação Abaiara. Foram observadas apenas a ocorrência de pseudo matriz carbonática provenientes de alteração pós-diagenética de feldspatos. Análises micropaleontológicas apontaram a ausência de fauna ostracode similar à biozona típica do Andar Dom João, presente na Fm. Brejo Santo. Este conjunto de evidências e suas correlações espaciais permitem a singularização das duas unidades de acordo com suas características marcantes.

Decorrente do levantamento estratigráfico, foi interpretado para a unidade de interesse um sistema de sedimentação composto, derivado de um conjunto de sistemas flúvio-meandrante – entrelaçado para o topo. Retratados por um empilhamento onde denota registro de padrões de vastas planícies de inundação cortadas por rios meandranes, na base da unidade que são sobrepostos por um sistema de alta energia com barras cascalhosas e sedimentos grossos em fluxos de alta energia de sistemas fluviais entrelaçados.

**Palavras-Chave:** Formação Abaiara, Elementos Arquitetônicos, Estratigrafia de Sequências.

## ABSTRACT

The Araripe Basin, sedimentary and paleontological record reference among the internal basins of the Northeast Region of Brazil, has origin and tectonostratigraphic evolution closely linked to the West Gondwana rift event. This event resulted in the opening of the Atlantic Ocean and origin west African and east Brasil marginal basins. The Baixa do Araripe stratigraphic context is a vast similarity (lithological and morphological) between some units of tectonosequences Beginning and Climax Rift, reason why the Brejo Santo and Abaiara Formations are confused in the work field. Thereby, under the methods of Sedimentology, Stratigraphy, Sedimentary Petrography, micropaleontology and similar areas, studied the Abaiara Formation with the objective of building data that would differentiate it from the other units that border it. Thus, pelitic-sandy bodies were evidenced, showing coarsening upward, composed by sediments divided by set facies: Massive conglomerates (Gcm) and trough cross-stratification (Gt), conglomeratic sandstones (Scg), with trough cross-stratification (St), with planar cross-stratification (Sp), with horizontal stratification (Sh), laminated (Sl), massive (Sm), with climbing-ripples cross-lamination (Scr), with deformed stratification (Sd) and very fine sandstones with siltstones and claystones (heterolytic packages) laminated (Fsm), massive claystones (Fm) and laminated claystones (Fl). These facies were disposed according to sets that relate vertically and horizontally to architectural elements of Channels (CH), Crevasse Splay (CS), Sand Bars (SB), Downstream Accretion (DA), Lateral Accretion (LA), Sheet Sandstones (LS) and Floodplain (FF). Added the petrographic blades, was concluded that the pelitic units from Abaiara Formation differs to the units of the Early Rift tectonosequence (Brejo Santo Formation) to the absence of carbonate components in sandstones among the pelitic facies associations of the Abaiara Formation. Only the occurrence of pseudomatrix carbonate from post-diagenetic feldspars alteration was observed. Micropaleontological analyzes show the absence of ostracod fauna similar to the Andar Dom João typical biozone, present in Fm. Brejo Santo. This evidences and its spatial correlations enable the singularization of the two units according to their outstanding characteristics. As a result of the stratigraphic survey, a composite sedimentation system was interpreted for the unit of interest, derived from a set of meandering-braided fluvial systems, from base to the top. Depicted by a stacking

which denotes record patterns of vast floodplains cut by meandering rivers, at the base of the unit which are overlaid by a high energy system with gravel bars and coarse sediments in high energy flows of braided fluvial system.

**Keywords:** Abaiara, Facies Analysis, Architectural Elements.

## Lista de Ilustrações

Figura 1 -	Mapa de Localização da área de estudo e os municípios próximos aos afloramentos. Centros municipais em vermelho hachurado; Floresta Nacional do Araripe em verde. Fonte: Waze Word from Qgis) (UTM-24M-WGS84).	14
Figura 2 -	Imagem de satélite da área de interesse. (Fonte: plataforma Google Earth Pro (Dezembro/2019) (UTM-24M-WGS84).	16
Figura 3 -	Mapa de Imagens SRTM da área de estudo (Cartas: SB-24-Y-D e SB-24-Z-C). Legenda: escala altimétrica (m) em função do gradiente de cor. (Fonte: Plataforma digital INPE-TOPODATA) (UTM-24M-WGS84).	17
Figura 4 -	Quadro demonstrativo de aspectos utilizados para classificação de fácies a depender dos caracteres utilizados para delimitação das unidades.	19
Figura 5 -	Quadro esquemático de definição do código de litofácies baseado nos conceitos de Miall (1996).	20
Figura 6 -	Elementos arquitetônicos	21
Figura 7 -	Seção colunar exemplificando a reconstrução do empilhamento sedimentar e da correlação vertical das fácies.	23
Figura 8 -	Série de Goldich: Relação estabilidade mineralógica versus velocidade de reação aos processos intempéricos.	25
Figura 9 -	Diagrama ternário de Folk (1968) para classificação de rochas siliciclásticas.	27
Figura 10 -	Esboço dos principais elementos tectônicos da Província de Borborema (principalmente baseados em esquemas anteriores de Brito Neves et al. 2000, 2008), exibindo: (A) Noroeste da província (Médio Coreaú – MCO), a oeste da Linha Kandi-Transbrasiliiano; (B) domínios norte, ao norte da Linha Patos (Centro do Ceará, Orós-Jaguaribe, Rio Grande do Norte); (C) subprovinça central – Zona Transversal, entre os lineamentos de Patos (LPT) e Pernambuco (LPE); (D) subprovinça sul, Pernambuco-Alagoas (PEAL) superterrenos e os cinturões	29

	marginais para a periferia norte de São Francisco Craton (SFC):Sergipano (SE), Riacho do Pontal (SRP) e Rio Preto (RP).	
Figura 11 -	Bacia do Araripe – localização na Região Nordeste em relação às bacias do interior do Nordeste Oriental.	30
Figura 12 -	Carta estratigráfica da Bacia do Araripe com demarcação da unidade de interesse.	31
Figura 13 -	Formação Brejo Santo - Perfil litológico típico da unidade. (Modificado de Fambrini et al., 2020).	35
Figura 14 -	Sequências da Formação Barbalha. Dados de testemunhos de sondagem	40
Figura 15 -	Mapa topográfico com intervalos de 25 metros a partir de interpretação de imagens SRTM, centros municipais nas áreas avermelhadas, pontos de afloramentos destacados (Cod.: DCnn) (UTM-24M-WGS84).	42
Figura 16 -	Quadro de mapas MDE nas diferentes direções de incidência.	43
Figura 17 -	Mapa de interpretação das estruturas rúpteis fotointerpretadas e o diagrama das estruturas medidas em campo. Feições marcadas no mapa com linhas pretas tracejadas representam as feições inferidas por fotointerpretação das imagens. As áreas delimitadas em vermelho são centros municipais.	44
Figura 18 -	Conjunto de fácies Gm, Scg, Sp, Sd e Sh em afloramento próximo ao topo da unidade. Evidência no quadrado tracejado do dique clástico de arenito muito fino com argila, deformado que rompeu as camadas sobrepostas. Elemento Arquitetural SB – Barras arenosas.	45
Figura 19 -	Fácies Scg com clastos de fragmentos intraformacionais (Clasto escuro – Arenito) da bacia.	49
Figura 20 -	Fácies Sh em detalhe de afloramento.	49
Figura 21 -	Fácies St - Arenitos com estratificação Cruzada acanalada.	50
Figura 22 -	Fácies de arenitos deformados (Sd) em detalhe e fotointerpretada.	52
Figura 23 -	Fácies Fm, Fl e Fsm em um intervalo típico da base da Formação Abaiara.	53

- Figura 24 - Afloramento DC8. Contato superior da Fm. Abaiara com a base do ciclo inferior da Fm. Barbalha. Evidência de uma sucessão sedimentar e migração lateral de fácies do tipo CS (Elemento de Espraimento de Crevasse). Discordância Pré Alagoas (4ª ordem) com atitude 14/180 demarcando a mudança de paleofluxo dos dois sistemas. 55
- Figura 25 - Afloramento DC16 a Oeste do Município de Brejo Santo com evidências de deformação penecontemporânea dos estratos da unidade. Evidência de Fácies St, Sd e Fm. Elementos CHb, CS e FF. Medidas das Superfícies de 8ª ordem hierárquica (Catuneanu, 2003), em verde. Paleofluxo reconstruído, SE. 59
- Figura 26 - Afloramento DC10. Base da Fm. Abaiara composta de depósitos de folhelhos laminados a maciços, com camadas heterolíticas arrasadas pela erosão que evoluem para corpos arenosos amalgamados, Mulststorey, marcados por superfícies de escavação e feições de preenchimento de canal. Elementos reconhecidos CHa e FF. Fácies encontradas St, Sd, Fl, Fm e Sl. Paleofluxos reconstruídos indicando eixo principal para SSE. Afloramento pode representar uma grande barra em pontal. 61
- Figura 27 - Afloramento DC2 sob o túnel da ferrovia Transnordestina. Conjunto de canais amalgamados intercalados a horizontes de folhelhos. Elementos reconhecidos CHa, CHb, SB, FF e CS. Camadas mergulhando para Sul. Fácies presentes St, Sm e Fm. Superfícies limitantes de 5ª ordem hierárquica, demarcadas em verde. 62
- Figura 28 - Afloramento a Norte do ponto DC02. Continuação do afloramento demonstrando a intercalação de elementos arquitetônicos de Planícies de Inundação (FF), Depósitos de Espraimento de Crevasse (CS) e Preenchimento de canal (CHa/b). 63
- Figura 29 - Afloramento DC18 com elementos DA, FF, LS. Composto de fácies Sl, Sp, Fm e Fl. Afloramento com corte em diagonal SE-NW para E-W, perspectiva 3D das feições. Superfícies de 8ª 67

ordem marcadas em verde. Paleofluxo reconstruído com eixo principal para SW.

- Figura 30 - Afloramento DC12 com corte transversal a barra em pontal. 69  
Elementos LA e LS compostos por conjuntos de fácies Sm, Sh e Sp. Paleofluxo reconstruído com eixo principal para SW e progradação da barra perpendicular SE (em cinza).
- Figura 31 - Mapa de paleofluxos. Reconstrução da paleodrenagem no 76  
estágio Clímax Rife. Atenção para o padrão disperso das drenagens.
- Figura 32 - Fotomicrografia dos grãos quartzos mono e policristalinos. (A) e 79  
(C) em nicóis paralelos, (B) e (D) em nicóis cruzados.
- Figura 33 - Fotomicrografia da textura geral dos arenitos da formação 80  
Abaiara. (A) e (C) em nicóis paralelos, (B) e (D) em nicóis cruzados.
- Figura 34 - Fotomicrografia de alteração de feldspatos. Cavidade 80  
preservada após alteração pós-diagenética. (A) em nicóis paralelos e (B) em nicóis cruzados.
- Figura 35 - Fotomicrografia da presença de matriz primária argilosa em uma 81  
das amostras. (A) em nicóis paralelos e (B) em nicóis cruzados.
- Figura 36 - Fotomicrografia da presença de micas no arcabouço de alguns 81  
arenitos. (A) em nicóis paralelos e (B) em nicóis cruzados.
- Figura 37 - Classificação das amostras segundo Folk (1968). 82
- Figura 38 - Bloco diagrama de reconstrução paleogeográfica das condições 90  
de sedimentação durante a fase Clímax Rife.

## Lista de Tabelas

Tabela 1 -	Quadro comparativo com as principais propostas estratigráficas formuladas para a Bacia do Araripe (modificada de Lima, 1979, ASSINE, 1992; Fambrini et al., 2009, 2011b, 2020).	32
Tabela 2 -	Tabela de litofácies definidas segundo os afloramentos da Formação Abaiara	48
Tabela 3 -	Elementos Arquiteturais reconhecidos em afloramentos.	56

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	INFORMAÇÕES GERAIS	12
1.2	OBJETIVOS	13
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivos Gerais</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>13</b>
1.3	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA	14
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E METODOS</b>	<b>15</b>
2.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	15
2.2	LEVANTAMENTO DE DADOS PRÉVIOS DE CAMPO	15
2.3	ETAPA DE CAMPO	18
2.4	ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS	18
<b>2.4.1</b>	<b>Análise estratigráfica de fácies e elementos arquitetônicos</b>	<b>18</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Levantamento de paleofluxos e reconstrução paleogeográfica</b>	<b>23</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Petrografia Sedimentar</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>GEOLOGIA REGIONAL</b>	<b>28</b>
3.1	BACIA DO ARARIPE	31
<b>3.1.1</b>	<b>Sequência Paleozoica</b>	<b>33</b>
3.1.1.1	Formação Cariri	33
<b>3.1.2</b>	<b>Sequência Início Rifte</b>	<b>34</b>
3.1.2.1	Formação Brejo Santo	34
3.1.2.2	Formação Missão Velha Inferior	36
<b>3.1.3</b>	<b>Sequência Clímax Rifte</b>	<b>36</b>
3.1.3.1	Missão Velha Superior	37
3.1.3.2	Formação Abaiara	37
<b>3.1.4</b>	<b>Sequência Pós Rifte</b>	<b>38</b>
3.1.4.1	Formação Barbalha	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>41</b>
4.1	NOVOS DADOS DE MAPEAMENTO	41
<b>4.1.1</b>	<b>Mapa Topográfico</b>	<b>41</b>

<b>4.1.2</b>	<b>Mapa de Modelo Digital de Elevação (MDE)</b>	<b>42</b>
4.2	ESTRATIGRAFIA DA UNIDADE	44
<b>4.2.1</b>	<b>Análise Faciológica</b>	<b>45</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Análise de Elementos Arquitetônicos</b>	<b>56</b>
4.2.2.1	Elementos de preenchimento de canal (CH)	57
4.2.2.1.1	<i>Descrição Elemento CH</i>	57
4.2.2.1.2	<i>Interpretação Elemento CH</i>	60
4.2.2.2	Elementos de forma de leito arenosas (SB)	64
4.2.2.2.1	<i>Descrição Elemento SB</i>	64
4.2.2.2.2	<i>Interpretação Elemento SB</i>	64
4.2.2.3	Elementos de acreção a jusante (DA)	65
4.2.2.3.1	<i>Descrição Elemento DA</i>	65
4.2.2.3.2	<i>Interpretação Elemento DA</i>	66
4.2.2.4	Elementos de acreção lateral (LA)	68
4.2.2.4.1	<i>Descrição Elemento LA</i>	68
4.2.2.4.2	<i>Interpretação Elemento LA</i>	70
4.2.2.5	Elementos de lençóis de areia laminada (LS)	71
4.2.2.5.1	<i>Descrição Elemento LS</i>	71
4.2.2.5.2	<i>Interpretação Elemento LS</i>	71
4.2.2.6	Elemento de espraiamento de crevasse (CS)	72
4.2.2.6.1	<i>Descrição Elemento CS</i>	72
4.2.2.6.2	<i>Interpretação Elemento CS</i>	72
4.2.2.7	Elemento finos de planície de inundação (FF)	73
4.2.2.7.1	<i>Descrição Elemento FF</i>	73
4.2.2.7.2	<i>Interpretação Elemento FF</i>	74
4.3	ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS	74
4.4	PAPELOFLUXO E RECONSTRUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA	75
4.4	ANÁLISES MICROPALÉONTOLÓGICAS	77
4.5	PETROGRAFIA SEDIMENTAR	78
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>83</b>
5.1	CONJUNTOS DE ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	83

<b>5.1.1</b>	<b>Associação de fácies de Canal Fluvial Meandrante sob alta influência sazonal</b>	<b>83</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Associação de fácies de Planície de Inundação.</b>	<b>84</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Associação de fácies de Canal Fluvial Entrelaçado</b>	<b>84</b>
<b>5.2</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO</b>	<b>85</b>
<b>5.3</b>	<b>ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS</b>	<b>87</b>
<b>5.4</b>	<b>DISTINÇÃO DAS UNIDADES Fm. BREJO SANTO E Fm. ABAIARA</b>	<b>87</b>
<b>5.4</b>	<b>RECONSTRUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA</b>	<b>88</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>91</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>92</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 IINFORMAÇÕES GERAIS

Localizada na Região Nordeste do Brasil, a Bacia do Araripe é conhecida como a principal dentre as bacias interiores brasileiras devido seu registro sedimentar e conteúdo fóssil (MABESOONE & TINOCO, 1973; NEUMANN, 1999; SILVA SANTOS & VALENÇA, 1968; CAMPOS & KELLNER, 1985). Dentro desse contexto, os processos relacionados com a abertura e consecutiva evolução da bacia são relacionados com o rifteamento do Gondwana ocidental e a abertura do oceano Atlântico Sul. Assim as rochas da bacia do Araripe possuem uma lito-paleo-crono-relação com as bacias marginais do Leste brasileiro (ASSINE. 1992, 2007; ASSINE et al., 2014).

Atualmente, o Brasil vem demonstrando grandes avanços no setor de óleo e gás devido às pesquisas oriundas da produção do Pré-Sal, nos quais os campos de estudo e desenvolvimento demandam muita estrutura e investimentos. Assim, os estudos e pesquisas realizados em rochas análogas às que estão presentes nas profundas camadas do pré-sal são o melhor meio de testar e verificar as propostas e teses no campo da geologia que entregam subsídios para a indústria petroleira.

A estes campos análogos, para a bacia do Araripe, têm-se a Formação Abaiara, cronocorrelata as unidades presentes do pré-sal da costa Leste, a exemplo da Bacia de Santos e as formações: Piçarras, com seus conglomerados e arenitos de aluviões, como também os sedimentos carbonáticos lacustres e siliciclásticos de leques aluviais da Formação Itapema (MOREIRA et al., 2007; SOUZA & SGARBI, 2019) situadas na fase Rife.

No entanto, mesmo apresentando tal relevância para estes estudos, a Formação Abaiara, por muitas vezes, é retratada sob alguns equívocos devido a sua similaridade litológica com unidades próximas, (Formações Brejo Santo e Missão Velha) geograficamente e estratigraficamente.

Proposta como uma unidade composta por um empilhamento de rochas bem estratificadas de argilitos, folhelhos e arenitos com presença de ostracodes (PONTE & APPI, 1990). No entanto, Assine (1992) adiciona ao conteúdo litológico da unidade lentes de carbonatos argilosos, presentes na base da formação, muito semelhantes

ao conjunto típico de fácies da Fm. Brejo Santo. Além disso soma ao topo da unidade conglomerados portadores de troncos fósseis, característica marcante da Fm. Missão Velha (sotoposta), para a Bacia do Araripe.

Os autores concordam, durante a década de 90, com ambientes de sedimentação continental composto por sedimentos provenientes de um sistema lacustre raso e influências fluviais, enquanto Assine (2007) aponta um sistema Lacustre-Deltaico-Fluvial, outros trabalhos apontam um sistema de sedimentação Deltaico-Fluvial (FAMBRINI et al. 2012, COSTA et al. 2014).

Portanto, este trabalho tem iniciativa de propor uma reavaliação da Formação Abaiara e definição de suas características de forma mais limitante, tanto na escala macroscópica (análises estratigráficas) até a escala microscópica (petrograficamente).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivos Gerais

Esta Tese propõe por meio de diferentes ferramentas definir, de forma mais concisa e respaldada, sob diferentes óticas das disciplinas geológicas, as características da Formação Abaiara. Assim, elegendo pontos de apoio para futuros trabalhos não confundirem esta unidade com unidades próximas que se assemelham na aparência litológica superficial.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Esta Tese pretende definir as características sedimentológicas da unidade de interesse, diferenciando o conteúdo sedimentar da formação para com as demais unidades que a circundam.

Caracterizar o sistema de sedimentação da formação, procurando identificar as estruturas e relações estratigráficas confrontando com os dados de trabalhos já publicados, evitando as confusões geradas por falsas interpretações do que seriam afloramentos da Fm. Abaiara.

Por fim, o conteúdo amostrado dos afloramentos visitados da unidade de



## 2 MATERIAIS E METODOS

A presente tese foi estruturada segundo 5 etapas: (i) Levantamento bibliográfico, (ii) Levantamentos de dados prévios de campo, (iii) Etapas de Campo, (iv) Análises e tratamento dos dados e (v) Redação da tese.

### 2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico resume a continuação do pré-projeto de tese onde o foco desta etapa é voltado para averiguar pontos questionáveis em relação ao alvo de interesse do trabalho. Além de eleger meios pelos quais pode-se abordar e confrontar a tese com a literatura consagrada na finalidade de comprovar suas propostas.

Assim, foram feitas pesquisas durante todo o curso do projeto de Doutorado, desde acervos bibliográficos já consagrados na academia como de pesquisas mais recentes que veem a auxiliar no entendimento e fomentação das ideias.

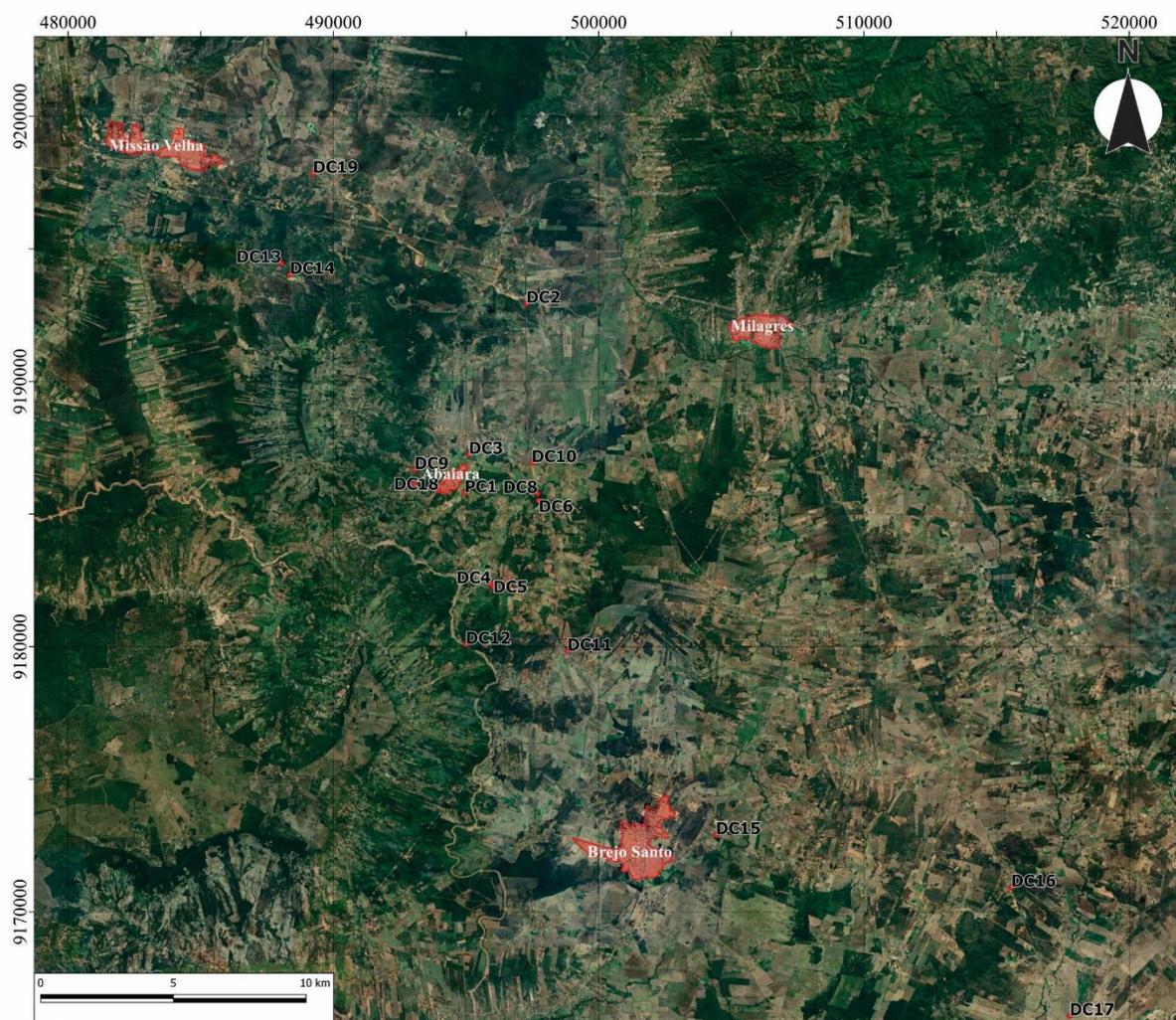
### 2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PRÉVIOS DE CAMPO

A etapa de levantamento de dados para trabalho de campo promoveu análises prévias e elaboração de mapas baseados em imagens de satélite Landsat 8 (USGS/NASA) (Plataforma de software Google Earth Pro®) (Figura 02) e imagens SRTM (Plataforma INPE-TOPODATA) (Figura 03) sobre a região de interesse afim de traçar estratégias e identificar alvos de importância fundamental para realização do trabalho.

Sob o aspecto da análise e da fotointerpretação das imagens, com o uso de ferramentas virtuais de tratamento pode-se evidenciar feições como estruturas de macro escalas em áreas de interesse. Assim faz-se uso dos mapas de Modelos Digitais de Elevação (MDE), ferramenta interpretativa a partir das imagens SRTM que por meio de filtros e cálculos entre pixels realça feições ou estruturas presentes no relevo. Tais estruturas podem representar estruturas geológicas macroscópicas de caráter regional ou local para a bacia (TINÓS et al., 2014).

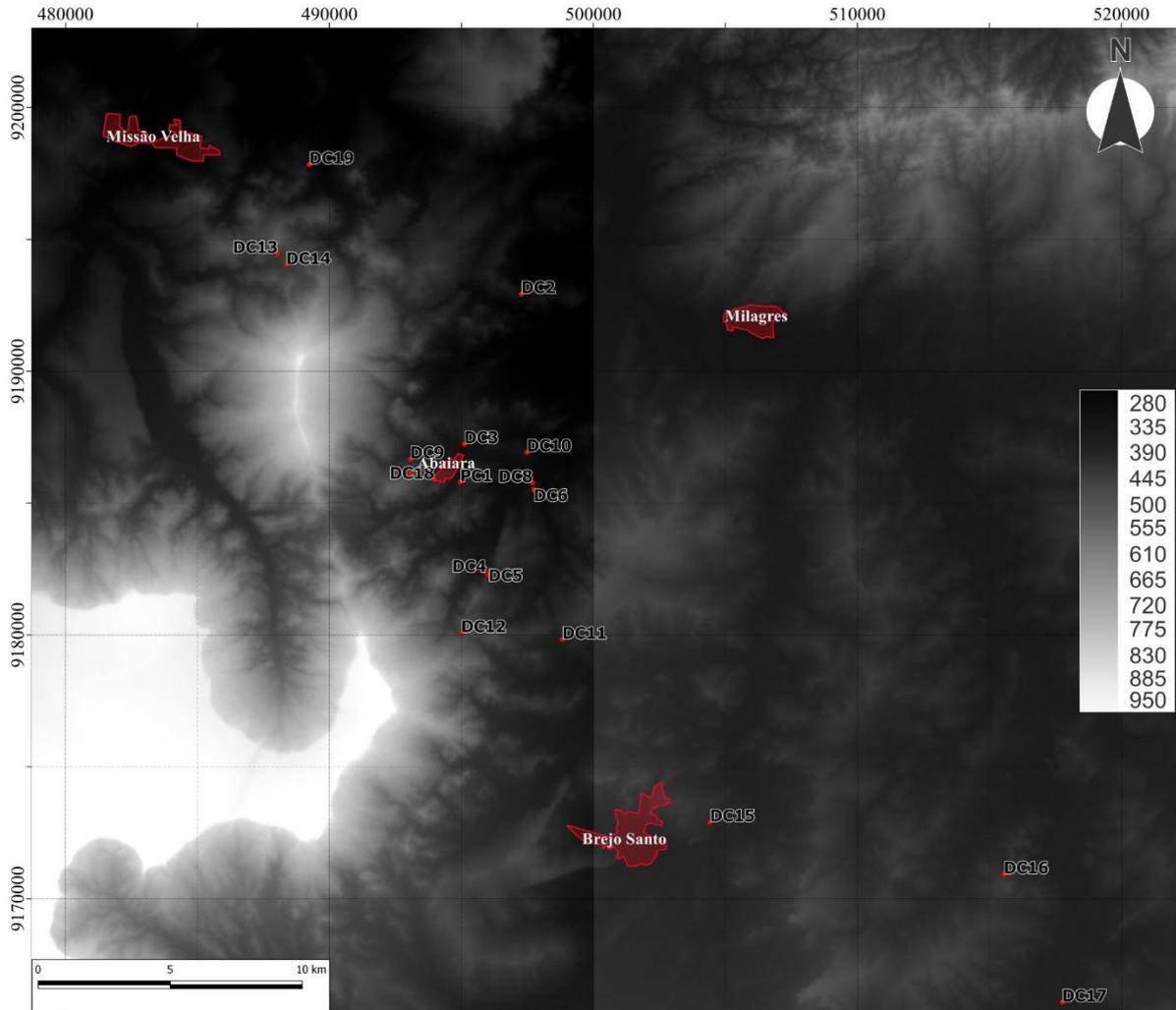
Através de ferramentas gráficas podem ser gerados mapas topográficos, evidenciando cursos hídricos de rios efêmeros, sazonais que podem representar áreas de possíveis afloramentos.

Figura 2- Imagem de satélite da área de interesse. (Fonte: plataforma Google Earth Pro (Dezembro/2019) (UTM-24M-WGS84).



Fonte: O autor (2023)

Figura 3 - Mapa de Imagens SRTM da área de estudo (Cartas: SB-24-Y-D e SB-24-Z-C). Legenda: escala altimétrica (m) em função do gradiente de cor. (Fonte: Plataforma digital INPE-TOPODATA) (UTM-24M-WGS84).



Fonte: O autor (2023)

Decorrente das imagens SRTM podem ser gerados mapas de Modelos digitais de Elevação (MDE). Estes produtos específicos representam dados altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas. Assim, cada pixel de uma imagem representa o valor altimétrico desta coordenada, neste caso o valor de toda a superfície: relevo, vegetação, construções (VALERIANO, 2008). Entretanto, para a finalidade deste estudo, a vegetação e as construções não interferem no resultado, qual será realizada as análises.

Por fim, as imagens de MDE geradas podem transcrever, a depender da orientação preferencial, análogos de estruturas litológicas como falhas, zonas de

cisalhamento, bandamentos e geometrias específicas de alguns corpos rochosos.

## 2.3 ETAPA DE CAMPO

O trabalho de campo foi subdividido em duas etapas, a primeira ocorreu entre 11 a 16 de Setembro de 2018 e a segunda no período de 16 a 21 de Março de 2020. Nas duas campanhas foram visitados afloramentos previamente marcados em mapas fotointerpretados e foram descobertos novos pontos de exposição que proporcionaram novas perspectivas.

Durante as etapas foram coletadas amostras para análises micropaleontológicas e confecção de lâminas petrográficas. Foram obtidas medidas de paleofluxos, estratificações, atitudes de camadas e estruturas como falhas e fraturas com uso de bússola analógica (Brunton) e digital (Aplicativo *FieldMove Clino*®) assim como foram utilizados outros aplicativos (*Avenza Maps*®, *Stereonet mobile*®, *Rockd*®, *Google Earth*®, *Locus Map*®, *TectonicsFP*®, *Qgis*®) em smartphone (Modelo Iphone 7) para auxiliar com caderneta de campo, anotações, dados de GPS.

Ao final de cada etapa de campo eram elaboradas lâminas petrográficas de amostras coletadas, corrigidos dados sobre os mapas prévios elaborados e confrontaram-se os dados obtidos com a literatura. Elaborados fotomosaicos estratigráficos para auxiliar na interpretação das fácies sedimentares.

## 2.4 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

### 2.4.1 Análise estratigráfica de fácies e elementos arquitetônicos

Os estudos estratigráficos envolveram i) Levantamentos de seções estratigráficas de detalhe tipo Selley (2000) em afloramentos selecionados afim de definir litofacies de acordo com métodos de Miall (1977, 1978, 1996, 2000, 2014); ii) Análise estratigráfica de fácies e sistemas deposicionais, de acordo com os preceitos de Miall (1996, 2000, 2014) e James & Dalrymple (2010); iii) Análise estratigráfica de paleocorrentes, segundo os trabalhos de Miall (1996, 2000); iv) Análise de elementos arquitetônicos, conforme método desenvolvido por Miall (1985) e Miall & Tyler (1991);

v) Aplicação dos conceitos de estratigrafia de seqüências de acordo com Catuneanu (2002, 2006), adaptados ao modelo de bacias continentais isoladas por Martinssen et al., 1999.

O estudo de fácies possibilita a correlação entre as camadas, os processos e a interpretação dos sistemas de sedimentação assim como apontado e categorizado por Miall (1978, 1996, 2014). Uma fácies é definida de acordo com seus atributos físicos, estruturais, geométricos, sedimentares (Figura 4 e 5) e não ligado ao seu posicionamento estratigráfico, pois pode ser recorrente em diferentes estratos, sendo mais importante suas relações verticais e laterais com os sedimentos vizinhos e oriundos de um mesmo sistema (Figura 6).

Figura 4 - Quadro demonstrativo de aspectos utilizados para classificação de fácies a depender dos caracteres utilizados para delimitação das unidades.

LITHOLOGY			
siliciclastic sediments		carbonates	others
clay, mudstone	litharenite	limestone	chert
shale	greywacke	dolomite	peat
marl	clayey sandstone	sandy limestone	brown coal (lignite)
siltstone	calcareous sandstone	symbols to add: intraclast oid oncolid/pisoid > 2 mm diameter peloid fossils (undiff.) for specific symbols see below	hard coal
sandstone	alternating strata sandstone/shale		halite
quartz arenite	pebble-supported conglomerate		gypsum-anhydrite
arkose	matrix-supported conglomerate		volcaniclastic sediment
SEDIMENTARY STRUCTURES			
flute cast	parallel lamination	wave-ripple lamination	stromatolites
groove cast	cross-lamination	normal bedding	slight } bioturbation intense }
tool marks	cross-bedding - planar	reversed bedding	
load casts	cross-bedding - trough	HCS	bed contacts:
shrinkage cracks	cross-bedding - herring-bone	imbrication	sharp, planar
striations/lineations	cross-bedding - low angle	slump structures	sharp, irregular
symmetrical ripples	flaser bedding	convolute bedding	gradational
asymmetrical ripples	lenticular bedding	nodules	palaeocurrents:
		stylolites	azimuth
			trend
FOSSILS			
fossils (undifferentiated)	brachiopods	echinoids	calcareous algae
fossils - broken	bryozoans	gastropods	plant fragments
ammonoids	coral-solitary	graptolites	roots
belemnites	coral-compound	stromatoporoids	burrows
bivalves	crinoids	trilobites	devise others when needed

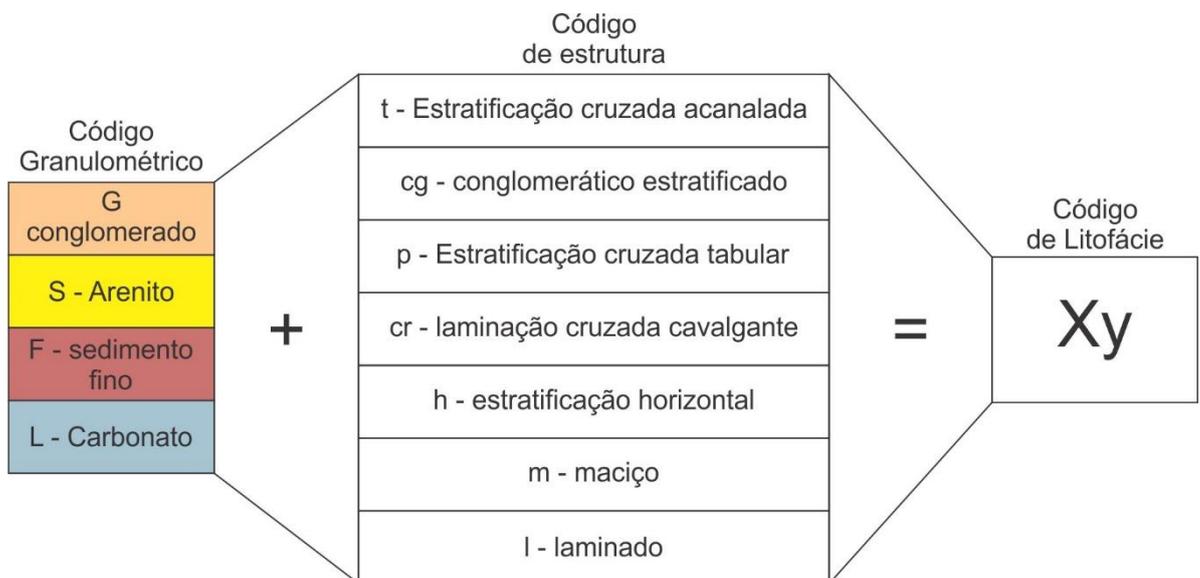
Fonte: Tucker (2011).

O reconhecimento de feições integradas entre morfologia, granulometria e composição das camadas, além da disposição espacial destes corpos, corrobora para uma série de interpretações possíveis segundo o empilhamento vertical e lateral que representam traços e pistas sobre o ambiente e as condições de sedimentação e formação daquelas rochas.

Desta forma, utilizando dos conceitos de fácies de Miall (1978, 1996, 2014) baseado num código onde são representadas granulometria e estrutura das camadas para definir pacotes sedimentares e correlaciona-los segundo seu empilhamento e disposição, assim como na Figura 7.

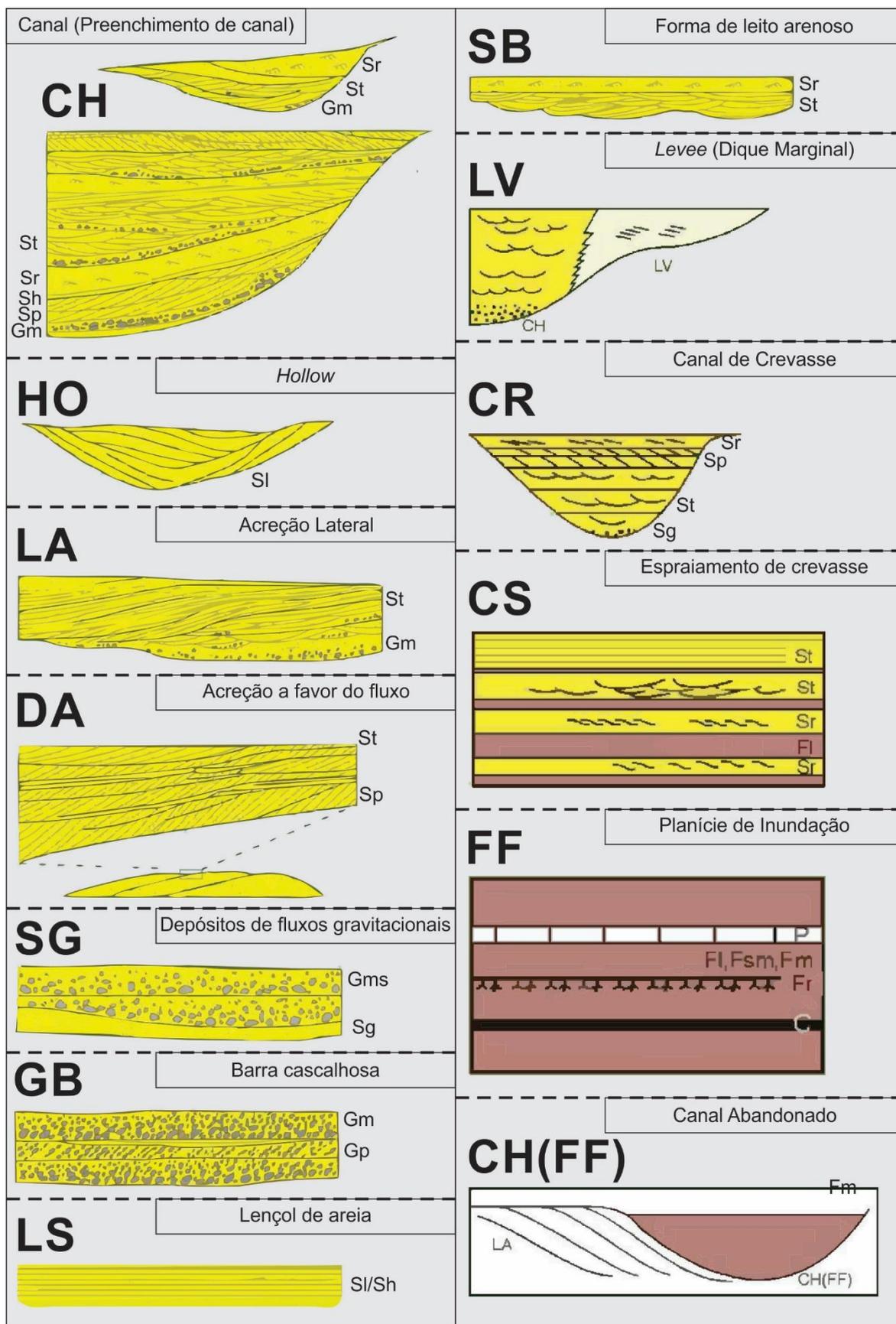
Partindo destes conceitos e visitando afloramentos dos mais variados possíveis, dentro da unidade de interesse, foram confeccionados fotomosaicos de acordo com o método de Wizevich (1992) com a finalidade de exprimir as correlações laterais e verticais das unidades classificadas segundo o código de fácies, gerando assim um modelo fotointerpretado dos afloramentos e auxiliando no entendimento dos processos relacionados e interpretar os elementos arquitetônicos (MIALL, 1985, 1996, 2006) da Formação Abaiara (Figura 7).

Figura 5 - Quadro esquemático de definição do código de litofácies baseado nos conceitos de Miall (1996).



Fonte: O autor (2023)

Figura 6 – Elementos arquitetônicos.



Fonte: Modificado de Miall (2006)

Contudo, além dos trabalhos já mencionados, os modelos de fácies e elementos arquitetônicos também serão classificados conforme outros autores e suas considerações em relação a estabilidade do canal, efeitos de variação do regime de fluxo, influências de aporte de canais afluentes, presença de vegetação, superfícies de reativação, sobreposição de barras (BRIDGE, 1993; FIELDING, 1996, 2006; SAMBROOK et al., 2005; FIELDING & ALEXANDER, 2009; REESINK & BRIDGE, 2009; REESINK & BRIDGE, 2011; HORN et al., 2012; NORTH & DAVIDSON, 2012; REESINK et al., 2013).

A análise e classificação para a estratigrafia de seqüências seguiu os conceitos propostos por Martinssen et al., 1999 que classificam as seqüências em bacias isoladas com domínio continental de sedimentação, onde se enquadra o caso das bacias interiores, especificamente a Bacia do Araripe. Este modelo identifica e classifica as seqüências segundo a razão A/S, onde A representa o espaço de acomodação gerado na bacia e S o suprimento sedimentar dentro dos limites da bacia.

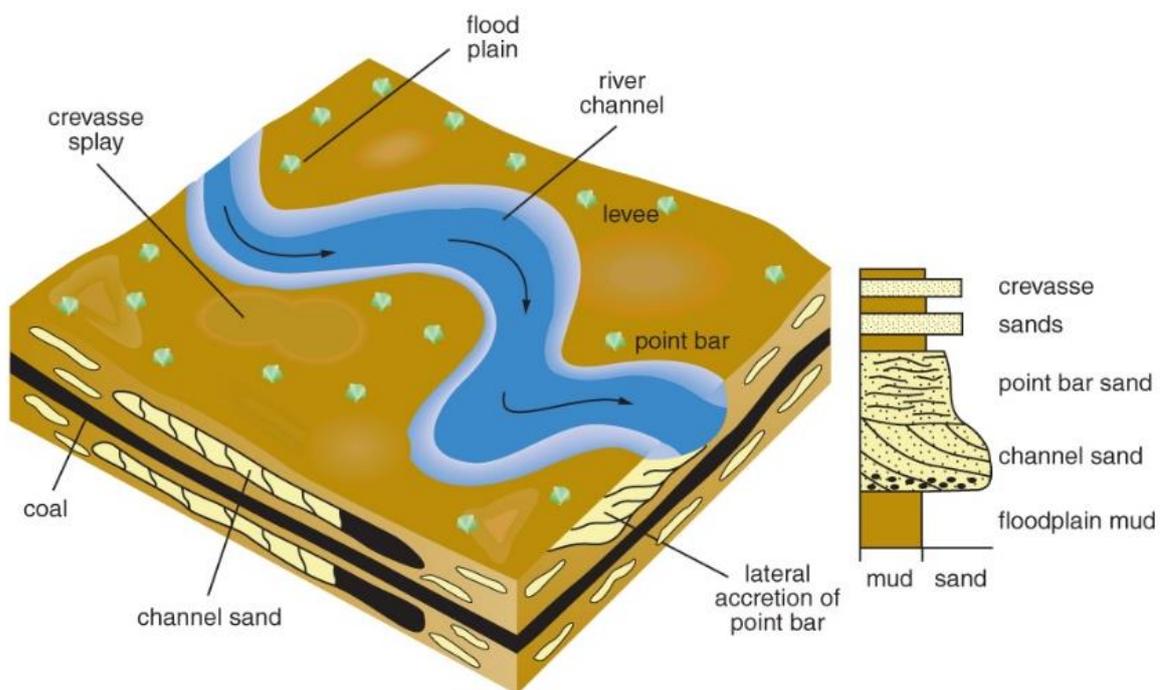
Dessa forma, em função da razão A/S os tratos de sistemas podem ser reconhecidos como Trato de Sistema de Baixa Acomodação (TSBA), Tratos de Sistema de Alta Acomodação (TSAA). Assim a razão A/S pode definir os estágios no modelo de seqüências:

- A/S negativa e/ou próxima ou igual a zero representa o estágio de limite de seqüência. Esta razão reflete rebaixamento de perfil de equilíbrio o que favorece o processo de erosão do substrato e conseqüentemente geração de uma superfície erosiva bem definida;
- A/S positiva e próxima a zero condiz com a inflexão, sutil, entre erosão e sedimentação que reflete a sedimentação de corpos arenosos e cascalhosos amalgamados. Este trato é reconhecido como TSBA;
- A/S varia rapidamente representa a mudança abrupta na arquitetura deposicional o que reflete transformações significativas nos sistemas de sedimentação. Este estágio é reconhecido como Superfície de Expansão;
- A/S entre 0,5 e 1 representa o afogamento da bacia, onde o perfil de equilíbrio encontra-se mais deslocado em direção às bordas da bacia. Este estágio favorece a sedimentação de partículas finas, característica do TSAA.

Por fim, foram elaborados perfis litoestratigráficos (Figura 7) para correlacionar

as unidades de forma padronizada e gerar um perfil composto da unidade estudada (SELLEY, 2000). Assim, observando-se o modelo gerado e confrontando com a bibliografia já consagrada é possível eleger um modelo de sistema de sedimentação mais adequado para o período geológico (PROSSER, 1993; MIAL, 1996, 2014) da fase rifte em que a unidade foi originada, o clima da região, a presença ou escassez de água no processo de sedimentação, morfologia ou morfodinâmica do rio que alimentou os sedimentos estudados.

Figura 7 - Seção colunar exemplificando a reconstrução do empilhamento sedimentar e da correlação vertical das fácies.



Fonte: Tucker (2011).

#### 2.4.2 Levantamento de paleofluxos e reconstrução paleogeográfica

Buscando um melhor entendimento do modelo de preenchimento da bacia sedimentar no contexto da fase Clímax Rifte, optou-se por realizar um levantamento paleogeográfico através das medidas de paleofluxos das estratificações presentes na formação Abaiara.

Dessa forma, foram realizadas medições de mergulho nas frentes dos estratos cruzados das fácies de sedimentos fluviais, corrigindo o efeito da tectônica com

angulação superior a 10° nas camadas, com a rotação dos basculamentos pós deposicionais (POTTER & PETTIJOHN, 1977, SELLEY, 1982; ASSINE, 1994). Assim auxiliando no entendimento e modelagem da paleogeografia da bacia do Araripe.

### **2.4.3 Petrografia Sedimentar**

Os constituintes de uma rocha sedimentar, grãos ou partículas químicas precipitadas, formam o arcabouço desta rocha. Assim, os constituintes exprimem uma relação direta com a área fonte, intemperismo, clima, transporte, origem (quando partículas de precipitação química) e sedimentação das partículas.

As amostras recolhidas para fins de análises petrográficas foram cruciais para a identificação dos componentes e estruturas sedimentares, onde se fizesse possível inferir sobre o ambiente de sedimentação que as originou, respondendo a questões onde apenas as características microscópicas podem solucionar. Assim, foram confeccionadas lâminas petrográficas e levadas ao microscópio de luz polarizada com o intuito de definir os principais constituintes minerais destas rochas.

Foram confeccionadas 8 lâminas petrográficas a partir de amostras coletadas em campo, e foram observadas seguindo os seguintes processos descritivos:

Portanto, pode-se mensurar a maturidade textural e composicional de uma rocha em função de seus componentes detríticos, observando assim a granulometria preponderante (FOLK, 1968), conteúdo de argila e efeitos de esfericidade (POWERS, 1953) e seleção dos grãos (PETTIJOHN et al., 1973) para a maturidade textural (FOLK, 1974). Assim como composição modal de quartzo, feldspatos e fragmentos líticos referentes a maturidade composicional, estando assim em função do nível de estabilidade de seus constituintes, como na Série de Goldich (Figura 8).

Enquanto que a relação Matriz/Cimento propõe diferenciar as partículas segundo seu papel no arcabouço e sua origem (exemplo de matriz: pseudomatriz, sindeposicional e infiltrada), enquanto o cimento é um composto químico precipitado no decorrer dos processos diagenéticos.

Figura 8 - Série de Goldich: Relação estabilidade mineralógica versus velocidade de reação aos processos intempéricos.

Estabilidade dos Minerais	Velocidade de Intemperismo
Mais estável	Menor
Óxidos de Fe (Hematita) Hidróxidos de Al (Gibbsita) Quartzo Argilominerais Muscovita Ortoclásio Biotita Albita Anfibólios Piroxênios Anortita Olivina Calcita Halita	
Menos estável	Maior

Fonte: O autor (2023)

A maturidade mineralógica pode ser quantificada empiricamente, segundo a equação:

$$M = (Qtz+Ch)/(Fd+Fr).$$

Onde, M – Maturidade mineralógica; Qtz – quartzo total; Ch – Chert; Fd – feldspatos totais; Fr – fragmentos líticos.

Sendo o Quartzo o ultimo mineral a se formar, segundo a série de cristalização de Bowen. Considera-se o mineral mais estável química e mecanicamente (SUGUIO, 2003). Devido a suas características como: dureza relativamente alta, ausência de clivagem e resistência a impactos, este mineral resiste aos processos intempéricos e ao transporte. Pode apresentar duas formas: monocristalino (cristais simples) e policristalinos (agregados de microcristais que se comportam como uma única partícula). Portanto, tem-se que quanto maior a presença de quartzo policristalino, menor é a maturidade da rocha.

Consecutivamente, o grupo dos Feldspatos que também tem uma presença ampla dentro das rochas siliciclásticas pode apresentar-se de diferentes formas: feldspato potássico e as soluções sólidas (Na-Ca), sendo os K-feldspatos mais comuns.

Sendo estes mais reativos aos processos intempéricos são bons indicadores de maturidade mineralógica. Apresentam clivagem e dureza inferior ao quartzo o que compromete a resistência mecânica das partículas. Assim, sedimentos com concentrações modais de feldspato apontam para um nível de imaturidade mineralógica.

Contudo, mesmo não se tratando dos principais constituintes modais, geralmente observados nas rochas arenosas siliciclásticas, outros componentes presentes no arcabouço são importantes para o estudo de proveniência dos sedimentos e os processos diagenéticos.

A estes têm-se o exemplo de minerais micáceos, placóides, alongados, orientados segundo as estruturas da rocha. São, geralmente, minerais acessórios que podem indicar a maturidade através da escala de alteração e a resistência ao intemperismo (muscovita > biotita > clorita).

O conjunto de minerais acessórios (opacos, estáveis e os menos estáveis) é indispensável no estudo de proveniência. Geralmente todos eles têm suas ocorrências somadas no arcabouço representando menos que 1% da rocha.

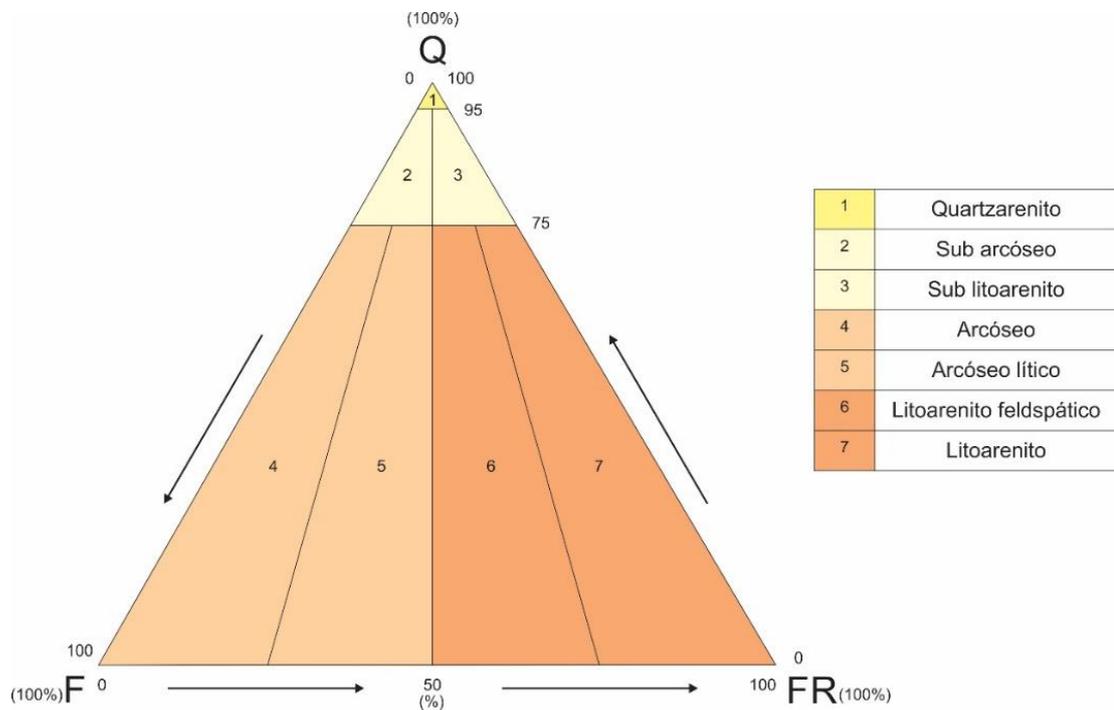
O grupo de partículas de fragmentos líticos são geralmente raros e refletem diretamente a maturidade textural das rochas que os contém. A composição da área fonte é determinante para resistência, a abrasão e alteração da partícula desde o intemperismo, transporte e sedimentação.

Partindo destes parâmetros é possível classificar a rocha segundo sua composição. Dessa forma, segundo Folk (1968) a referência de seus percentuais modais sobre o diagrama ternário (Figura 9) de classificação de rochas sedimentares determina-se o tipo de rocha em função de quartzo, feldspatos e fragmentos de rocha.

Por fim, com posse destes dados e contraposição entre estes e as interpretações consagradas pela literatura até então publicada pretende-se atestar a singularidade desta unidade (Formação Abaiara) frente à Bacia do Araripe. Corroborando assim para base de futuros estudos que venham a propor novas

perspectivas sobre a sedimentação da fase rifte nas bacias interiores e análogos costeiros no Brasil.

Figura 9 - Diagrama ternário de Folk (1968) para classificação de rochas siliciclásticas.



Fonte: Silvestre (2017).

### 3 GEOLOGIA REGIONAL

O supercontinente Gondwana Ocidental, composto por massas continentais que hoje conhecemos como África e América do Sul, sofreu uma ruptura tectônica na era mesozoica por rifte dando origem ao Oceano Atlântico. A este evento associam-se transferência de esforços sobre estruturas prévias, em todo bloco continental sul americano, como por exemplo as Zonas de Cisalhamento na Província da Borborema – Região Nordeste do Brasil (BRITO NEVES et al., 2000). Estas tensões vieram moldar novas feições na superfície, como as bacias sedimentares.

A Bacia do Araripe enquadra-se neste contexto, assim como as Bacias Marginais brasileiras correlatas. No entanto, apesar de representar a bacia interior com o maior e mais completo registro sedimentar, a Bacia do Araripe tem uma evolução estratigráfica diferente das bacias marginais já que não tem preenchimento de ambientes de sedimentação oceânicos.

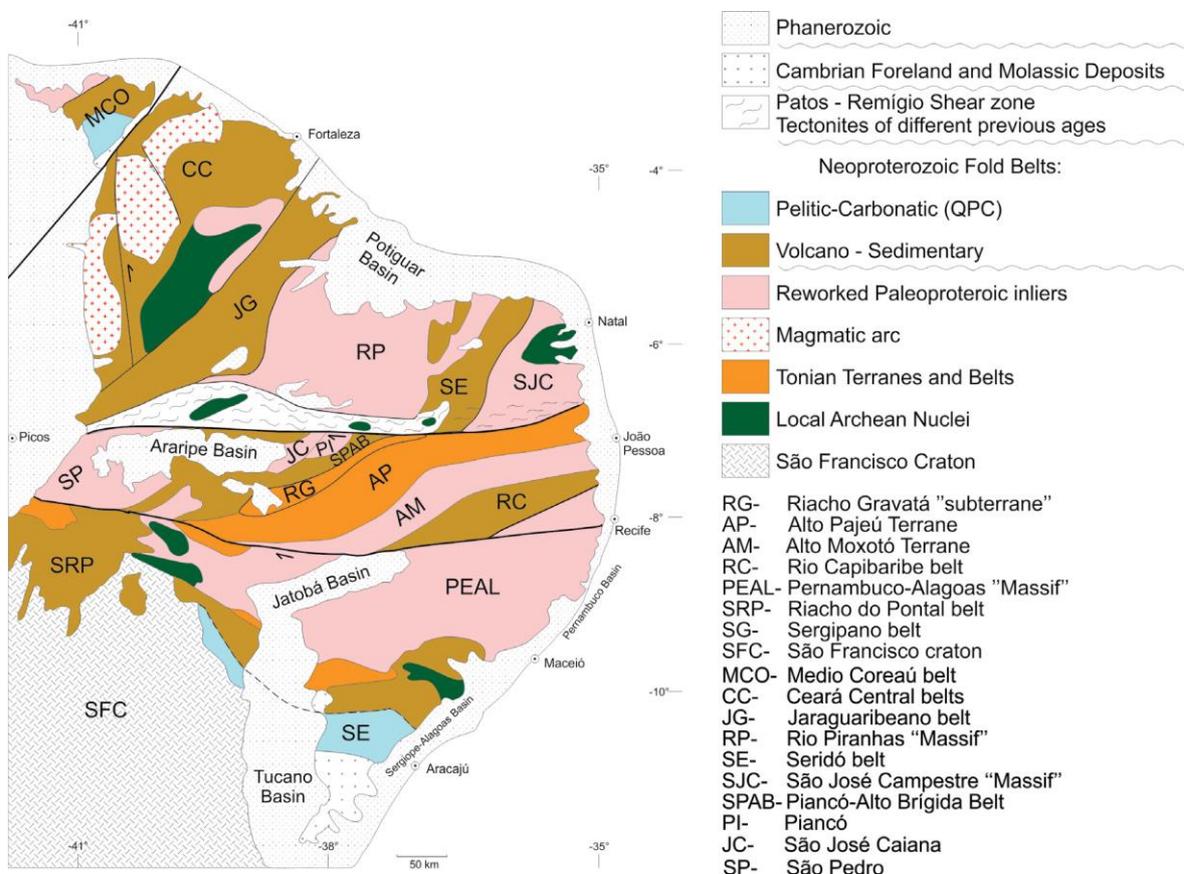
Representa a maior bacia, dentre às bacias interiores, com área aproximada de 9.000 km<sup>2</sup>, limitada segundo as coordenadas 38,5° a 41° W e de 7° a 8° S. Com forma alongada leste a oeste, com leve mergulho para oeste.

A bacia repousa sobre o embasamento no domínio da Zona Transversal da Província da Borborema, sobre os Terrenos São Pedro (SP), Cinturão Piancó – Alto Brígida (SPAB) e São José Caiana (JC) (Figura 10). Desta forma encontra-se limitada a Norte pelo Lineamento Patos e a Sul pelo Lineamento Pernambuco (Figura 10 e 11).

Diversos trabalhos trataram a estratigrafia da bacia com a finalidade de produzir um maior conteúdo sobre a geologia, aspectos físicos e minerais da região. A este processo adicionado a corrida por petróleo no mercado internacional, a região é, até hoje, alvo de estudos, pesquisas e interesse por representar um análogo de modelos petrolíferos *off-shore*.

Dessa forma, uma iniciativa do departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco em 1960, promoveu pesquisas e a publicação de diversos trabalhos, a exemplo de Beurlen (1962, 1963) que organizam a estratigrafia da bacia nas formações Cariri, Missão Velha, Santana e Exu.

Figura 10 - Esboço dos principais elementos tectônicos da Província de Borborema (principalmente baseados em esquemas anteriores de Brito Neves et al. 2000, 2008), exibindo: (A) Noroeste da província (Médio Coreau – MCO), a oeste da Linha Kandi-Transbrasiliiano; (B) domínios norte, ao norte da Linha Patos (Centro do Ceará, Orós-Jaguaribe, Rio Grande do Norte); (C) subprovincia central – Zona Transversal, entre os lineamentos de Patos (LPT) e Pernambuco (LPE); (D) subprovinça sul, Pernambuco-Alagoas (PEAL) superterrenos e os cinturões marginais para a periferia norte de São Francisco Craton (SFC):Sergipano (SE), Riacho do Pontal (SRP) e Rio Preto (RP).

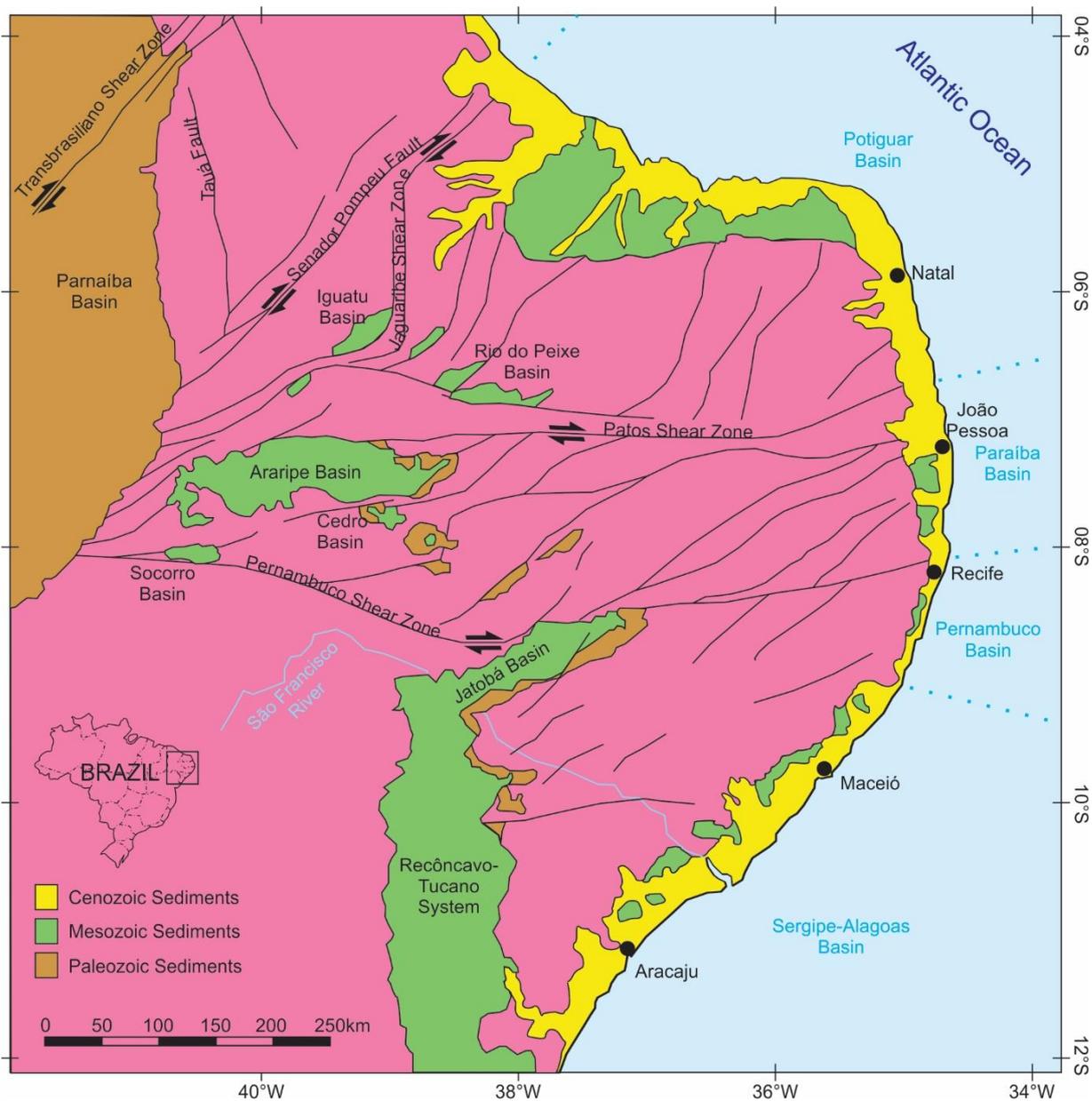


Fonte: Brito Neves (2016).

Estudos geofísicos de gravimetria apontaram uma espessura estimada de 2.400m (RAND & MANSO, 1984). Tal estimativa incentivou a busca por características de perfil petrolífero na bacia. Esta corrida corroborou para a produção de mapa na escala de 1:100.000 (GHIGNONE et al., 1986), estudos de prospecção por sísmica (MIRANDA et al., 1986) e a perfuração de um poço estratigráfico (2-AP-1-CE) que continha 1.700 m de registro sedimentar da bacia (ASSINE, 1992).

Apesar de bem documentada em diversos trabalhos, muitos autores divergem em opiniões sobre nomenclatura e classificação estratigráfica (PONTE & APPI, 1990; ASSINE, 1992, 2007; NEUMANN & CABRERA, 1999; ASSINE et al, 2014; FAMBRINI et al, 2020).

Figura 11 -- Bacia do Araripe – localização na Região Nordeste em relação às bacias do interior do Nordeste Oriental.



Esta indefinição reflete as dúvidas pertinentes sobre alguns limites de seqüências, classificações hierárquicas dos pacotes sedimentares, nomenclatura de algumas unidades, entre outras questões. Desta forma essa Tese propõe singularizar os parâmetros de identificação da Formação Abaiara, auxiliando em novos trabalhos subsequentes.

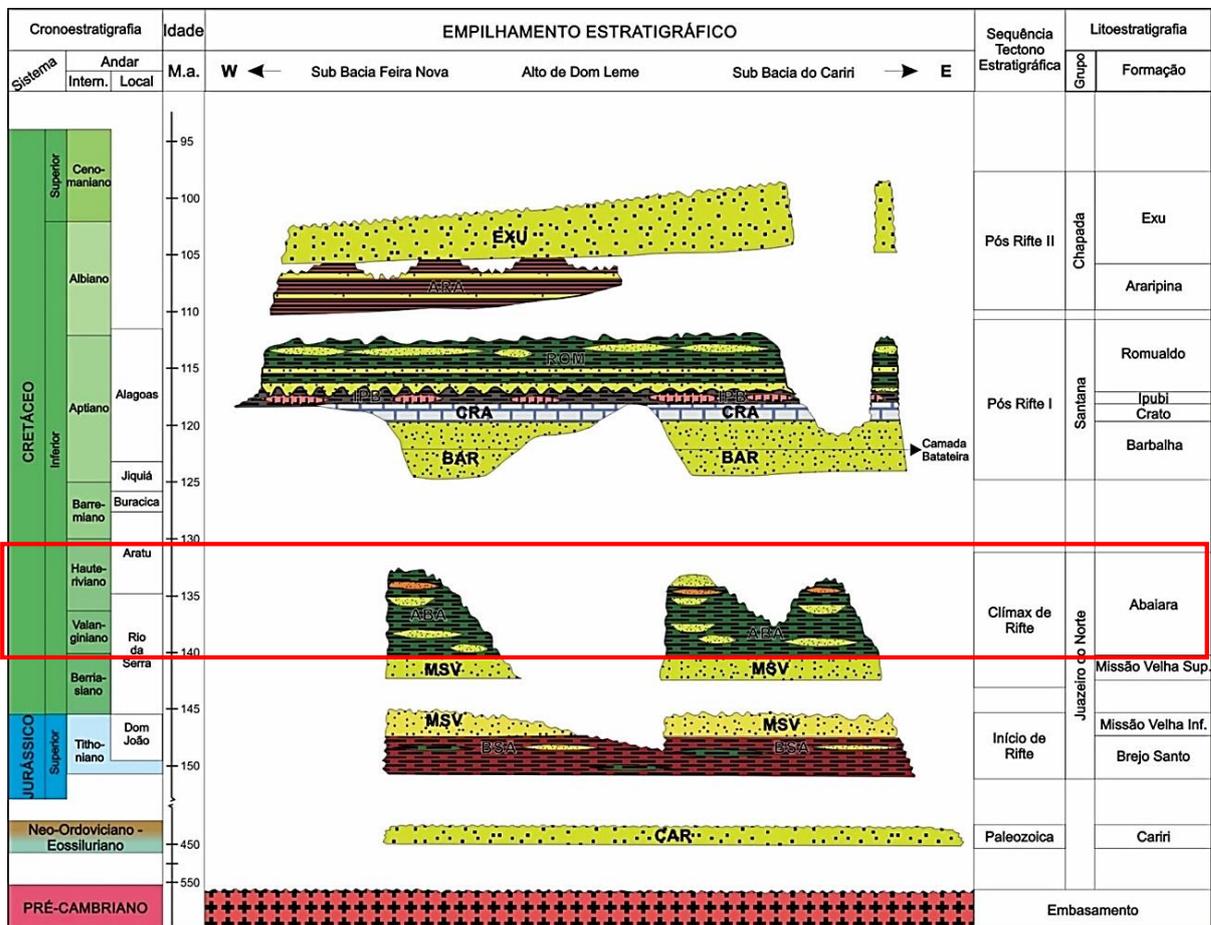
A configuração da estratigrafia em função dos anos de produção literária é ilustrada na Tabela 1.

### 3.1 BACIA DO ARARIPE

A Bacia do Araripe repousa segundo as divisões de tectonosequências das fases rifte assim como as bacias da margem leste (PONTE e PONTE-FILHO, 1996). Essas tectonosequências são: Paleozoica, Início de Rifte, Clímax rifte, Pós rifte I e Pós Rifte II. Assim delimitadas por superfícies de Terceira ordem (Discordâncias erosivas de caráter regional) que marcam os estágios evolutivos de um rifte (ASSINE, 2007; ASSINE et al., 2014; FAMBRINI et al., 2011b, 2012a, 2020).

Estas sequencias são compostas pelas formações Cariri, Brejo Santo, Missão Velha, Abaiara, Barbalha, Crato, Ipubi, Romualdo, Araripina e Exu, em ordem estratigráfica, respectivamente (Figura 12).

Figura 12 - Carta estratigráfica da Bacia do Araripe com demarcação da unidade de interesse.



Fonte: Modificado de Fambrini et al. (2020).

Tabela 1 - Quadro comparativo com as principais propostas estratigráficas formuladas para a Bacia do Araripe (modificada de Lima, 1979, Assine, 1992; Fambrini et al., 2009, 2011b, 2020).

Small 1913	Beurlen 1962	Barros 1963	Beurlen 1963	Gaspary & Anjos 1964	Braun 1966	Silva Santos & Valença 1968	Beurlen 1971	Mabesoone & Tinoco 1973	Moraes et al. 1976	Lima 1978a,1979	Silva 1983, 1986a, b	Assine 1990, 1992	Ponte & Appi 1990	Neumann & Cabrera 1999	Assine 2007	Fambrini et al., 2020
											Fm. Barreiras					
Arenito Superior	Formação Exu	Formação Arajara	Formação Exu	Formação Feira Nova	Formação Exu	Formação Feira Nova	Formação Exu	Formação Exu	Membro Superior Membro Inferior	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu
Calcáreos Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana Formação Crato	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana Membro Superior Membro Inferior	Formação Santana Membro Romualdo Membro Ipubi Membro Crato	Formação Santana Membro Romualdo Membro Ipubi Membro Crato	Formação Santana Fácies Argilo-siltosa evaporítica Fácies Carbonática	Formação Santana Membro Crato	Formação Santana Formação Araripina	Formação Santana Membro Crato	Formação Santana Membro Romualdo Membro Ipubi Membro Crato	Formação Santana Membro Romualdo Membro Ipubi Membro Crato	Formação Santana Membro Romualdo Membro Crato	Formação Santana Membro Romualdo Membro Crato
Arenito Inferior	Formação Missão Velha	Formação Missão Velha	Formação Missão Velha	Formação Missão Velha Formação Brejo Santo	Formação Sergi Formação Aliança	Formação Missão Velha	Formação Missão Velha	Formação Sergi Formação Aliança	Formação Missão Velha Superior Inferior	Formação Sergi	Formação Sergi	Formação Sergi Formação Abaiara Formação Missão Velha Formação Brejo Santo	Formação Barbalha Formação Abaiara Formação Missão Velha Formação Brejo Santo	Formação Rio da Batateira Formação Abaiara Formação Missão Velha Formação Brejo Santo	Formação Barbalha Formação Abaiara Formação Missão Velha Formação Brejo Santo	Formação Barbalha Formação Abaiara Formação Missão Velha Formação Brejo Santo
Conglomerado Basal	Formação Cariri	Formação Cariri	Formação Cariri	Formação Mauriti	Formação Tacarutu	Formação Cariri	Formação Cariri	Formação Tacarutu	Formação Cariri	Formação Tacarutu	Paleozóico	Formação Cariri	Formação Mauriti	Formação Mauriti	Formação Cariri	Formação Cariri

— Discordância

Fonte: O autor (2023)

### 3.1.1 Sequência Paleozoica

A Sequência Paleozoica é composta pela Formação Cariri, assim denominada por Beurlen (1962, 1963) e Assine (1992, 2007) em contra proposta à nomenclatura definida por Gasparly e Anjos (1964) e Ponte e Appi (1990) de Formação Mauriti. Segundo o Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Sociedade Brasileira de Geologia, 1986) a denominação para a sequência paleozoica da Bacia do Araripe é Formação Cariri considerando-se o princípio da prioridade da imutabilidade do nome consagrado pelo uso.

#### 3.1.1.1 Formação Cariri

Definida por arenitos de coloração branca, amarelados e acinzentados, imaturos, com grãos angulosos a subangulosos, de granulometria média a grossa, mal selecionados. No geral são bem litificados e possuem níveis conglomeráticos na base podendo conter fragmentos líticos do embasamento. O sistema de sedimentação é interpretado como Fluvial Entrelaçado (ASSINE 1992, 2007; FAMBRINI et al. 2010; BATISTA et al. 2012, FAMBRINI et al., 2020).

Devido sua natureza afossilífera a datação relativa de sedimentação desta unidade é difícil. Assim, Caputo e Lima (1984) atribuíram idade anterior a Glaciação Neo Ordoviciano/Eo Siluriano a Fm. Cariri, devido a presença de diamictitos na Fm. Ipu, cronocorrelata na Bacia do Parnaíba, considerando uma ampla bacia que se estendia por grande parte dos terrenos da região nordeste. Contudo, a presença da Palygorskita infere um clima quente e seco (FEITOSA, 1987) contrapondo-se às características glaciais relacionadas à presença de diamictitos.

Uma correlação similar foi proposta segundo Ghignone (1972) e Caputo & Crowell (1985) que associaram ao Grupo Serra Grande (Bacia do Parnaíba). Porém, Braun (1966) já havia considerado uma idade Paleozóica para a formação por suas similaridades com a Formação Tacaratu (Reconcavo, Tucano e Jatobá). Para este trabalho adotou-se idade Neo Ordoviciano/Eo Siluriano (ASSINE, 1992; PONTE e PONTE-FILHO, 1996; FAMBRINI et al. 2020). O padrão de paleofluxo desta unidade imprime sentido NNW (ASSINE, 1994) assim como as referências do Grupo Serra Grande apontando uma paleogeografia mais ampla dos domínios da bacia, resultado

da grande sinéclise do Parnaíba (GHIGNONE,1972).

### 3.1.2 Sequência Início Rife

A tectonosequência Início de Rife, que dá início ao Supergrupo Araripe (NEUMANN & CABRERA, 1999; FAMBRINI et al., 2020) é representada pelas unidades litoestratigráficas Formação Brejo Santo e Nível inferior da Formação Missão Velha. Estas unidades estão dispostas no intervalo do Andar Dom João. Repousando discordantemente sobre os arenitos da Formação Cariri da Sequência Paleozóica e com contato superior com a continuidade do topo da Formação Missão Velha.

#### 3.1.2.1 Formação Brejo Santo

Compondo a base do Grupo Juazeiro do Norte (FAMBRINI et al., 2020), a Formação Brejo Santo, homônima do Município Cearense onde ocorrem as melhores e mais preservadas exposições é representada essencialmente de sedimentos pelíticos com níveis silte arenosos, além de ser um berço de descobertas micro e macropaleontológicas (MELO & CARVALHO, 2017) e portadora de biozonas importantes na datação relativa dos estratos vizinhos.

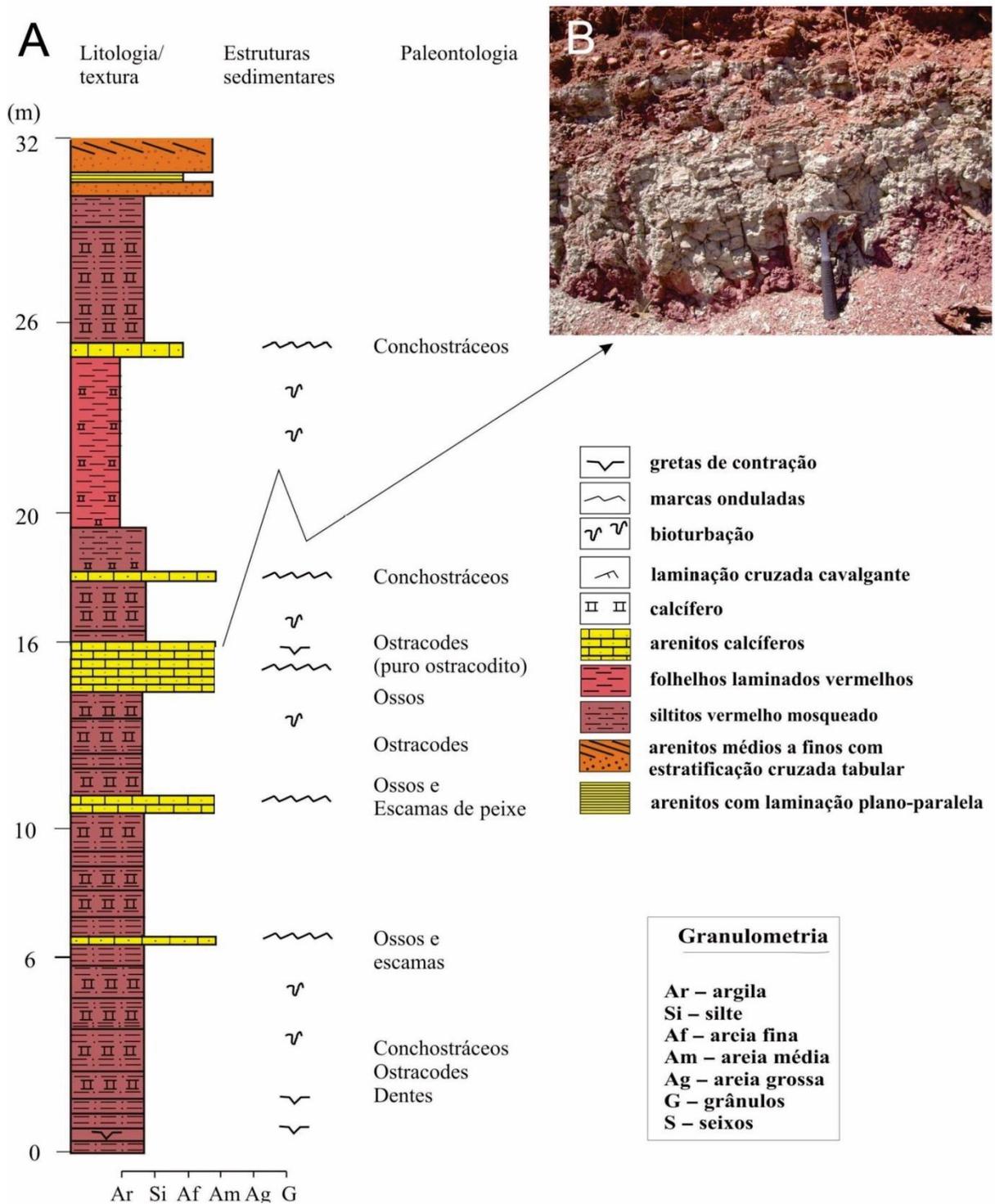
Limitada na base segundo um contato discordante com a Formação Cariri, enquanto está em contato gradacional com a unidade sobreposta (Fm. Missão Velha). Definida com um conjunto de camadas argilosas, maciças ou laminadas, com bolsões acinzentados de silte e lentes de calcário fino, ou arenito calcífero (Figura 13) com presença de ostracode não marinhos (BRAUN, 1966).

Considerada a primeira unidade lacustre presente na Bacia do Araripe com depósitos fluviais preservados, do tipo *Playa-lake* (FAMBRINI et al., 2013b). Enquanto outros trabalhos abordam como um sistema Fluvial efêmero com Planície de Inundação Distal (SCHERER et al., 2014).

Para esta formação foi atribuída idade Neojurássica devido a presença de ostracodes não marinhos das espécies *Bisulcocypris pricei* P & S e *Darwinula oblonga* ROEMER, segundo Braun (1966), Coimbra et al. (2002), Barros (2010), Barros et al. (2011), Fambrini et al. (2012b, 2013b), Melo & Carvalho (2017), indicativos do Andar Dom João, andar local do Titoniano.

Correlaciona-se esta unidade com a Formação Aliança do sistema Recôncavo-Tucano-Jatobá (RTJ) segundo Assine (1992, 1994), Fambrini et al. (2012b, 2013a) e Guzmán et al. (2015).

Figura 13 - Formação Brejo Santo - Perfil litológico típico da unidade.



Fonte: Modificado de Fambrini et al., (2020)

### 3.1.2.2 Formação Missão Velha Inferior

Repousando sobre um contato brusco a Formação Missão Velha se encontra na sequência estratigráfica sobre os pelitos avermelhados da Formação Brejo Santo. Dessa forma, os arenitos amarelados com pouca variação granulométrica denotam um padrão de caixa em seu perfil litológico estratigráfico (FAMBRINI et al., 2020).

Trata-se de corpos arenosos amalgamados que demonstram boa continuidade lateral com presença de lentes pelíticas subordinadas, portadora de troncos fósseis de coníferas do gênero *Agathoxylon* (FAMBRINI et al., 2017).

Possuindo uma espessura média de 200m, a unidade é caracterizada por camadas arenosas decimétricas composta de arenitos finos a grossos, até conglomeráticos, seguindo o empilhamento estratigráfico. Podendo ocorrer níveis argilo siltosos intercalados mas isolados.

O topo da unidade é característico pela presença concentrada dos troncos fósseis, sendo assim uma característica limitante da unidade sobre sua posição estratigráfica, assim como apontam os trabalhos (DA ROSA & GARCIA, 2000; FAMBRINI et al., 2011b, 2020; SCHERER et al., 2014).

Assim como apontado por Fambrini et al., (2011b), a unidade pode ser subdividida em duas subsequências I e II. A Subsequência Missão Velha Inferior (I) representa a base da unidade em contato com a formação sotoposta e representa a transição de um ambiente lacustre com influência fluvial até sua colmatação, que se restringe à Tectonosequência Rifte Inicial. Enquanto a unidade Missão Velha Superior, separada por uma discordância erosiva com conglomerados na base e apresenta uma inflexão dos paleofluxos que no pacote inferior são S, SE, na subsequência II apontam para SW, W e NW.

### 3.1.3 Sequência Clímax Rife

Esta sequência é composta pelas rochas das formações Missão Velha Superior e Abaiara, sendo a Tectonosequência de grande importância na estruturação e preenchimento da Bacia do Araripe, incrementando a depressão e o espaço de acomodação devido aos rearranjos tectônicos.

### 3.1.3.1 Missão Velha Superior

Esta unidade comporta os sedimentos do topo da unidade e repousam sobre uma superfície discordante erosiva intraformacional sob um nível de conglomerados. Esta unidade é composta de arenitos grossos, com estratos cruzados acanalados, dispostos em corpos alongados e tabulares, portadores de troncos fósseis (FAMBRINI et al., 2020; BARRETO JR. et al., 2021; BARRETO JR. & FAMBRINI, 2022).

O topo da formação é característico por sua maior granulometria. Seu contato superior é brusco com folhelhos e siltitos da Formação Abaiara.

Os padrões de paleofluxos para SW, W e NW, denotam um rearranjo de paleodrenagens da bacia em relação a subsequência I, Missão Velha Inferior (FAMBRINI et al., 2011b).

### 3.1.3.2 Formação Abaiara

A unidade de interesse, foi definida por Ponte & Appi (1990) como uma formação compostas por arenitos finos a médios, intercalados com siltitos e argilitos, com microfósseis de ostracodes típicos das biozonas do Neocomiano (Biozonas RT-002 e RT-003 da Petrobras) andares Rio da Serra/Aratu (PONTE-FILHO & PONTE, 1992). A caracterização faciológica é variada e a disposição destas camadas é bem diversificada, tanto vertical como lateralmente. Limitada por duas discordâncias, na base a superfície discordante que marca a ausência do Andar Rio da Serra e no topo a discordância Pré Alagoas, dessa forma a formação Abaiara encontra-se em contato brusco com a formação sotopota e sobreposta, respectivamente (PONTE-FILHO & PONTE, 1992; ASSINE, 1992).

Classificada como uma formação fase pré rifte (ASSINE, 2007), hoje tem como localização o topo da fase de Clímax Rifte, seguindo modelo de Prosser (1993) como atribuído por Fambrini et al., (2011b). Esta fase é caracterizada por grandes variações na geração de espaço de acomodação e do suprimento sedimentar. Assim ocorrem fases de evolução das zonas falhadas geradas pelas tensões em resposta às atividades crustais. (ASSINE, 1990, 1992, 2007; FAMBRINI et al., 2011b, 2012a)

A classificação dos sedimentos da Formação Abaiara é dada conforme as interpretações tomadas pelo empilhamento, seções e sucessões das fácies

encontradas em afloramentos da região. Dessa forma, a unidade já foi classificada como sedimentada por um sistema lacustre-deltaico-fluvial entrelaçado, com padrões granocrescentes ascendentes e base compostas por sedimentos mais finos (argilitos, siltitos e folhelhos) evoluindo para arenitos e níveis conglomeráticos no topo (ASSINE, 2007).

Contraopondo-se à interpretação citada acima, Fambrini et al. (2012b), Costa et al. (2014) definiram o ambiente sedimentar que originou a unidade como um sistema deltaico que evoluiu para um fluvial meandrante, devido a variedade faciológica presente nos sedimentos.

### **3.1.4 Sequência Pós Rife**

A esta tectonosequência relaciona-se o início do Grupo Santana, composto pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo (FAMBRINI et al., 2020).

#### **3.1.4.1 Formação Barbalha**

A Formação Barbalha limita-se na base pela discordância Pré-Alagoas e repousa discordantemente sobre a Formação Abaiara. Esta unidade aflora nos sopés das escarpas no entorno da Chapada do Araripe e no morro testemunho (Serra da Mãozinha) na porção leste da bacia (Vale do Cariri) (ASSINE, 1992, 2007; PONTE & APPI, 1990).

A Formação Barbalha é composta de litologias psamíticas e, secundariamente, pelíticas. O conteúdo paleontológico da unidade encontra-se permeado aos sedimentos pelíticos que se tratam de folhelhos betuminosos de coloração preta ricos em fragmentos de peixes (*Dastilbe elongatus*), conchostráceos, ostracodes, fragmentos de vegetais carbonizados e polens.

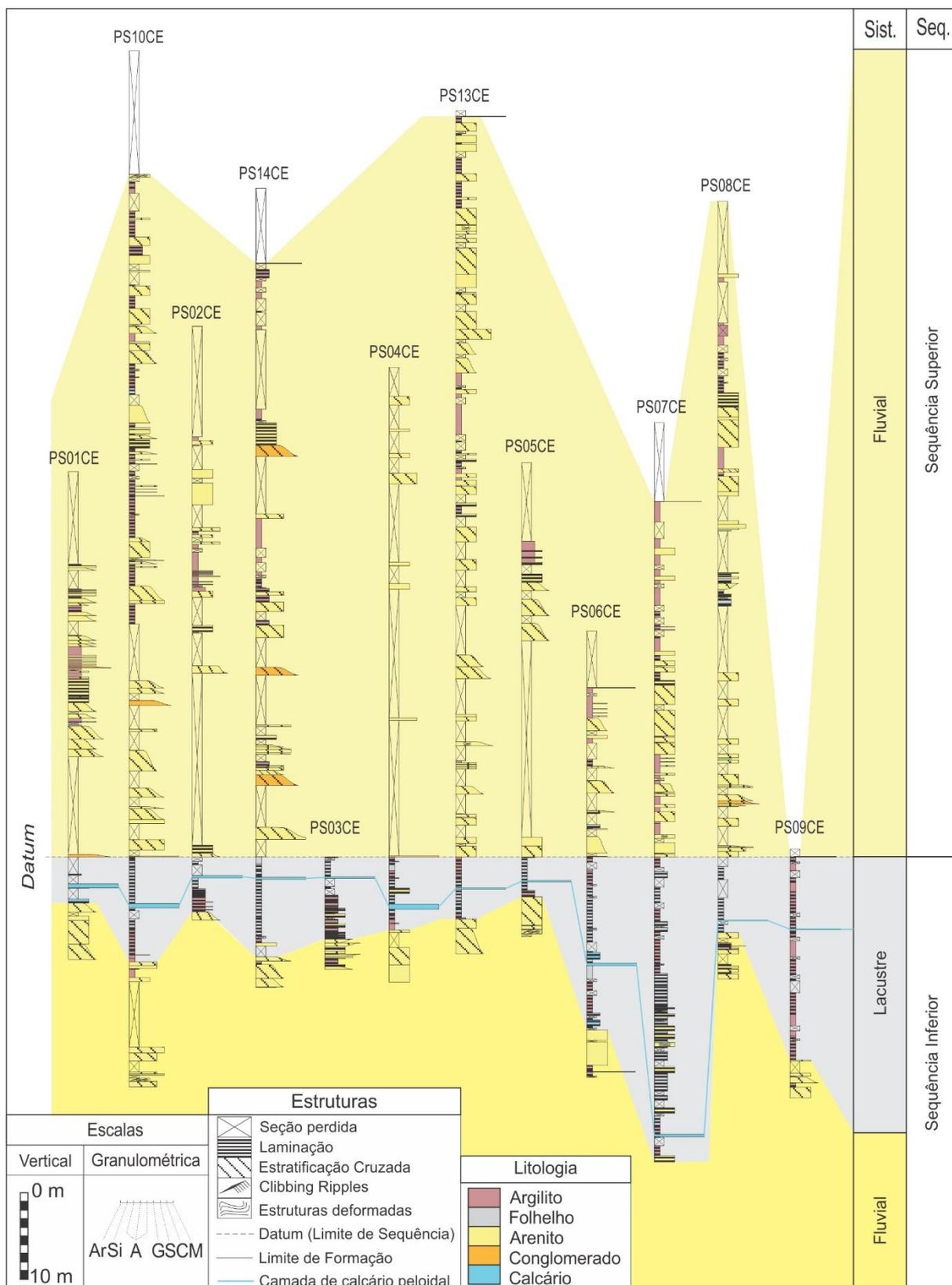
A Formação Barbalha é composta por dois ciclos fluviais granodecrescentes que se encerram em níveis pelíticos lacustres ou fluviais (ASSINE, 2007; FAMBRINI et al., 2015b, SILVESTRE et al., 2020). A sucessão exhibe nítida tendência granodecrescente ascendente com níveis pelíticos no topo.

Estes autores identificaram dois ciclos granodecrescentes, e o ciclo inferior termina com uma camada de folhelhos pretos pirobetuminosos, que foi denominada

como Camadas Batateira (HASHIMOTO et al. 1987).

Análise de trato de sistemas para ambientes continentais promovida por Scherer et al. (2015) propõe que os dois ciclos, aos quais designaram de duas sequências, configuram-se em tratos de sistemas: depósitos de canais amalgamados e os depósitos de overbank e/ou lacustrinos. Desta forma os autores compreendem os dois grandes ciclos da formação em função da inflexão destes tratos, onde cada um dos ciclos contém os tratos em seu empilhamento, assim como apontam Silvestre et al., (2020) (Figura 14).

Figura 14 - Sequências da Formação Barbalha. Dados de testemunhos de sondagem.



Fonte: Silvestre et al., 2020.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 NOVOS DADOS DE MAPEAMENTO**

Partindo do uso das imagens SRTM das folhas 07S39 e 06S405 que juntas compõem a área de interesse deste trabalho, foram elaborados alguns mapas auxiliares para o desenvolvimento do trabalho. Assim, em conjunto, os dados levantados em afloramentos com os dados obtidos a partir destes mapas, ajudam a entender os padrões de sedimentação e reconstrução paleogeográfica da bacia.

#### **4.1.1 Mapa Topográfico**

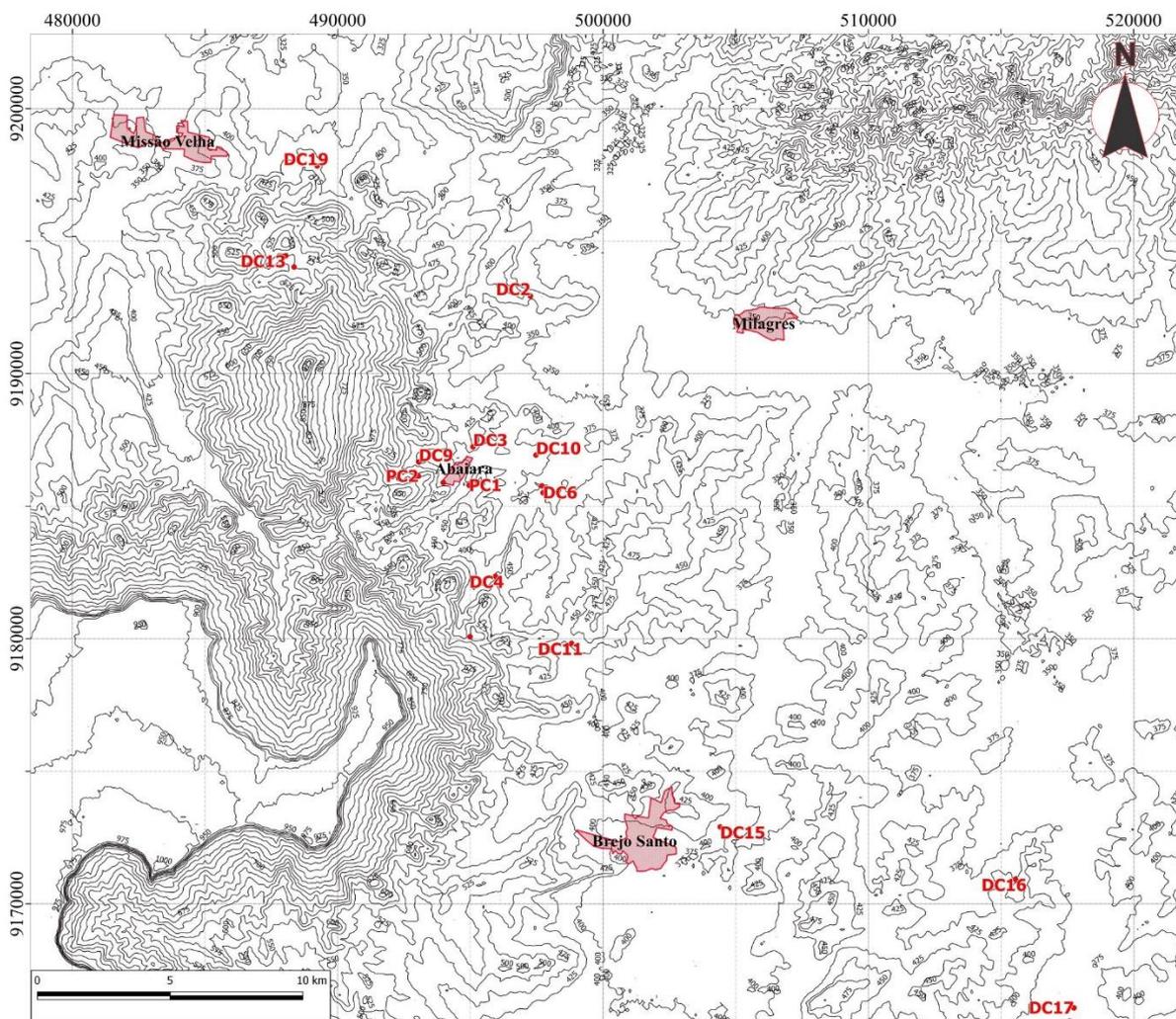
Utilizando dos valores altimétricos georreferenciados das imagens SRTM, pode-se construir um mapa topográfico que auxilia no entendimento do relevo. Assim podem ser visualizadas áreas com predomínio de zonas arrasadas pela erosão diferencial em função da tipologia das rochas e sua resistência aos processos intempéricos/erosivos.

Portanto, foram definidas áreas de interesse, durante as etapas pré-campo onde mostravam contrastes morfológicos bem marcados (Figura 15), assim exprimindo zonas onde há uma variação bem marcada de rochas, como observada nos pontos demarcados.

As áreas que demonstram formas de relevo mais arrasadas coincidem com afloramentos de rochas predominantemente argilosas e de textura arenosa muito fina. Essas características se assemelham às Formações Brejo Santo e Abaiara, nesta última em relação aos conjuntos de fácies argilosas.

Enquanto que as regiões com relevo proeminente condizem com áreas aflorantes de rochas essencialmente arenosas de textura média a fina, com maior grau de compactação e resistência mecânica. Estas rochas são condizentes com as Formações Missão Velha, Abaiara e Barbalha.

Figura 15- Mapa topográfico com intervalos de 25 metros a partir de interpretação de imagens SRTM, centros municipais nas áreas avermelhadas, pontos de afloramentos destacados (Cod.: DCnn) (UTM-24M-WGS84).



Fonte: O autor (2023)

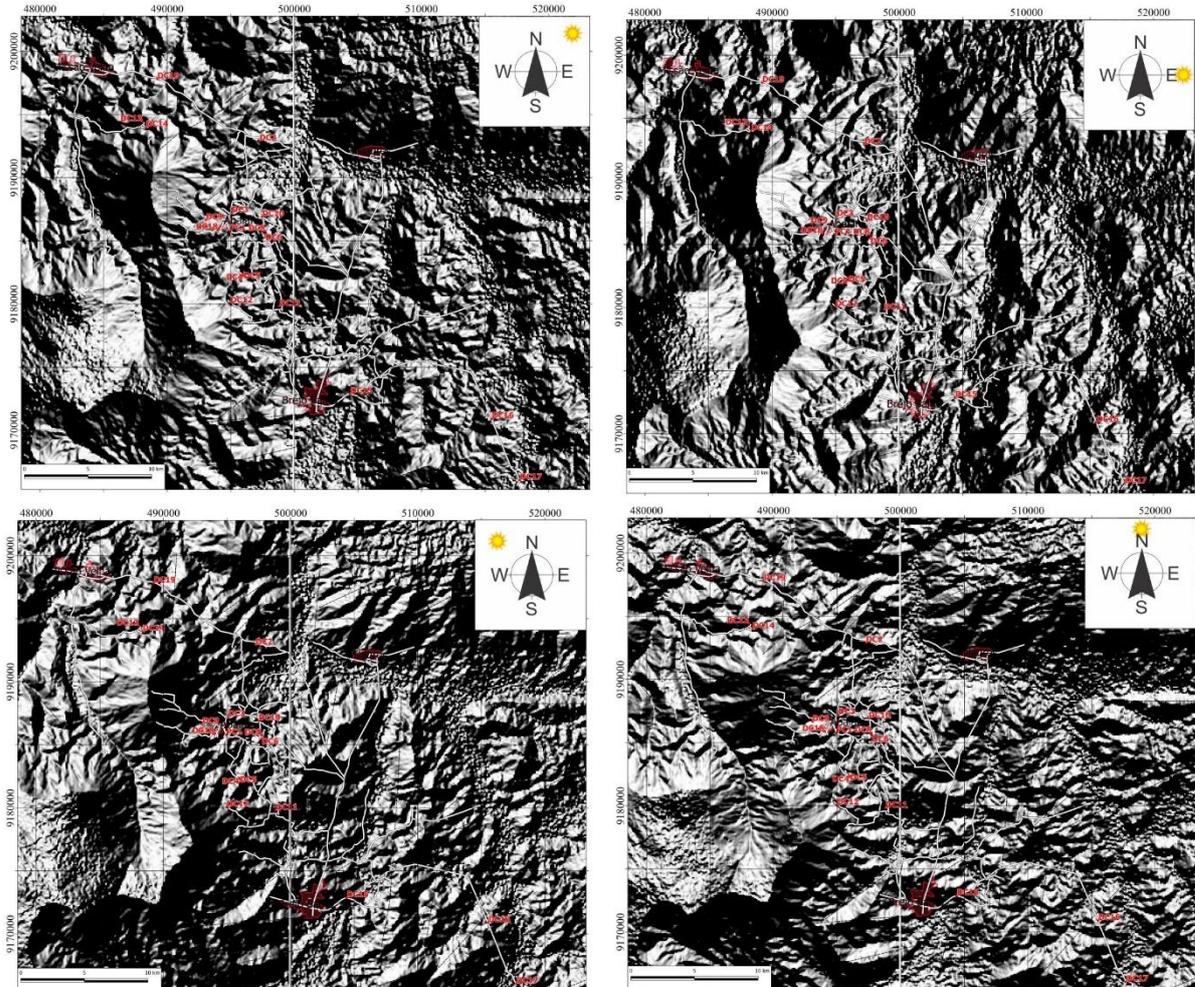
#### 4.1.2 Mapa de Modelo Digital de Elevação (MDE)

Sequencialmente foram elaborados os mapas MDE em que se reconstrói uma superfície a partir dos dados de coordenadas e altimetria. Portanto, foram gerados 4 mapas com azimutes de insolação 90, 45, 0 e 315, equivalentes às direções Leste, Nordeste, Norte e Noroeste, respectivamente. Sob as perspectivas destas incidências, podem ser demarcadas estruturas perpendiculares a subperpendiculares a estas direções.

Portanto, ficaram evidenciadas estruturas preferencialmente alinhadas segundo a bibliografia consagrada de acordo com as famílias de direções NE-SW, E-

W e N-S (Figura 16).

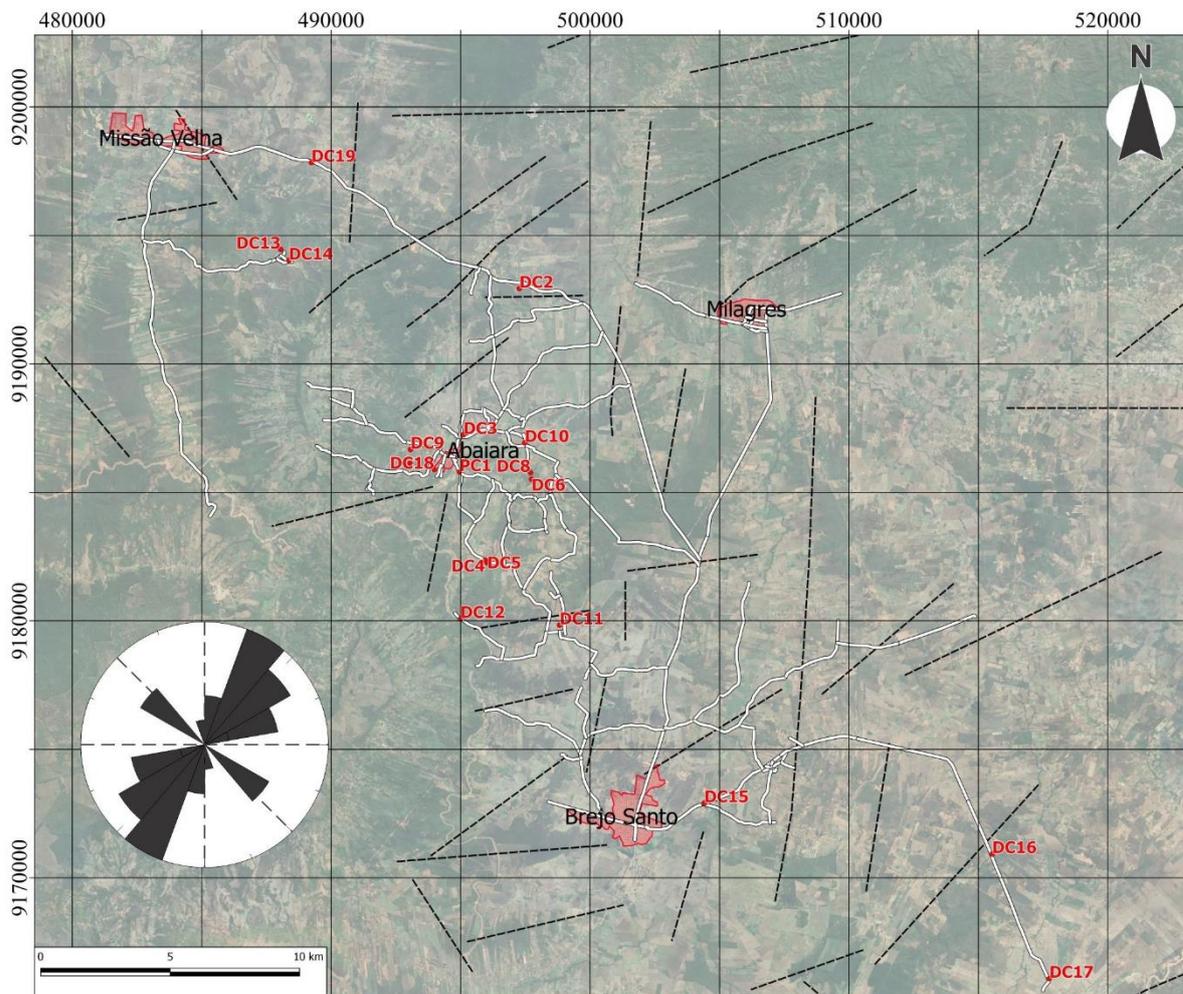
Figura 16 - Quadro de mapas MDE nas diferentes direções de incidência.



Fonte: O autor (2023)

Decorrente destas imagens foram reconhecidas e demarcadas estruturas herdadas do embasamento e subsequente ao processo de rifte que promoveu a abertura da bacia sedimentar do Araripe. Composto, junto aos dados de campo no diagrama de roseta, as estruturas fotointerpretadas (Figura 17) que condiz com famílias de falhas normais e transcorrentes NE-SW, E-W e de forma subordinada NS assim como apontado em Camacho e Sousa (2017); Fambrini et al., 2019.

Figura 17 - Mapa de interpretação das estruturas rúpteis fotointerpretadas e o diagrama das estruturas medidas em campo. Feições marcadas no mapa com linhas pretas tracejadas representam as feições inferidas por fotointerpretação das imagens. As áreas delimitadas em vermelho são centros municipais.



Fonte: O autor (2023)

## 4.2 ESTRATIGRAFIA DA UNIDADE

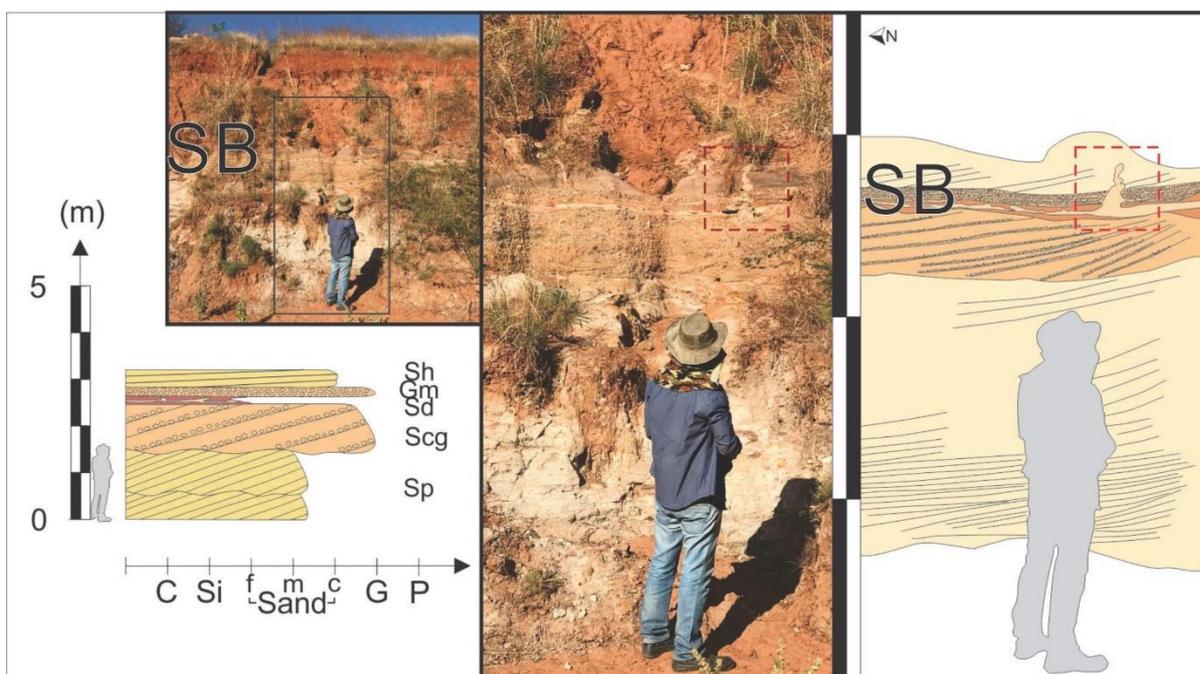
Foram analisados 18 afloramentos nos arredores dos municípios de Abaiara-CE e Brejo Santo-CE. Destes afloramentos foram elegidas 8 seções típicas para definição de litofácies, seus elementos arquitetônicos e confeccionar fotomosaicos que auxiliaram na interpretação dos processos de sedimentação atuantes.

#### 4.2.1 Análise Faciológica

Foram observadas 13 litofácies que se intercalam nos afloramentos segundo a evolução da Formação Abaiara. Estas litofácies são: Conglomerados maciços (Gm), Conglomerados estratificados (Gt), Arenitos conglomeráticos estratificados (Scg), Arenitos com estratificação cruzada acanalada (St), Arenitos com estratificação cruzada tabular (Sp), Arenitos com estratificação plano-paralela (Sh), Arenitos laminados (Sl), Arenitos maciços (Sm), Arenitos finos a médios com *climbing-ripples* (Scr), Arenitos com estratos deformados (Sd), Siltitos, argilitos e arenitos finos laminados (depósitos heterolíticos) (Fsm), Argilitos maciços (Fm), Folhelhos laminados (FI) (Tabela 2).

A fácies Gm foi observado no topo da unidade e representa pacotes centimétricos a decimétricos de conglomerados clastos suportados sem estruturação interna, moderadamente selecionados, com presença de areia grossa entre os clastos arredondados a subarredondados (Figura 18).

Figura 18 Conjunto de fácies Gm, Scg, Sp, Sd e Sh em afloramento próximo ao topo da unidade. Evidência no quadrado tracejado do dique clástico de arenito muito fino com argila, deformado que rompeu as camadas sobrepostas. Elemento Arquitetural SB – Barras arenosas.



Fonte: O autor (2023)

Enquanto que a fácies Gt apresenta-se com pacotes tabulares de arcabouço contendo grânulos a seixos (intraformacionais), permeado por areia grossa. Apresentam-se estruturados segundo estratos cruzados acanalados com maior concentração dos grânulos e seixos na base dos sets.

Esta fácies (Gt) é condizente com migração de barras carcalhosas em momentos de alto regime de fluxo, sem ultrapassar o número de Freud (HORN et al., 2012). Dessa forma o canal fluvial consegue transportar por tração partículas mais grossas e progressivamente retrabalhando os sedimentos (*stoss side*) e sedimentando na frente da barra (*lee side*).

O conjunto de fácies arenosas é diversificado e representa arenitos de granulação fina a grossa, diferentes níveis de seleção e coloração variegada. As fácies arenosas podem apresentar estruturação maciça (Sm), com estratos cruzados de feição tabular a acanalada (Sp e St), com estratos deformados (Sd), níveis laminados (Sl), com laminação cruzada cavalgante (Scr) e alguns horizontes conglomeráticos (Scg).

Representado por corpos canalizados a lenticulares, com espessura decimétrica, extensão lateral limitada e base conglomerática, a fácies Scg é representado por arenitos médios estruturado em estratos cruzados, contendo grânulos na base erosiva (Figura 19).

Trata-se de um conjunto de fácies pouco evidenciado em afloramentos, o que pode representar a baixa ocorrência de ciclos com incisão fluvial e retrabalhamento dos sedimentos em função do incremento da razão suprimento sedimentar/espaco de acomodação. Todavia, também pode indicar a baixa ocorrência de afloramentos com a evidência desta fácies que predominam nos depósitos de aluviões em blocos falhados de sistemas rifte (ASSINE, 2007).

A fácies Sm apresenta-se composto de pacotes arenosos de granulação fina a média, sem estruturação interna. Geometria lenticular, isoladamente tabular com espessuras decimétricas. Esta fácies pode representar depósitos sedimentados por uma queda abrupta da capacidade do fluxo após um intervalo de pico de descarga, em sistemas fluviais com alta variação do fluxo (REESINK & BRIDGE, 2011).

Este processo promove a estagnação do transporte de forma brusca devido a instabilidade hidráulica, provocada pela perda da capacidade do fluxo, que provoca rápida sedimentação das partículas que se encontravam em movimento.

O conjunto de fácies arenosas com estratificação planar (Sp), se apresenta composto de arenitos com granulação fina a média, dispostos em pacotes decimétricos, apresentando geometria tabular com relativa continuidade lateral.

A esta fácies se atribui a classificação de processos sedimentares envolvendo migração de dunas 2D submersas por longos períodos em trechos de canais fluviais com condições de fluxo estáveis (SAMBROOK et al., 2005) ou migração de marcas onduladas de baixa amplitude em superfícies planas, no caso das laminações (FIELDING, 2006).

Enquanto a fácies Sh (Figura 20) e Sl são predominantemente compostos de arenitos finos, com estruturas (estratos/laminação) paralelas aos limites da camada. Os pacotes apresentam geometria tabular com espessuras de escala centimétrica a decimétrica.

A estruturação horizontalizada destas fácies ou corpos tabulares em lençol, representam depósitos de barras relativamente estáveis onde prevalece a agredação vertical e lateral dos sedimentos arenosos transportados (SAMBROOK et al., 2005). A preservação destas fácies em sistemas fluviais caracterizados por alta variação na descarga pode ser resultado de rápidas quedas no regime do fluxo após os eventos de cheia o que dificulta o retrabalhamento das fácies recém depositadas (FIELDING, 2006).

Tabela 2 - Tabela de litofácies definidas segundo os afloramentos da Formação Abaiara.

Cód.	Litofácies	Descrição e estruturas sedimentares
Gm	Conglomerados maciços	Conglomerados arenosos maciços com arcabouço de grânulo a seixos (Figura 18).
Gt	Conglomerados com estratificação cruzada acanalada	Conglomerados arenosos com estratificação cruzada acanalada (10-40 cm de espessura), clastos suportados, com granulação grânulo até seixos. Clastos de natureza intra e extraformacionais.
Scg	Arenitos conglomeráticos	Corpos arenosos de base erosiva compostos de arenitos com estratificação cruzada. Esses canais são tipicamente de 3 a 10 m de largura e 30 a 80 cm de espessura (Figura 18 e 19).
St	Arenitos com estratificação cruzadas acanaladas	Camadas arenosas com granulação grossa a média e estratos cruzados acanalados, em pacotes decimétricos a métricos. (Figura 21)
Sp	Arenitos com estratificação cruzada planar	Arenitos de granulação finos a médios, com granulos espaçados, baixa seleção, estruturados Segundo estratos cruzados tabulares. Corpos tabulares e de espessuras decimétricas.
Sh	Arenitos com estratificação plano paralela	Arenitos, finos, moderadamente selecionados, estruturados em estratos plano paralelos horizontalizados. Dispostos em geometria lenticular ou tabular de espessuras decimétricas (Figura 20).
Sm	Arenitos maciços	Arenitos finos a médios sem estruturação interna dos grãos. Moderadamente a bem selecionados dispostos em pacotes tabulares a lenticulares decimétricos.
Sl	Arenitos finos laminados	Arenitos finos com estrutura laminada, horizontes delgados paralelos com espessuras milimétricas entre as lâminas.
Scr	Arenitos com laminação cruzada cavalgante	Arenitos finos, por vezes com presença de matriz argilosa. São pacotes delgados e isolados com presença de marcas de ondas que se sobrepõe sobre os sets.
Sd	Arenitos com estratos deformados	Arenitos de granulação média a fina, que apresentam estruturas prévias deformadas por fluidização dos estratos inconsolidados por deformações ou atividades tectônicas penecontemporâneas (Figura 22).
Fsm	Finos Heterolíticos	Arenitos muito finos, Siltitos e argilitos maciços a laminados, intercalados sem diferenciação na sedimentação (Figura 23).
Fl	Finos laminados	Argilitos e siltitos de coloração variada e estruturados por laminação (Figura 23).
Fm	Finos maciços.	Argilitos e siltitos de coloração variada e sem estruturação interna dos estratos (Figura 23).

Fonte: O autor (2023)

Figura 19 - Fácies Scg com clastos de fragmentos intraformacionais (Clasto escuro – Arenito) da bacia.



Fonte: O autor (2023)

Figura 20 - Fácies Sh em detalhe de afloramento.



Fonte: O autor (2023)

A fácies St são muito bem expostos na área de estudo da Formação Abaiara (Figura 21). Esta fácies compreende arenitos médios a grossos, mal selecionados, com grânulos e seixos esporádicos, localmente conglomeráticos. Apresentam-se em corpos com geometria lenticular, estratificações cruzadas acanaladas de médio a grande porte, solitárias ou agrupadas, destacados por uma abundância de clastos dispostos nos *foresets* das estratificações.

Figura 21 - Fácies St - Arenitos com estratificação Cruzada acanalada.



Fonte: O autor (2023)

Devido a variedade de feições e escalas em que são observadas estas fácies o processo de sedimentação destas pode ser caracterizado de diferentes formas, desde migração de formas de leito fluviais, trechos de fluxo turbulento, dunas 3D.

Dessa forma, a variedade da descarga fluvial, a condição climática e o índice de vegetação da barra e periferias do canal fluvial são fatores determinantes para o modelo de sedimentação destas estruturas (FIELDING, 1996).

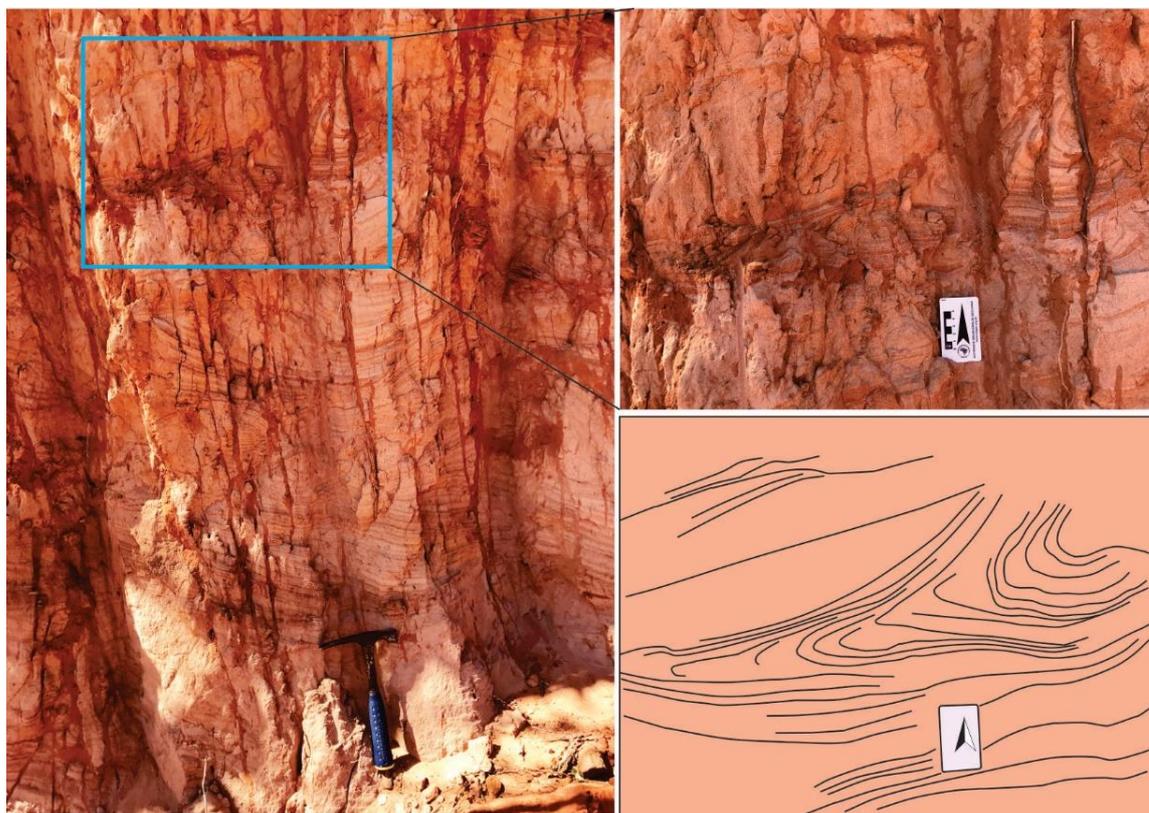
A fácies Scr é caracterizado por um pacote de sedimentos composto de arenitos finos a muito finos contendo matriz argilo-siltosa, dispostos em laminações sobrepostas com registro de fluxo por marcas de onda nos sets.

Esta fácies é encontrada de forma recorrente associada a pacotes de sedimentos mais finos e lentes arenosas isoladas. A este intervalo de sedimentos compostos pela fácies Scr pode-se classificar como resultante de *Finning Downstream*, efeito causado pela incisão de afluente rico em sedimentos finos (REESINK et al., 2013) ou depósitos de planícies de inundação ou espraiamento de crevasse, onde um fluxo rompe os limites do canal e a descarga sedimentar ocorre em uma área vasta sob condições de fluxo desconfinado (NORTH & DAVIDSON, 2012).

A fácies Sd apresenta-se composta de arenitos de granulação fina a média, com presença ou não de matriz argilosa, coloração variada e estruturação interna deformada por processos pós deposicionais, como exemplo: estratos convolutos, diques clásticos, vulcão de lama. (Figura 22).

A presenca destas fácies, assim como apontado por Prosser (1993): “soft sediment deformation structures” - são indicativos de pulsos tectônicos contemporâneos à sedimentação. Estes eventos tectônicos deformaram estruturas sedimentares anteriores, porém ainda não consolidadas.

Figura 22 - Fácies de arenitos deformados (Sd) em detalhe e fotointerpretada.



Fonte: O autor (2023)

As fácies de argilitos e siltitos foram definidas por camadas tabulares e/ou lenticulares de espessura decimétrica a métrica. Observam-se pacotes de coloração avermelhada com tons castanhos, esverdeadas ou acinzentadas. Podendo apresentar padrão maciço (Fm) ou laminado (Fl) ou heterolíticos (Fsm), esta última quando não apresenta uma singularidade bem definida dos componentes (Figura 23).

São fácies mais predominantes na base da formação e marcam o contato brusco com a Fm. Missão Velha. Contudo, estas fácies também ocorrem em níveis superiores, de forma secundária, intercaladas as camadas arenosas.

Estas fácies são classificadas como resultantes de deposição por precipitação em corpos aquosos calmos em regime estacionário ricos em sedimento suspenso, a exemplo de planícies de inundação e meandros abandonados.

Consequentemente, devido à similaridade morfológica e textural destas fácies com o conjunto de fácies lacustres da Fm. Brejo Santo, a Formação Abaiara pode ser confundida, causando uma falsa interpretação estratigráfica dos sedimentos.

Além da semelhança aparente, as duas unidades ficam em contato lateral, realocadas por falhas normais posteriores à fase rifte que terminaram por alojar estas duas formações em continuidade lateral, fato que facilita a confusão estratigráfica dos afloramentos.

No entanto, as fácies da Fm. Brejo Santo são portadoras de fósseis guias de ostracodes não marinhos do Andar Dom João (BRAUN, 1966; COIMBRA et al., 2002; BARROS, 2010; BARROS et al., 2011; FAMBRINI et al., 2012b, 2013b; MELO & CARVALHO, 2017) e possuem camadas areno-siltosas carbonáticas, características quais não foram encontradas em nenhum dos afloramentos visitados da Fm. Abaiara.

Figura 23 - Fácies Fm, Fl e Fsm em um intervalo típico da base da Formação Abaiara.



Fonte: O autor (2023)

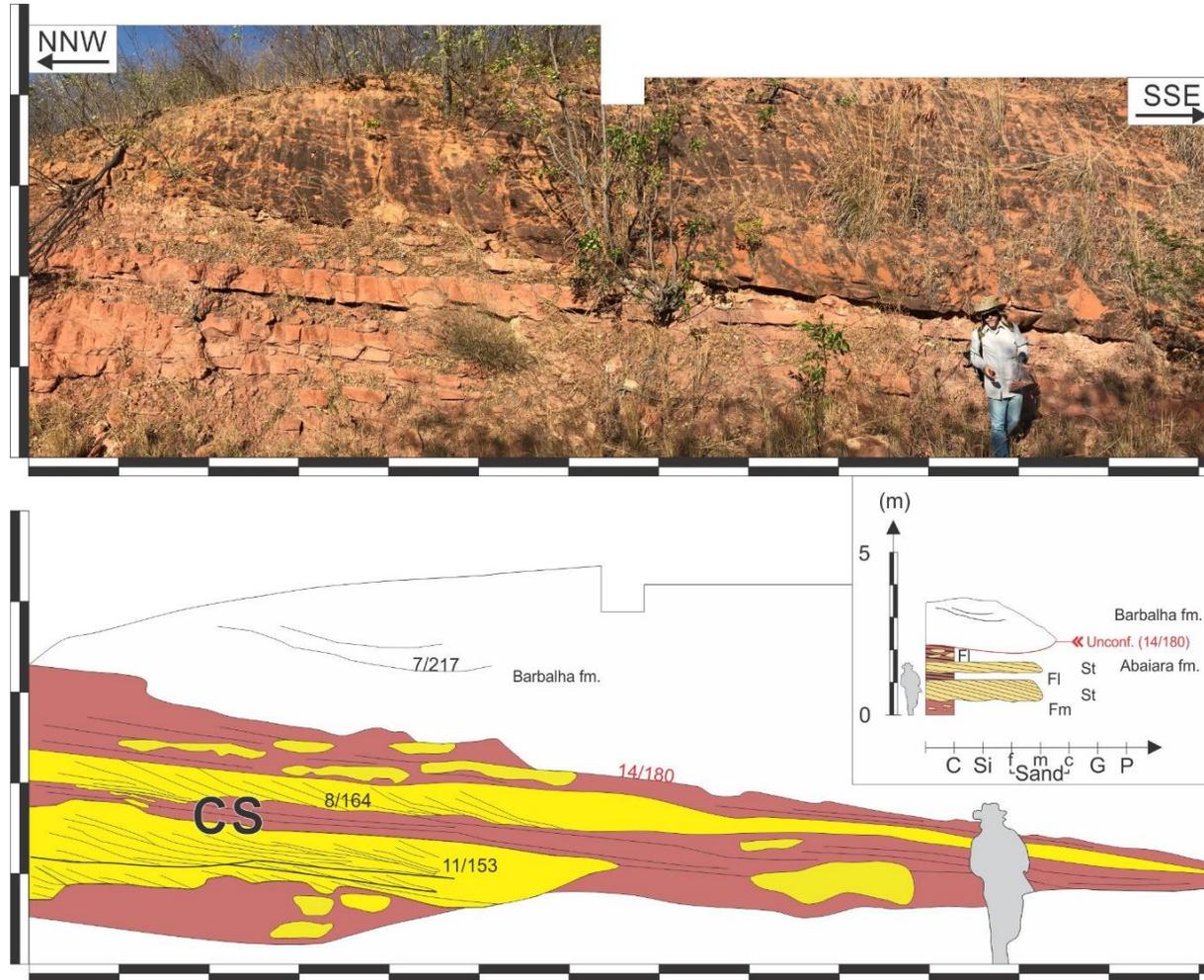
Contudo, o limite superior da Fm. Abaiara com a Fm. Barbalha se dá sobre uma superfície erosiva que marca a Discordância Pré-Alagoas de caráter regional.

Devido a esta superfície o recorte e incisões erosivas dependem da paleogeografia da região que vinha a ser recém moldada pelo processo de rifte.

Neste caso a discordância abrange de forma irregular diferentes pontos da unidade sotoposta (Fm. Abaiara) sedimentando assim, a Fm. Barbalha em contato brusco com diferentes litotipos, litofácies e conjuntos de pacotes sedimentares distintos.

Exemplo desta variação é a presença da Discordância bem definida, variação litológica, empilhamento sedimentar diferenciado e paleofluxos distintos na Figura 24.

Figura 24 – Afloramento DC8. Contato superior da Fm. Abaiara com a base do ciclo inferior da Fm. Barbalha. Evidência de uma sucessão sedimentar e migração lateral de fácies do tipo CS (Elemento de Espreadimento de *Crevasse*). Discordância Pré Alagoas (4ª ordem) com atitude 14/180 demarcando a mudança de paleofluxo dos dois sistemas.



Fonte: O autor (2023)

#### 4.2.2 Análise de Elementos Arquitetônicos

Foram identificados oito elementos arquitetônicos na Formação Abaiara. Os elementos são: CH(a) e (b): Preenchimento de canal, SB: Barras arenosas, SG: Depósitos de fluxos gravitacionais, DA: Macroformas de acreção a jusante, LA: Macroformas de acreção lateral, LS: Lençóis de areia laminada, FF: Finos de planície de inundação e CS: Espriamento de *Crevasse* (Tabela 3).

Tabela 3 – Elementos Arquiteturais reconhecidos em afloramentos.

<b>Elementos Arquitetônicos</b>	<b>Simb.</b>	<b>Principal associação de fácies</b>	<b>Geometria e correlação</b>
Preenchimento de Canais	CH (a/b)	Combinação variada de fácies arenosas e pelíticas.	Lentes ou camadas, isolados ou amalgamados de corpos arenosos com base erosiva e preenchimento seguindo fluxo trativo.
Barras Arenosas	SB	St, Sp, Sh, Sl Scr.	Camadas e lentes arenosas sobrepostas, marcadas por superfícies erosivas, retrabalhamento e progressão da barra.
Macroforma de acreção à Jusante	DA	St, Sp, Sh, Sl Scs.	Lentes ou corpos tabulares, regulares de areias estratificadas. Isolados ou amalgamados.
Macroforma de acreção Lateral	LA	St, Sp, Sh, Sl Scr,	Forma lobada, cumeiforme com leve inclinação dos pacotes, fluxo perpendicular ao mergulho das camadas.
Forma de leito cascalhoso	SG	Gm e Gt.	Forma lobada a acamadada.
Lençóis de areia	LS	Sh, Sl.	Camadas tabulades a lenticulares.
Planícies de inundação	FF	Fm, Fl	Camadas tabulares a lenticulares de espessura centimétrica geralmente intercaladas a horizontes arenosos.
Espriamento de <i>Crevasse</i>	CS	Fl, Fm, Sm, Sl	Intervalos dominados por sedimentos finos, com estruturação interna ou não, onde se intercalam camadas decimétricas de arenitos finos a médios, com estratificação cruzada ou laminação.

Fonte: O autor (2023)

#### 4.2.2.1 Elementos de preenchimento de canal (CH)

##### 4.2.2.1.1 Descrição Elemento CH

Os elementos de preenchimento de canal na Formação Abaiara são caracterizados por unidades de base erosiva que cortam depósitos finos de planície de inundação (compostos pelas fácies Fl, Fsm e Fm) do ciclo subjacente. Os canais (elementos CH) ocorrem associados a todos os outros elementos, em escalas diferentes. Este elemento arquitetônico apresenta um grande número de canais, barras menores e complexos. As bases dos canais formam superfícies irregulares e erosivas com até 1,5 m de relevo incisivo. O preenchimento dos elementos de canal consiste em conglomerados maciços (Gm) a localmente estratificados, com matriz de areias de granulação grossa a média (facies Scg e St). Os contatos erosivos entre fácies de argilitos subjacentes e conglomerados sobrejacentes e fácies de arenitos grossos constituem superfícies limitantes de quinta ordem (MIALL, 1985; HALFAR et al., 1998, MRINJEK et al., 2006).

Dois tipos de elemento de preenchimento de canal podem ser reconhecidos com base na variabilidade de espessura, estilo de empilhamento e caráter geral de enchimento sedimentar: elemento de preenchimento de canal CHa e CHb.

O elemento de preenchimento de canal CHa é caracterizado por corpos empilhados e cheios de canais de vários andares (*multistorey*), depósitos dos quais são sobrepostos uns aos outros (Figura 25, 26, 27 e 28). Eles ocorrem principalmente nas partes inferior e média da Formação Abaiara e são divididos por finas unidades de argilitos cinza-esverdeados, ou avermelhados, siltitos cinza claro e arenitos laminados finos.

Internamente, os corpos individuais de arenito têm de 0,8 a 2,0 m de espessura, caracterizados principalmente pelas facies Scg e St, com conjuntos subordinados de facies Sp e Scr, todos dispostos em pacotes granodécrescente ascendentes (*fining-upward*). Alguns elementos do canal podem ser rastreados lateralmente para distâncias superiores a 500 m.

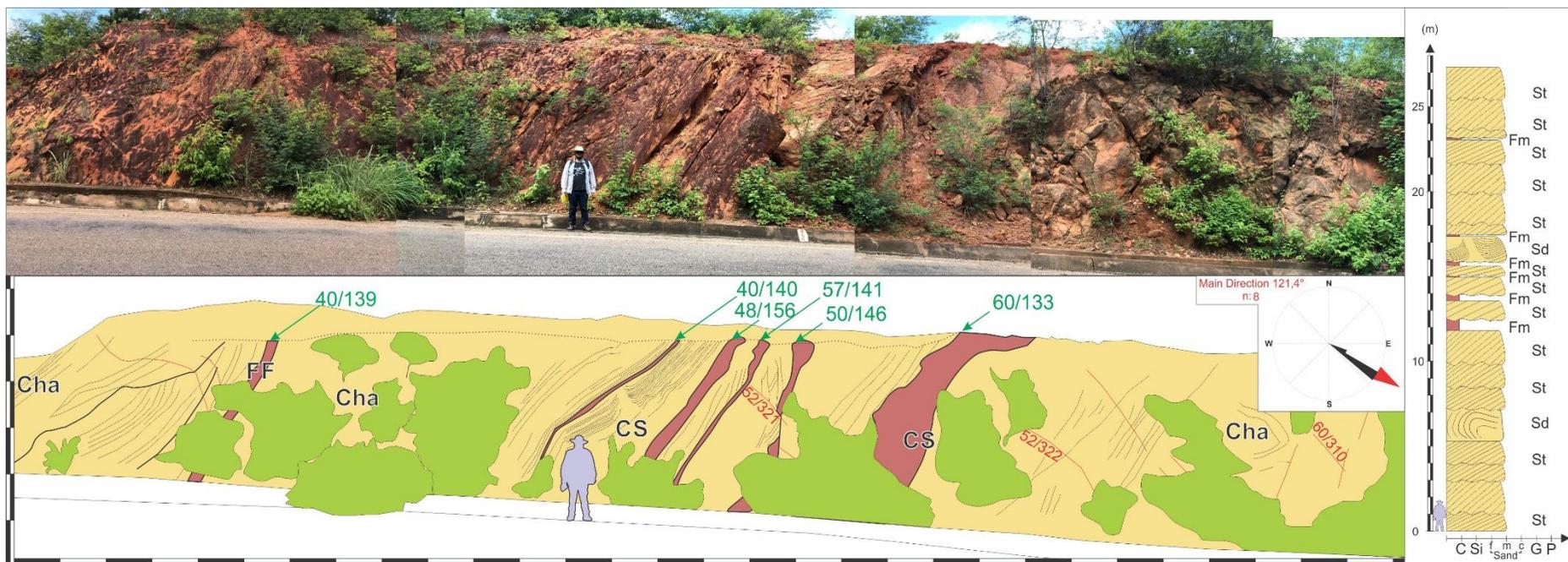
As margens dos corpos do canal, quando expostos, exibem uma geometria semelhante a uma cunha, geralmente indicando cerca de 1 m de incisão. A sucessão é composta de folhas e lentes, com litotipos arenosos com finos (argila/silte) intercalados. As superfícies limitantes de topo, superfícies de acreção, se mostram inclinadas a baixo nível, cada uma com algumas dezenas de metros de extensão.

O elemento de preenchimento de canal CHb é caracterizado por corpos de preenchimento de canal de um ciclo isolado (Figura 27 e 28). Tais elementos representam o tipo de canal mais comum nas partes média e superior da sucessão da Formação Abaiara, e são caracterizados por uma geometria lenticular ou tabular, de até 6 m de espessura e de 50 a 200 m de largura.

As partes centrais desses corpos são representadas pela principal baixa topográfica, embora geralmente com um padrão assimétrico em seção transversal com uma zona de espessura máxima perto de uma margem. Estes elementos CHb consistem predominantemente em larga escala de fácies de arenitos com estratificações cruzadas acanaladas (fácies Scg e St), com conjuntos sub-ordenados de fácies Sp, todos sobrepostos por fácies finas de transbordamento (*overbank*) Fm e Fl.

O limite basal é erosivo e pode apresentar na base clastos de retrabalhamento do substrato de planícies de inundação. A estrutura sedimentar mais abundante em elementos CHb são leitos cruzados acanalados, que apresentam espessuras de até 1 m de espessura. Os conjuntos mais grossos e espessos ocorrem na parte basal dos elementos CHb. As partes centrais dos elementos do CHb mostram estratificações cruzadas tabulares e de baixo ângulo em arenitos grossos a médios e passam para cima para arenitos finos e siltitos, muito semelhante à sucessão clássica de Allen (1965).

Figura 25 – Afloramento DC16 a Oeste do Município de Brejo Santo com evidências de deformação penecontemporânea dos estratos da unidade. Evidência de Fácies St, Sd e Fm. Elementos CHb, CS e FF. Medidas, em verde, das Superfícies de 5ª ordem hierárquica (Catuneanu, 2003). Paleofluxo reconstruído, SE.



Fonte: O autor (2023)

#### 4.2.2.1.2 Interpretação Elemento CH

O elemento de canal (*multistorey channel*) CHa é interpretado por representar os preenchimentos verticalmente empilhados dos principais cinturões de canais. Esta interpretação baseia-se na relação de erosão consistente com os depósitos finos de planícies de inundação subjacentes. Os corpos dos canais são incisados em sedimentos subjacentes e, a partir disso, pode-se inferir que a avulsão do rio a novos locais envolvia níveis variáveis de escavação de aluvião previamente depositado, não preservando lentes de depósitos finos (FIELDING e WEBB, 1996; BRIDGE, 2006; GIBLING, 2006).

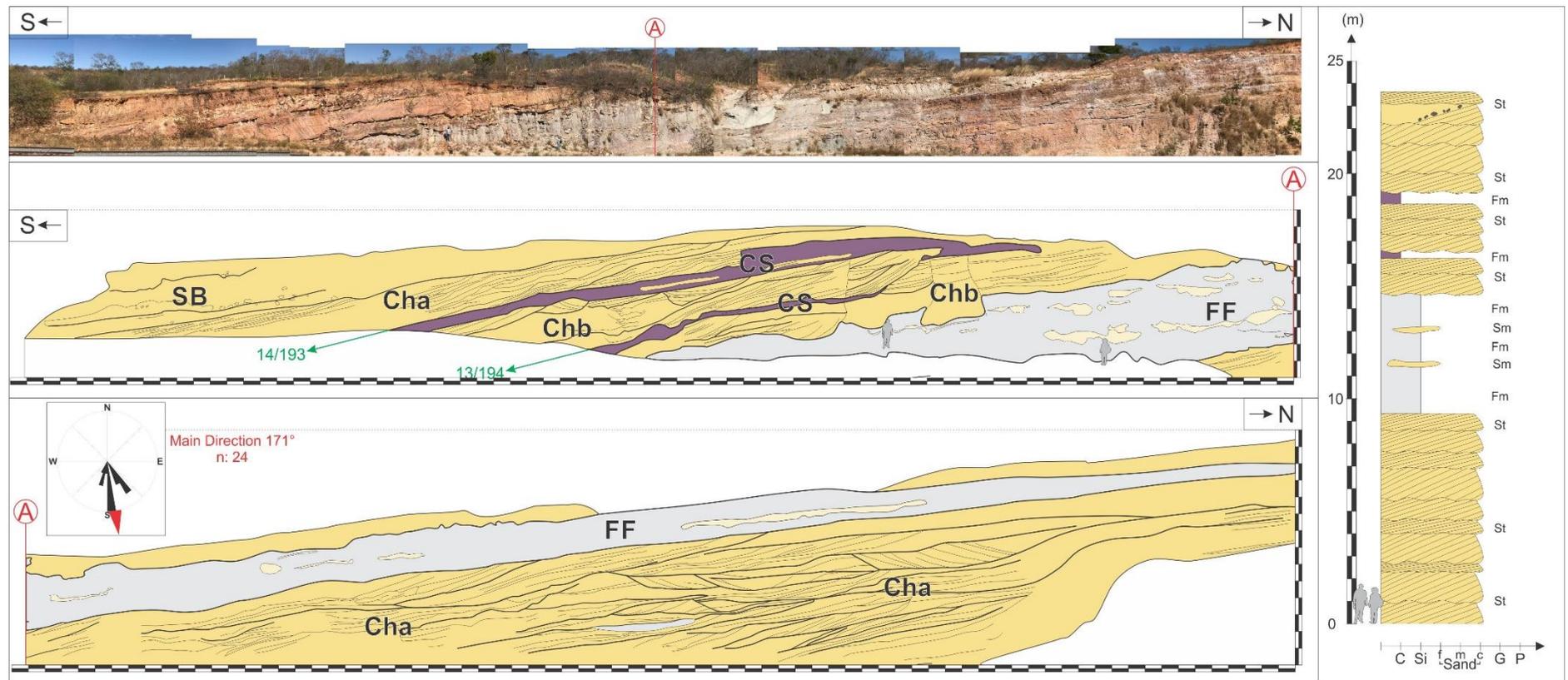
O elemento de preenchimento do canal CHb é interpretado como o preenchimento assimétrico de um único canal ativo (*single-storey*) que possivelmente apareceu por meio da migração lateral do canal através da migração sinuosa do leito.

Dessa forma o elemento CHb em corte transversal demonstra o desenvolvimento da barra em pontal, pelo qual a forma de barra acresce lateralmente mais rápido do que o banco do canal externo que recuou (KIRSCHBAUM & MCCABE, 1992; GIBLING 2006). Este elemento constitui corpos de areia discretos isolados dentro de sucessões de planícies alagadas de espessura variável.

Embora os elementos do canal CHa e CHb sejam aqui descritos como dois tipos discretos, elementos do tipo CHa poderiam representar remanescentes mal preservados de múltiplas ocorrências empilhadas do elemento CHb. Isso implicaria que as bases dos elementos CHa são delineadas por grandes superfícies delimitadoras de quinta ou sexta ordem na terminologia de Miall (1988, 1996, 2014).

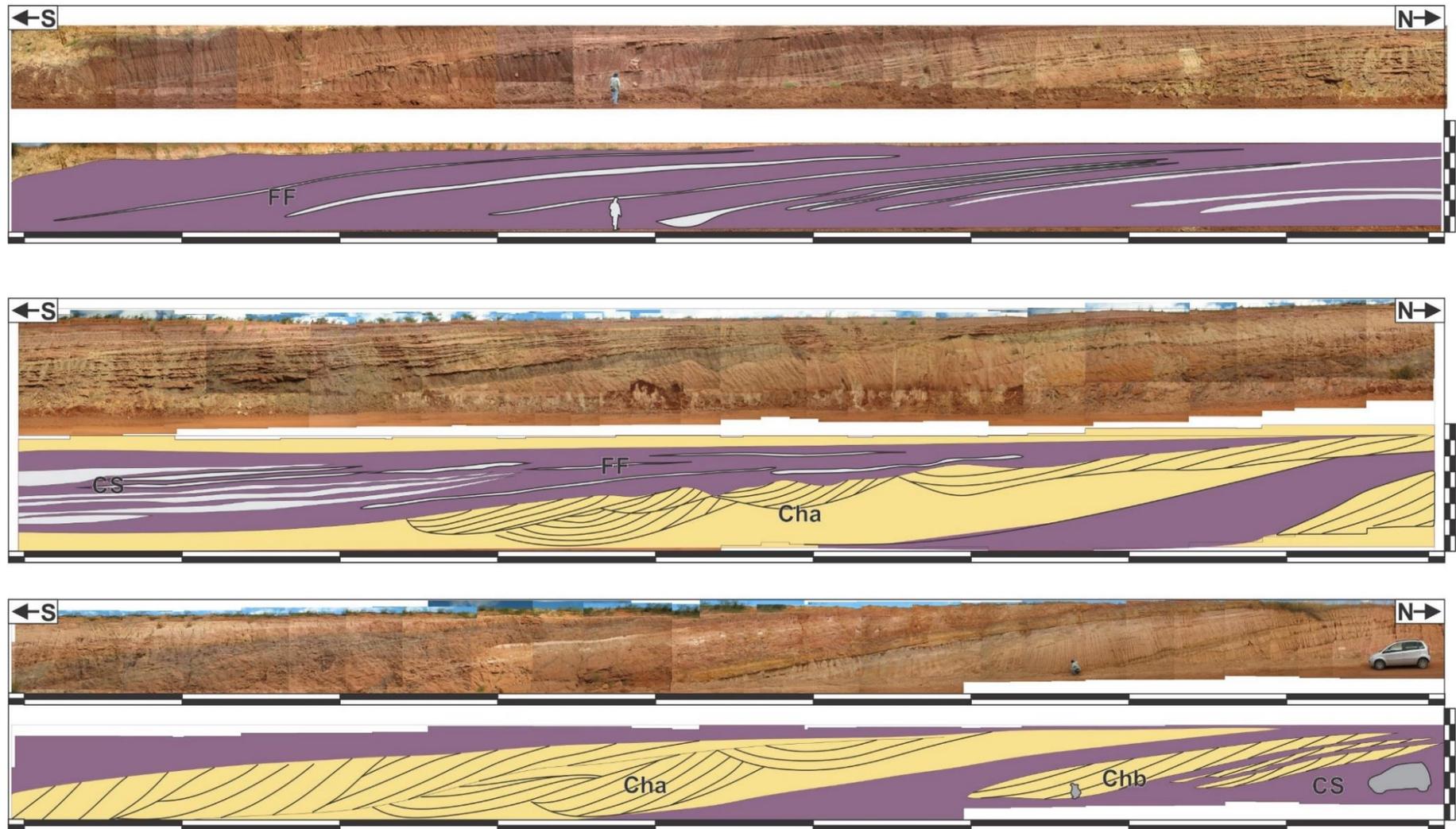


Figura 27 - Afloramento DC2 sob o túnel da ferrovia Transnordestina. Conjunto de canais amalgamados intercalados a horizontes de folhelhos. Elementos reconhecidos CHa, CHb, SB, FF e CS. Camadas mergulhando para Sul. Fácies presentes St, Sm e Fm. Superfícies limitantes de 5ª ordem hierárquica (Miall, 1986), demarcadas em verde.



Fonte: O autor (2023)

Figura 28 - Afloramento a Norte do ponto DC02. Continuação do afloramento demonstrando a intercalação de elementos arquitetônicos de Planícies de Inundação (FF), Depósitos de Espreado de Crevasse (CS) e Preenchimento de canal (CHa/b).



Fonte: O autor (2023)

#### 4.2.2.2 Elementos de forma de leito arenosas (SB)

##### 4.2.2.2.1 Descrição Elemento SB

Os elementos de forma de leito arenosas (SB) são os elementos mais comuns reconhecidos e são registrados em todas as seções estratigráficas da Formação Abaiara (Figura 18 e 27). Eles formam corpos de arenitos em forma de lente, tabular, ou cunha, com dimensões de 2 a 8 m de espessura e lateralmente extensos por mais de 100 m.

Elementos SB são compostos de conjuntos empilhados, dispostos em pacotes de *fining-upward*, caracterizados por conglomerados arenosos (Gm) que gradualmente passam acima para arenitos muito grossos com estratificações cruzadas acanaladas (St) ou arenitos grossos a médios estratificações cruzadas tabulares (Sp), que são eles mesmos sobrepostos por arenitos mais finos com estratificação cruzada planar a plano paralela (Sp, Sh) e sedimentos finos de planície de inundação (Fl, Fm).

Os elementos são delineados pela presença de superfícies de quarta ou quinta ordem (MIALL, 1986). Os corpos de arenito tabular são caracterizados por uma razão de largura/espessura  $>15$ , enquanto os corpos de arenito lenticular têm uma razão  $<15$  (GIBLING, 2006). A base deste elemento é composta de arenito rico em clastos de argilitos que são o produto do retrabalhamento de componentes do elemento subjacente FF (finos de planície de inundação).

Sequências de pacotes em larga escala com espessuras de 0,1 a 0,4 m e até 25 m de comprimento apresentam-se inclinadas com orientação geralmente normal a direção média do palaeofluxo das fácies St e Sp.

##### 4.2.2.2.2 Interpretação Elemento SB

O elemento SB inclui extensos campos de marcas onduladas e dunas menores (fácies Sh, St e Sp) cuja gênese está relacionada ao desenvolvimento de barras

formadas a partir da migração de formas de leito de canal a jusante, ou ao topo de barras formadas por fluxos em lençol de depósitos de espriamento de *crevasse*.

O elemento SB representa os depósitos de formas de leito migratórias em escala de dunas em barras de meio do canal ou, mais provavelmente, nos flancos das barras em pontal (ALLEN, 1963, 1983; JACKSON, 1976b; CANT e WALKER, 1976, 1978; NIJMAN & PUIGDEFABREGAS, 1978; MIAL, 1985, 1996; CAPUZZO & WETZEL, 2004).

A geometria em forma de lente, tabular ou cunha dos elementos SB pode refletir a presença de dunas de crista reta depositadas durante eventos de alta descarga (BORDY & CATUNEANU, 2002). Os clastos de argila intraformacional estão relacionados à erosão das áreas adjacentes ao leito durante o transbordamento do canal, e sua subsequente redeposição. Juntos, a tendência direção paralela próxima ao eixo do canal.

#### 4.2.2.3 Elementos de acreção a jusante (DA)

##### 4.2.2.3.1 *Descrição Elemento DA*

Os elementos da DA são frequentemente sobrepostos ou interdigitados com elementos de LA na sucessão e os dois tipos, às vezes, são difíceis de distinguir. Elementos indicativos de acreção a jusante estão presentes principalmente nas partes inferiores dos ciclos, onde tendem a ficar confinados às partes centrais de corpos de canais maiores.

Esses elementos são compostos de arenitos grossos a médios dispostos em conjuntos com estratificações cruzadas tabulares de grande escala (facies Sp), estratos frontais dos quais mergulham de 20 a 30° em uma direção paralela próxima ao eixo do canal. Esses elementos têm forma lenticular, até 1,5 m de espessura e são normalmente contínuos por cerca de 25 m (Figura 29).

Elementos de acreção a jusante, formam as porções inferiores dos ciclos de granodecrescência ascendente e geralmente exibem uma forma convexa para cima,

seja para todo o elemento ou para unidades individuais dentro de um único elemento (MIALL, 1985).

#### 4.2.2.3.2 Interpretação Elemento DA

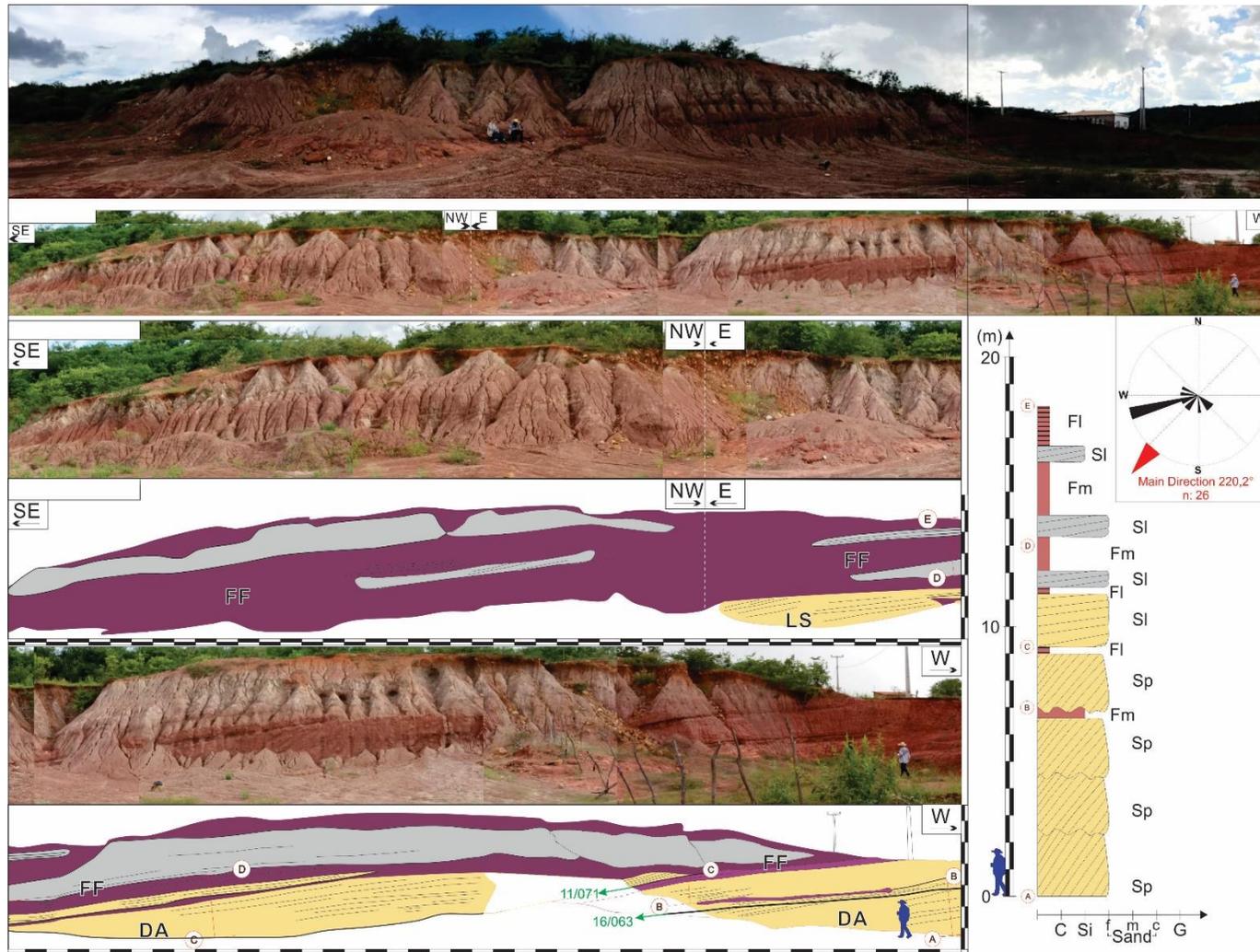
As macroformas de acréscimo à jusante (elemento DA), constituídas pelas fácies Scg, St e Sp, são formadas a partir da migração de barras arenosas a conglomeráticas no canal fluvial principal. A geração dessas barras associa-se a fluxos de alta energia que permitem que os grandes *foresets* de dunas arenosas migrem por dezenas de metros.

Segundo Miall (1996) esse elemento é diagnóstico de rios entrelaçados com baixa sinuosidade. Interpretado como sendo depositado sob regime de fluxo constante durante a descarga normal do rio e, provavelmente, representa uma sucessão de barras transversais de meio de canal (*mid-channel transverse bars*) dentro das partes centrais de um canal (SMITH, 1970, 1972; HALFAR et al., 1998).

A superfície limitante basal convexa para cima e a falta de características indicativas de acreção lateral sugerem a frequente mudança lateral das dunas de areia ou barras de canal que migram para jusante (BORDY & CATUNEANU, 2002). A uniformidade das direções de mergulho dos estratos frontais sugere que os conjuntos solitários espessos foram provavelmente formados como barras linguóides ou transversais migratórias a jusante (COLLINSON, 1996).

A granodecrescência ascendente, a direção de mergulho unidirecional dos estratos frontais, as superfícies delimitadoras internas e os estratos frontais a jusante dentro desses elementos são indicativos do processo de sedimentação com fluxo a jusante de uma barra de canal (SHARMA et al., 2002).

Figura 29 - Afloramento DC18 com elementos DA, FF, LS. Composto de fácies SI, Sp, Fm e FI. Afloramento com corte em diagonal SE-NW para E-W, perspectiva 3D das feições. Superfícies de 8ª ordem marcadas em verde. Paleofluxo reconstruído com eixo principal para SW.



Fonte: O autor (2023)

#### 4.2.2.4 Elementos de acreção lateral (LA)

##### 4.2.2.4.1 Descrição Elemento LA

Como mencionado acima, o elemento de acreção lateral (LA) é caracterizado por corpos transversais de baixo ângulo no assoalho do canal, formando superfícies suavemente inclinadas. Composto por uma associação de fácies Sp, St e Scr (Figura 30).

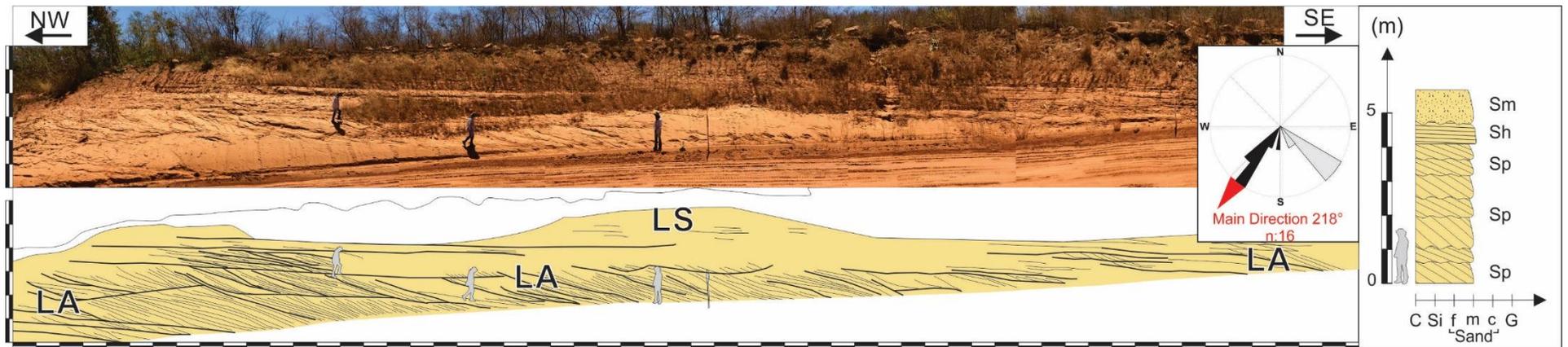
Esses elementos em forma de lente são bem desenvolvidos na sucessão e apresentam direções de migração variável (crescimento) que podem ser paralelas, oblíquas ou perpendiculares à orientação do paleocanal, conforme indicado por sua relação com as margens de elementos de canal maiores, dentro dos quais ocorrem.

O elemento LA é caracterizado por unidades de 2,0 a 5,0 metros de espessura e 30 m de largura que são dominadas por horizontes com granodecrescência ascendente compostas de arenitos finos a médios. Os *cosets* compostos de baixa inclinação de ângulo de camadas cruzada tabulares são mais abundantes do que os conjuntos de camadas cruzadas acanaladas e, dentro dos estratos inclinados desses *cosets* maiores, estruturas de menor escala, incluindo ondulação transversal e estratificação cruzada de pequena escala são desenvolvidas.

Superfícies delimitadas inclinadas de baixo ângulo dentro desses *cosets* são orientadas oblíquas ou normais tanto para a tendência da margem do canal quanto para a direção de paleofluxo inferida das estruturas de menor escala contidas dentro delas. Camadas inclinadas em larga escala são comumente observadas em partes médias e superiores dos ciclos granodecrescentes ascendentes.

A orientação dessas macroformas é comumente normal à direção média do palaeofluxo, tal como medida a partir dos estratos frontais (*foresets*) de camadas cruzadas nas fácies St e Sp.

Figura 30 – Afloramento DC12 com corte transversal a barra em pontal. Elementos LA e LS compostos por conjuntos de fácies Sm, Sh e Sp. Paleofluxo reconstruído com eixo principal para SW e progradação da barra perpendicular SE (em cinza).



Fonte: O autor (2023)

#### 4.2.2.4.2 Interpretação Elemento LA

Elementos de acreção lateral (LA) com macroformas inclinadas em larga escala são interpretados por representar componentes de barras em pontal. Esta interpretação baseia-se em seu tamanho, que é de até 5,0 m de espessura, e sua orientação, que é normal ou oblíqua ao paleofluxo médio dentro do corpo principal do canal.

A ocorrência bem desenvolvida de arenitos lateralmente extensos, laminados horizontalmente também suporta uma origem de barra em pontal, em vez de uma origem de barra de meio de canal (OLSEN, 1988). Os *cosets* com superfícies delimitadoras de baixo ângulo representam camadas cruzadas tipo *epsilon* (ALLEN, 1983) que surgem através de um forte componente lateral da migração das barras, em relação à orientação do canal principal e direção de fluxo (CADLE & CAIRNCROSS, 1993), e que indica canal de migração via deposição nas curvas internas de *loops* sinuosos de rios meandrantés (MIALL, 1985, 2014; MARTINIUS, 2000).

A distinta mudança de fácies entre arenitos de barra em pontal e sedimentos mais finos que preenchem o canal como uma escavação indicam abandono abrupto, presumivelmente por avulsão ou corte. O domínio relativo dos elementos de acreção lateral em larga escala sobre elementos de acreção a jusante em pequena escala sugere um sistema fluvial dominado por canais lateralmente acrescidos, sinuosos e dominados por carga de leito (*bedload dominated channels*), que sofreram altas taxas de migração lateral através do desenvolvimento de barras em pontal em bancos de canais internos (MIALL, 1985, 1988; CADLE & CAIRNCROSS, 1993).

Os estratos inclinados em larga escala na Formação Abaiara são semelhantes em sua geometria, fácies e composição a vários rios modernos de carga de leito arenosa (BRIDGE & TYE, 2000; BRIDGE, 2006). A inclinação dos *foresets* dentro de *cosets* de grandes escalas de estratos varia na Formação Abaiara, com os valores de mergulho de 5 a 20° documentados aqui, típicos de sistemas fluviais de granulação grossa (MCGOWEN & GARNER, 1970). Willis (1993) e Peakall et al. (2007) sugerem que a queda dos estratos inclinados em grande escala tende a aumentar à medida

que a sinuosidade do canal aumenta e a inclinação dos estratos aumenta em direção ao eixo de curva.

#### 4.2.2.5 Elementos de lençóis de areia laminada (LS)

##### 4.2.2.5.1 Descrição Elemento LS

Esses elementos formam camadas em lençol, descontínuas (0,30 a 1,0 m de espessura), de arenitos finos que são comumente laminados com siltitos ( fácies Scr, Sm e Sh) (Figura 30) A laminação é geralmente continuada lateralmente por cerca de 20 m e, localmente, exhibe lineação primária de corrente em superfícies de camadas expostas. Arenitos sem estrutura ou levemente laminados horizontalmente ocorrem muito raramente. Este elemento é difundido ao longo da formação e sua principal ocorrência é na porção superior dos ciclos de granodecrescência (*fining-upward*), onde é comumente associado com elementos FF e SB.

##### 4.2.2.5.2 Interpretação Elemento LS

O elemento LS, constituído pelas fácies Sh e Sm, representam depósitos extra canal gerados em períodos de enchente. São lençóis de areia laminados que podem estar associadas a depósitos de *overbank* formados em planícies de inundação ou em canais abandonados por fluxos esporádicos (MIALL, 1985, 1988, 1996).

Estes elementos de lençóis de areia laminada foram estabelecidos por fluxos não canalizados (OLSEN, 1988). Sua geometria fina, descontínua, semelhante a um lençol, juntamente com a pequena escala de estruturas sedimentares e a litologia de grãos finos sugere a deposição como um lençol de areia de barra ou flanco de barra (MIALL, 1985, 1988), que se acumulou nas partes mais rasas dos canais (número de Froude:  $F > 1$ ) (SMITH, 1972; JACKSON, 1976b; CANT e WALKER, 1978; NIJMAN & PUIGDEFABREGAS, 1978) sob condições de regime de fluxo superior onde a

acrecção vertical de laminaas ocorreu durante inundações em lençóis (BORDY & CATUNEANU, 2002).

Depósitos de regime de fluxo superior (*Upper Flow Regime Elements*), assim como proposto por Fielding (2006) são provenientes de canais fluviais com alta variação do regime de fluxo em curtos intervalos. O rebaixamento da energia do fluxo de forma rápida favorece a preservação das estruturas depositadas no evento de maior energia.

No entanto, localmente, a estreita associação de elementos LS com elementos delimitadores antigos de canais sugere que os lençóis de areia laminada também foram depositados por transbordamento de fluxos em lençol em vez de inundações verdadeiras por processos de enchentes em lençol (*sheet floods*).

Alternativamente, os lençóis de areias laminadas atribuídas às condições de leito plano do regime de fluxo superior podem desenvolver-se em águas rasas nas partes superiores das barras em pontal (WAKELING-KING & WEBB, 2007). Isto implica em sistemas fluviais meandrantas.

#### 4.2.2.6 Elemento de espraiamento de *crevasse* (CS)

##### 4.2.2.6.1 *Descrição Elemento CS*

Esses elementos consistem em lóbulos e lençóis lenticulares de arenitos finos com marcas onduladas ou planares, intercalados com siltitos e argilitos que formam corpos lenticulares ou em forma de fita com algumas dezenas de metros de comprimento e 0,3 a 7,0 metros de espessura. Esses elementos geralmente se estendem lateralmente por mais de 200m. Internamente, esses elementos são finamente laminados para finamente acamadados e contêm intervalos com camadas lenticulares com laminação cruzada de pequena escala, laminação ondulada, plano-paralela e acanaladas ( fácies Fm, Fl, Sh e Scr) (Figuras 27 e 28).

Geralmente, as camadas são inclinadas em ângulos baixos (menos de 20°), parecem ter se acrescido lateralmente em relação à tendência principal do canal.

Apresentam marcas de raízes, gretas de ressecção, bioturbação dentro desses elementos.

#### 4.2.2.6.2 *Interpretação Elemento CS*

As camadas de argilitos que circundam esses elementos e que ocorrem intercaladas com pequenos corpos de siltitos e arenitos representam sedimentação de transbordamento (*overbank*) (SMITH et al., 1989). Com base no afinamento distal abrupto, redução do tamanho do grão e relação lateral com elementos FF, esses elementos são interpretados para representar os remanescentes preservados de depósitos de espriamento de *crevasse* (CAPUZZO & WETZEL, 2004).

A geometria geral lobado ou lenticular, juntamente com a ocorrência não canalizada de litologias de arenitos finos, siltitos e argilitos, indica deposição através de fluxos gerados por inundações (MARTINIUS, 2000; BRIDGE, 2006).

A presença de tendências de afinamento e engrossamento ascendente (*fining-and coarsening-upward trends*), com fendas de dessecação associadas, moldes de raiz, bioturbação indica a cessão periódica de descarga entre episódios individuais de atividade de transbordamento (*splay*) (BRIDGE, 2006). A ocorrência generalizada de elementos de espriamento de *crevasse* em toda a Formação Abaiara sugere que as inundações sazonais e a aglomeração vertical da planície de inundação foram comuns e frequentes.

#### 4.2.2.7 Elemento finos de planície de inundação (FF)

##### 4.2.2.7.1 *Descrição Elemento FF*

As partes superiores de todos os ciclos da Formação Abaiara são caracterizadas por sucessões de 5 a 15 m de espessura de argilitos vermelhos finos com intercalações de siltitos e arenitos finos. Esses elementos podem ser rastreados

lateralmente para distâncias superiores a 600 m em direções paralelas e perpendiculares aos canais (Figuras 25, 26, 27 e 28).

As partes argilosas maciças dessas unidades exibem abundantes fendas de dessecação (*mud cracks*) e a geometria é semelhante a folhas. Apesar de sua semelhança geral dentro deste elemento arquitetônico, dois tipos de depósitos finos são identificados; um com paleossolos bem desenvolvidos e o outro com apenas raro desenvolvimento de paleossolos e caracterizado por fitas e lençóis finos de arenito fino.

#### 4.2.2.7.2 Interpretação Elemento FF

Esses elementos representam depósitos de pântanos em áreas de várzea com fina planície de inundação e paleossolos (facies Fl e Fm). O tamanho fino do grão e a geometria extensa e semelhante a lençol desses elementos indica a deposição sobre uma ampla área que era distal em relação ao canal principal (MRINJEK et al., 2006).

A geometria extensa, semelhante a um lençol, a cor vermelha dominante e o conjunto de estruturas sedimentares indicam a deposição em um ambiente semiárido e oxidante (NADON e MIDDLETON, 1984). As unidades de paleossolo bem desenvolvidas são típicas de ambientes de várzea (KRAUS e GWINN, 1997). A presença de múltiplos horizontes de paleossolos espaçados sugere a deposição de sucessivos incrementos finos de sedimentos de várzea, característica de inundações episódicas sobre a margem (BRIDGE, 2006).

### 4.3 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS

Segundo o empilhamento sedimentar reconhecido e reconstruído seguindo os afloramentos visitados, a avaliação das sequências segundo os preceitos de Martinssen et al., 1999 se deu conforme as características da Formação Abaiara.

Dessa forma, em contato com a formação sotoposta, Missão Velha, a Fm. Abaiara repousa segundo a discordância Rio da Serra em um contato brusco de

contraste litológico. O pacote de sedimentos finos com pequena influência de aporte arenoso reflete a razão A/S com valores entre 0,5 e 1 referente ao Trato de Sistema de Alta Acomodação (TSAA).

Nestas configurações ocorre o predomínio de deposição dos sedimentos finos em detrimento da redução do fator de erosão e incisão fluvial devido ao perfil de equilíbrio ser elevado o que promove o afogamento da bacia.

Seguindo com o empilhamento sedimentar a Fm. Abaiara apresenta uma mudança considerável na arquitetura sedimentar. Neste intervalo o aporte de partículas arenosas é progressivo e são reconhecidas feições de preenchimento de canal, superfícies de reativação, barras com base erosivas, que denotam a instalação de um sistema de sedimentação diferente.

Este sistema condiz com processos fluviais de sedimentação e a sobreposição destes sedimentos é variada em sua configuração. Assim, este intervalo do trato de sistemas se enquadra na razão A/S positiva mas próxima de zero que se caracteriza por rebaixamento do perfil de equilíbrio e maior aporte sedimentar na bacia, típico do Trato de Sistemas de Baixa Acomodação (TSBA).

Assim como denotado na Figura 24, o limite superior da Fm. Abaiara se faz pela discordância Pré Alagoas, de caráter erosional regional que demarca o contato com a Fm. Barbalha, sobreposta. Trata-se de um contato litológico brusco, discordante com evidências de erosão do substrato (Fm. Abaiara e demais rochas da Bacia do Araripe e Embasamento) com fragmentos de diferentes litologias.

Esta superfície marca o limite de Sequência com razão A/S negativa, próxima ou igual a zero onde há uma perda no espaço disponível para acomodação de sedimentos por efeito de tectônica e o aporte é reduzido, promovendo o retrabalhamento dos sedimentos não consolidados.

#### 4.4 PALEOFLUXO E RECONSTRUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

Por fim, considerando todas as medidas de paleofluxo, tomadas sobre os afloramentos visitados e reconstruindo o paleofluxo original por correção do

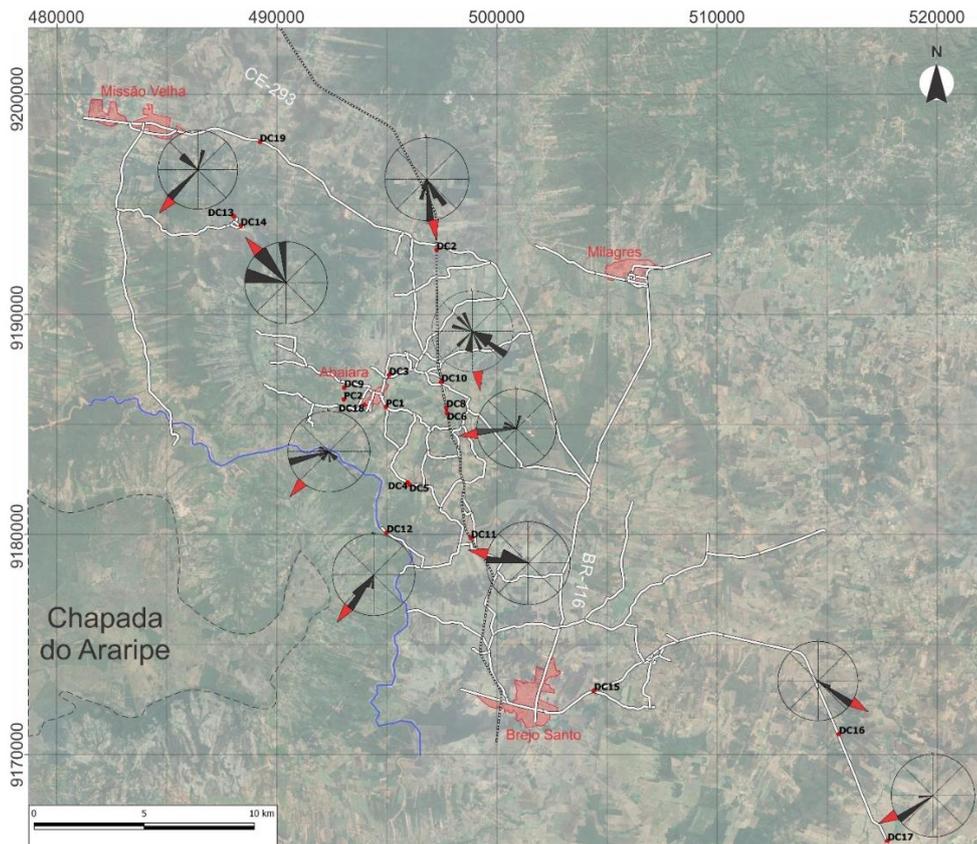
basculamento das camadas, foi elaborado um mapa de paleofluxos que demonstra o padrão de paleodrenagens da formação Abaiara no evento rifte (Figura 31).

Contudo, aferidas e corrigidas 144 medidas de estratificações presentes nas fácies fluviais da Fm. Abaiara, observou-se uma distribuição polimodal dos paleofluxos, na região estudada e nas diferentes fácies do ambiente fluvial.

A dispersão dos paleofluxos demonstra uma paleodrenagem centrípeta onde o fluxo de sedimentos, apesar de apresentar-se polimodal, pode indicar a instalação de pequenos depocentros isolados na região interna da bacia durante o estágio clímax rifte.

Contudo, nota-se que dentre os afloramentos visitados, a paleogeografia corrigida não apontou fluxos na direção NE, o que pode inferir à região NE da área estudada a fonte primária dos sedimentos da Fm. Abaiara. Este ponto necessita ser observado por futuros trabalhos de proveniência com a finalidade de corroborar com esta teoria.

Figura 31 - Mapa de paleofluxos. Recosntrução da paleodrenagem no estágio Clímax Rifte. Atenção para o padrão disperso das drenagens.



Fonte: O autor (2023)

#### 4.4 ANÁLISES MICROPALÉONTOLOGICAS

Foram coletadas amostras em todos os afloramentos visitados com ocorrências de fácies Fm e Fl e Sm dentro de pacotes com reconhecimento dos Elementos arquitetônicos FF e CS, afim de averiguar o conteúdo micropaleontológico destas unidades, classificadas como camadas carbonáticas presentes na formação, e portadoras de ostracodes *Cypridea sellata* VIANA e *Cypridea (Morininoidea) candeiensis* KRÖMMELBEIN, indicativos da Zona *Cypridea (Morininoidea) candeiensis* (NRT-003) na base da unidade (PONTE & APPI, 1990).

Assim como a ocorrência da espécie *Cypridea vulgaris* Krömmelbein no topo da formação, a qual ocorre na Zona *Paracypridea brasiliensis* (NRT-004, topo do Andar Rio da Serra) até a Zona *Paracypridea obovata obovata* (NRT-005, base do Andar Aratu) (PONTE & APPI, 1990; ASSINE, 1992, 2007; COIMBRA et al., 2002).

Portanto, totalizadas as 30 amostras recolhidas, após a triagem e seleção do conteúdo amostrado foi constatado que nenhuma das camadas dos afloramentos visitados possuía conteúdo de ostracodes guias de nenhum dos gêneros.

Contra-pondo-se aos dados já conhecidos da literatura antecedente, nenhuma das amostras apresentou evidências de fauna de ostracode do gênero *Cypridea* índices da biozona NRT-003, na base da formação, como também não apresentou da biozona NRT-005 do topo da formação.

Todas as amostras foram classificadas como estéreis o que chama atenção para um indício de diferenciação entre as duas formações e os níveis argilosos das mesmas, em afloramento.

Deveras importante artifício de auxílio em campo se trata da observância direta de níveis pelíticos (argilo siltosos, de coloração avermelhada, esverdeada ou esbranquiçada) com uso de uma lupa, para averiguar a presença de traços de microfósseis destes exemplares.

A ausência, sob a observação em amostra de mão, já apontaria um diferencial entre o afloramento e as unidades às quais ele possa pertencer. Contudo, apenas o

tratamento da amostra em laboratório e a averiguação minuciosa do material, pode realmente ratificar tal discrepância.

#### 4.5 PETROGRAFIA SEDIMENTAR

A interpretação proveniente das análises petrográficas foi essencial para confirmar a ausência de componentes carbonáticos nos níveis areno-siltosos presentes na base da formação.

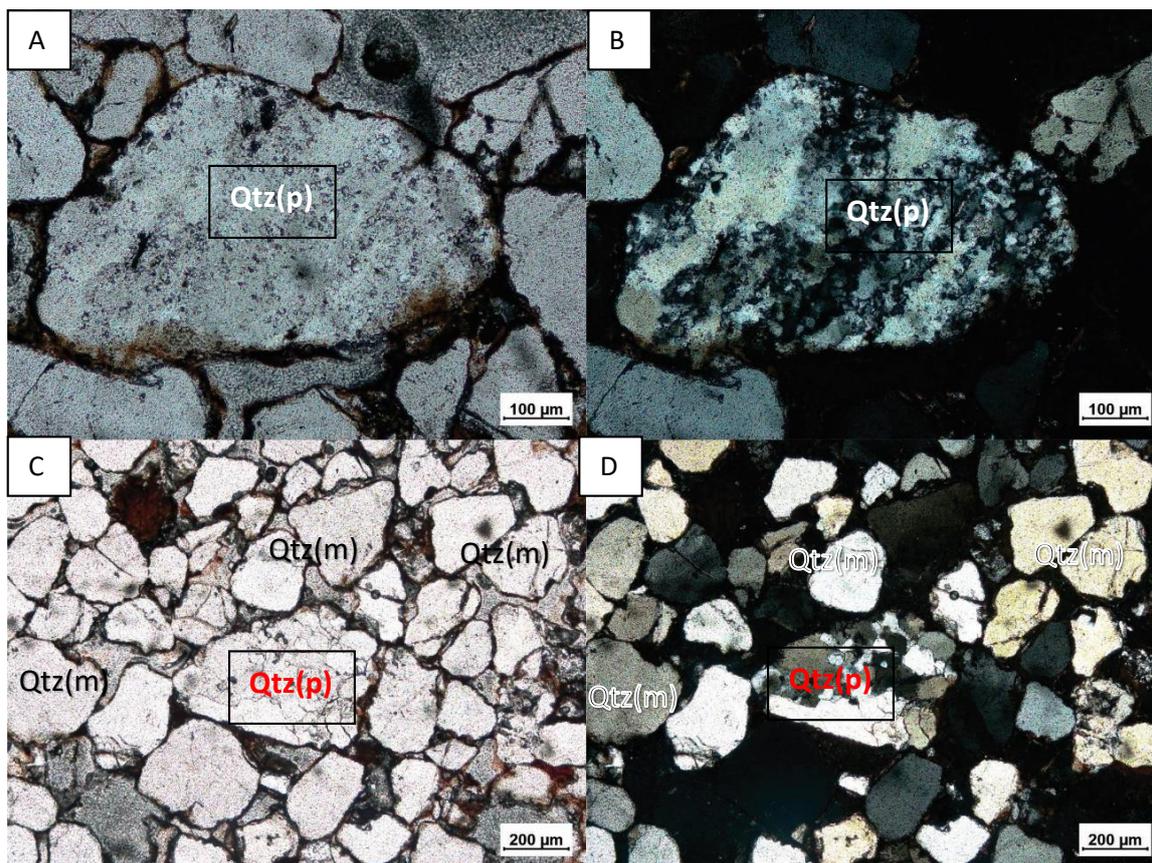
Os níveis arenosos coletados serviram para observar os principais grãos presentes no arcabouço arenosos mais próximo aos folhelhos. Assim os arenitos estudados demonstraram as seguintes características.

Os arenitos observados sob luz polarizada (8 lâminas) têm composição quartzosa em sua grande maioria, com presença de feldspatos raros que se apresentam bastante alterados, óxidos, matriz argilosa e algumas amostras apresentaram biotitas preservadas a deformadas por compactação.

Os grãos de quartzos presentes são monocristalinos e policristalinos, com extinção ondulante, preservados (Figura 32). Composto a grande maioria dos grãos remetem as características gerais da rocha. Apresentam-se sub-arredondados a angulosos, moderadamente a mal selecionados, com contatos pontuais a côncavo convexos e empacotamento fechado, com pouca porosidade (Figura 33).

Os feldspatos presentes são raros, devido a alteração pós diagenética, uma vez que são comuns cavidades reliquiares de grãos totalmente alterados (Figura 34). Esta alteração pode ter gerado as pseudomatrizes carbonáticas isoladas em algumas amostras.

Figura 32 - Fotomicrografia dos grãos quartzos mono e policristalinos. (A) e (C) em nicóis paralelos, (B) e (D) em nicóis cruzados.



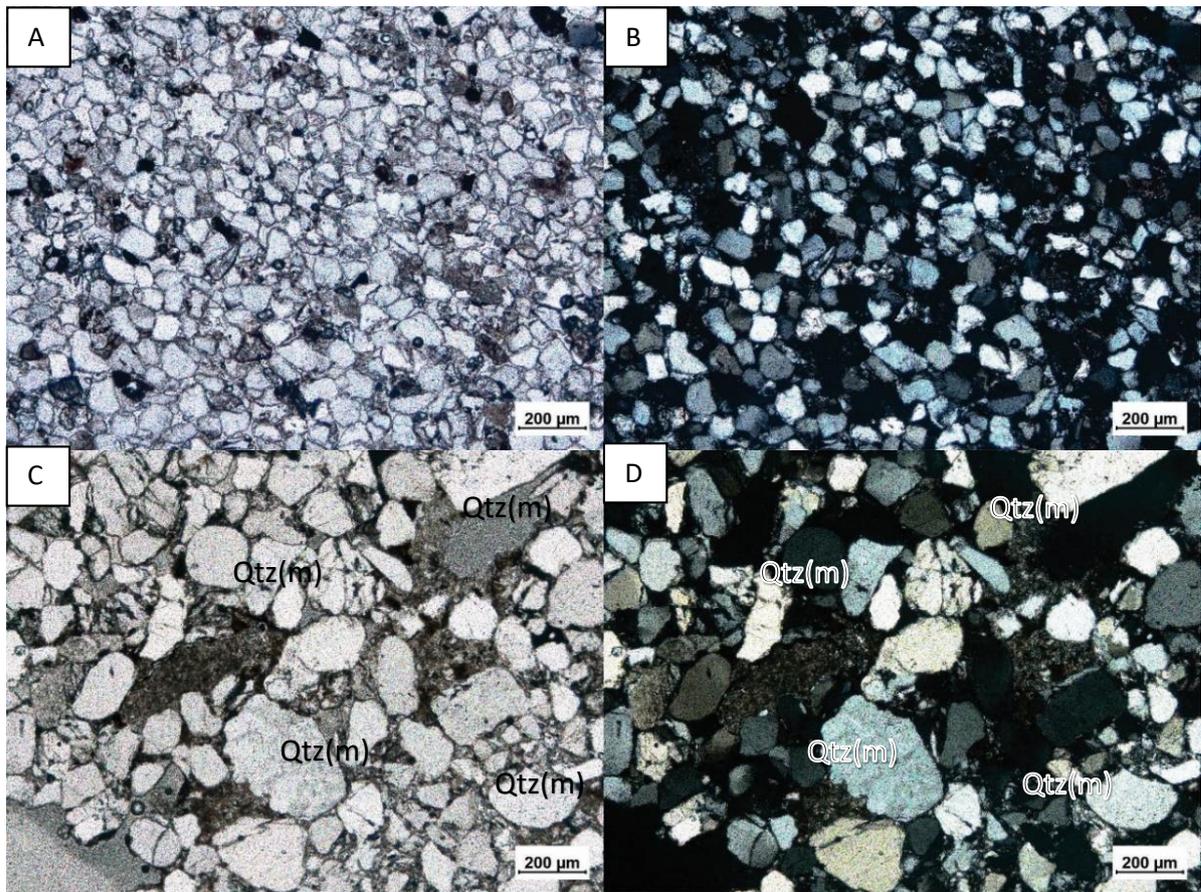
Fonte: O autor (2023)

A matriz principal é argilosa e eventualmente quando ocorre matéria carbonática envolvida é devido aos processos de alteração sobre grãos de feldspatos que disseminam lama carbonática em pontos isolados de uma lâmina. Dessa forma não pode se classificar como uma cimentação carbonática ou matriz infiltrada devido ao baixo volume encontrado, mas sim como pseudomatriz carbonática secundária.

Contraposto a essa evidência de pseudomatriz, tem-se amostras com matriz argilosa sedimentar primária. No entanto não é muito comum, tendo sido observada em uma das amostras (Figura 35).

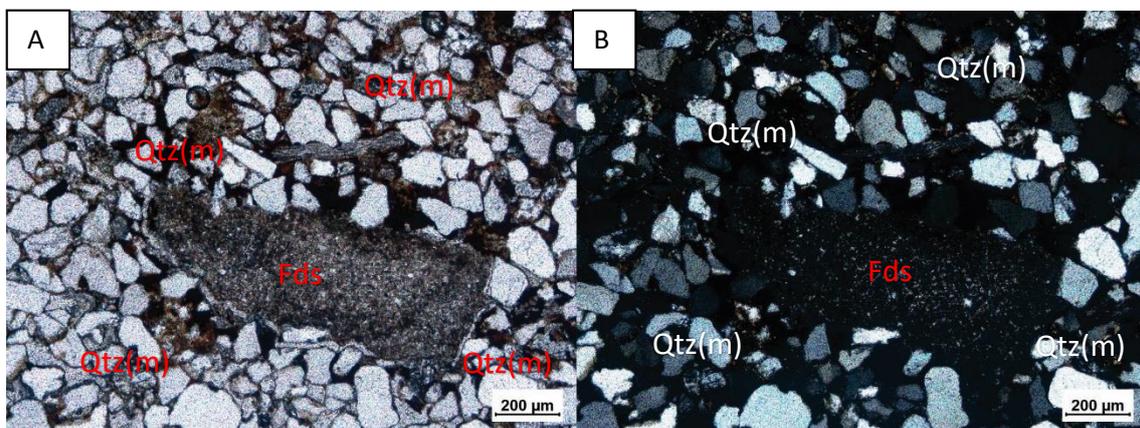
Enquanto os óxidos e as micas são auxiliares junto com os demais minerais constituintes. Neste caso, a evidência de micas nas amostras estudadas indica uma rápida sedimentação, sem seleção dos materiais por meio de um transporte longo que promove a seleção de alguns componentes (Figura 36).

Figura 33 - Fotomicrografia da textura geral dos arenitos da formação Abaiara. (A) e (C) em nicóis paralelos, (B) e (D) em nicóis cruzados.



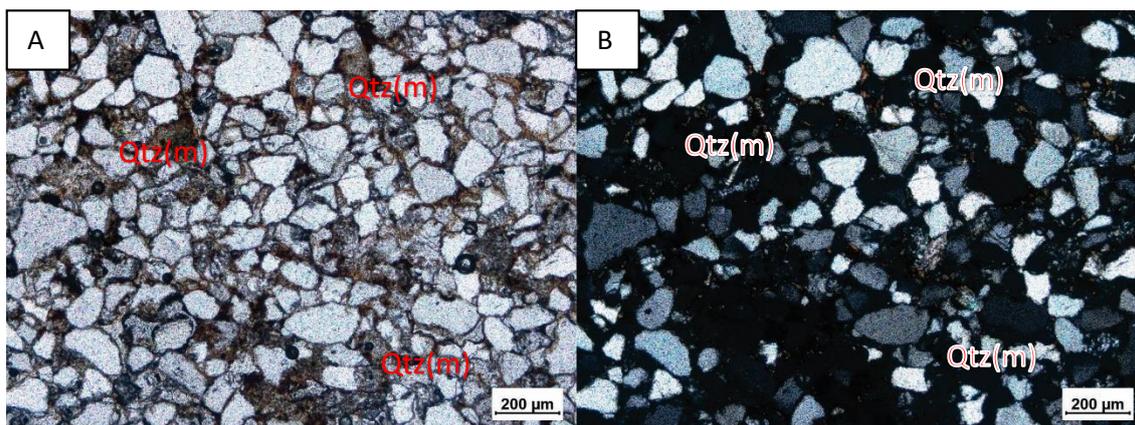
Fonte: O autor (2023)

Figura 34 - Fotomicrografia de alteração de feldspatos. Cavidade preservada após alteração pós-diagenética. (A) em nicóis paralelos e (B) em nicóis cruzados.



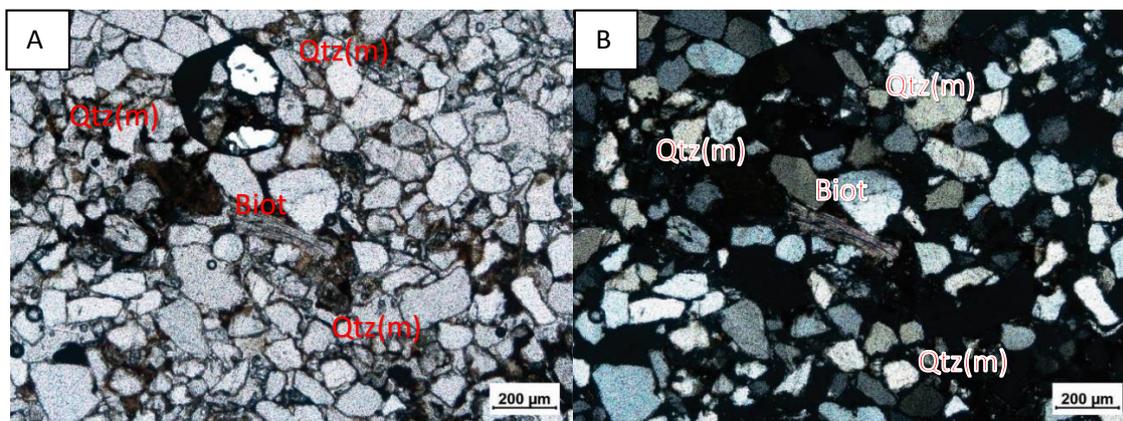
Fonte: O autor (2023)

Figura 35 - Fotomicrografia da presença de matriz primária argilosa em uma das amostras. (A) em nicóis paralelos e (B) em nicóis cruzados.



Fonte: O autor (2023)

Figura 36 - Fotomicrografia da presença de micas no arcabouço de alguns arenitos. (A) em nicóis paralelos e (B) em nicóis cruzados.



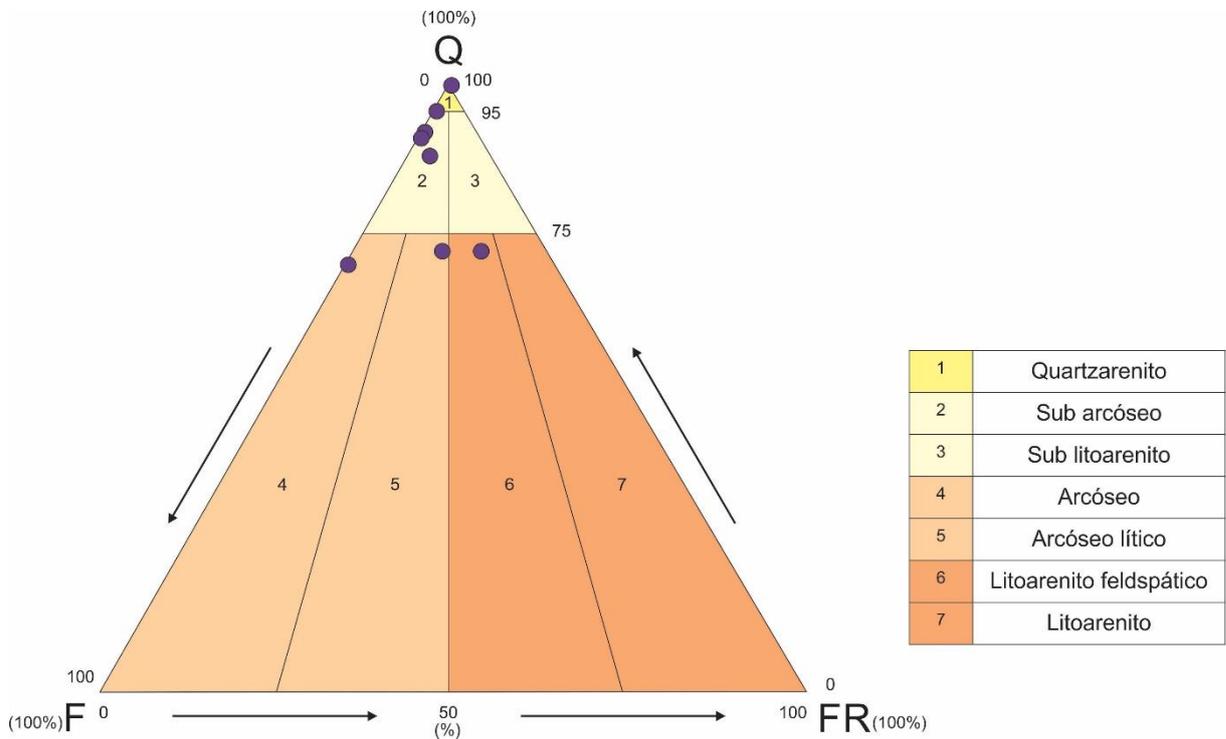
Fonte: O autor (2023)

Por fim, segundo o modelo de classificação litológica para arenitos de Folk.(1968) estas amostras foram classificadas segundo seus principais constituintes em função do conteúdo modal de quartzo (Q) , feldspato (F) e fragmentos líticos (FR). Assumindo aqui a presença de grãos de quartzo policristalinos como fragmentos líticos por serem considerados grãos de rochas metamórficas.

Portanto, os arenitos foram classificados nos grupos de Quartzarenito, Sub-arcóseo, Arcóseo, Arcóseo Lítico e Litoarenito Feldspático (Figura 37). No entanto, a

grande maioria das amostras se localiza na zona de Arenito Sub-Arcóseo devido a grande quantidade de quartzo presente e subordinadamente a presença de feldspatos, raramente preservados.

Figura 37- Classificação das amostras segundo Folk (1968).



Fonte: O autor (2023)

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 CONJUNTO DE ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES

A Formação Abaiara foi separada em 3 associações fácies: (1) Associação de fácies de canal fluvial meandrante sob alta influência sazonal; (2) Associação de fácies de planície de inundação e (3) Associação de fácies de canal fluvial entrelaçado.

#### 5.1.1 Associação de fácies de Canal Fluvial Meandrante sob alta influência sazonal

Esta associação de fácies é composta de corpos de arenito, de 8,0 a 10,0 m de espessura, delimitados na base por superfícies erosivas com concavidades para cima. Internamente os pacotes apresentam macroformas de acreção lateral em grande escala, compostos por conjuntos de arenitos finos a médios das fácies St, Sp, Scg e Scr, que são delimitadas por superfícies inclinadas que mergulham perpendicularmente à direção do mergulho entre estratos.

A presença de corpos de areia com base erosiva e a predominância de estruturas trativas unidirecionais permitem interpretar essa associação de fácies como depósitos fluviais. A ocorrência de estratos inclinados de grande porte indica a presença de macroformas de barras em pontal. O fato de que os estratos cruzados exibem paleocorrentes aproximadamente transversais à direção do mergulho das superfícies delimitadoras sugere a presença de elementos LA (MIALL, 1996). O domínio destas sugere que essa associação de fácies representa canal fluvial de alta sinuosidade (GHAZI & MOUNTNEY, 2009).

A sucessão demonstra notável granodecrescência ascendente. Os arenitos gradam de grossos a finos, mal classificados, corpos centimétricos a decimétricos das fácies Sp, St e Scg. Representam depósitos de preenchimento de canal fluvial (elementos CHb). Este conjunto de fácies apresentam intercalações pelíticas que se tornam cada vez mais frequentes para o topo da associação.

O conjunto de fácies pelíticas são representadas pelas fácies Fsm, Fm e Fl. Estes pacotes possuem espessura métrica e extensão lateral considerável. Apresentam-se sob uma variedade de cores: avermelhados, acastanhados, esverdeados a acinzentados, com estruturação interna ou não.

Por vezes, este pacote se assemelha muito à sucessão de fácies presente na Formação Brejo Santo. Porém, no caso da Fm. Abaiara a ausência de horizontes carbonáticos é crucial na diferenciação da unidade em afloramento.

### **5.1.2 Associação de fácies de Planície de Inundação.**

Este conjunto de fácies é caracterizado por acamamento heterolítico formado por formas em lençol (1,0 a 2,0 m de espessura) e persistência lateral de dezenas a centenas de metros. Os corpos são definidos por intercalações rítmicas de argilitos maciços, marrons a avermelhadas, acinzentados e arenitos finos a médios laminados ou maciços (Fácies Fl, Fm, Fsl, Sl, Scr e Sm).

Os argilitos por vezes exibem marcas de gretas de ressecção, fato que denota eventos cíclicos com exposição subaérea do substrato. Este conjunto é predominantemente representado pelos elementos arquitetônicos de planície de inundação (FF) e espraiamento de *crevasse* (CS), apresentando de forma subordinada intercalados aos elementos arquitetônicos de canal fluvial CHb, menos comumente, com os elementos CHa.

### **5.1.3 Associação de fácies de Canal Fluvial Entrelaçado**

Esta associação de fácies consiste em arenitos finos a muito grossos, moderadamente selecionados, dispostos em corpos arenosos com 5,0 a 10,0 m de espessura, que se estendem lateralmente por aproximadamente 300m. Os corpos de arenito são delimitados na base por superfícies erosivas e ligeiramente côncavas, que em alguns casos são marcadas por concentrações de cascalho e seixos.

Esta associação é reconhecida pelo conjunto de fácies Sp, St, Sh e Sl, sendo estes dois últimos mais raros. A ocorrência de arenitos delimitados na base por superfícies erosivas bem marcadas e a prevalência de fluxo com direção unimodal das correntes indicam que essa associação de fácies representa depósitos de canais fluviais.

Os estratos com paleofluxos paralelos ou subparalelos as atitudes das geometrias dos canais podem ser interpretados como macroformas de acreção a jusante (DA) (MIALL, 1996; CHARKRABORTY, 1999; JO & CHOUGH, 2001). Somado à corpos de arenitos fitados, a prevalência de sedimentos mais grossos, baixo grau de granodecrescência ascendente e a baixa dispersão dos dados palaeocorrentes sugerem baixa sinuosidade típico de depósitos de canal fluvial entrelaçados (SCHERER & LAVINA, 2005; MIALL, 1996).

## 5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO

Assim, o conjunto de fácies levantados em afloramentos e a associação e sucessão de fácies observando o empilhamento estratigráfico segundo as interpretações e reconstrução paleogeográfica, apontaram para um sistema de sedimentação predominantemente fluvial, para a Formação Abaiara.

Partindo da base da unidade em contato brusco e discordância litológica bem marcada. Os arenitos grossos fluviais da Fm. Missão Velha, portadores de troncos fósseis, diferem texturalmente do pacote de sedimentos finos de planícies de inundação dominantes na base da Fm. Abaiara.

O predomínio de associação de fácies de planícies de inundação em afloramentos contendo o contato basal da formação pode ser interpretado como fácies remanescentes de depósitos de pró-delta (ASSINE, 2007; FAMBRINI et al., 2012; COSTA et al., 2014). Este conjunto de sedimentos finos se assemelha ao modelo da Fase Inicial do Clímax Rife (*Early Climax Rife*) de Prosser (1993).

Entretanto, não foram evidenciados os conglomerados de frente deltaica de aluviões nas superfícies falhadas do processo rife. Assim, devido a ausência dos conjuntos de fácies proximais (conglomerados de aluviões), optou-se por considerar, aqui, apenas as evidências observadas em campo.

Seguindo o empilhamento estratigráfico, a base da Fm. Abaiara é composta de sedimentos de planície de inundação, depositados, após os eventos que proporcionaram a sedimentação da porção superior da Fm. Missão Velha.

Evento este que causou desequilíbrio climático, ambiental devido ao registro de troncos fósseis presentes no topo da formação sotoposta. Dessa forma, após o rearranjo do perfil de equilíbrio da bacia, propiciando depósitos de baixa energia em vastas planícies como espaço de acomodação (PROSSER, 1993).

Esta configuração está ligada a influência da sazonalidade paleoclimática de monções (FAMBRINI et al., 2017), com características quente e úmido. A sazonalidade é marcada nas planícies de inundação da Fm. Abaiara, pela presença de níveis de paleossolos avermelhados a acastanhados com gretas de ressecamento intercaladas a horizontes arenos-siltosos esverdeados a esbranquiçados, não evidenciando processos oxidantes na sedimentação.

Sobrepostos estratigraficamente encontram-se as associações de fácies de canal fluvial meandrante sob alta influência sazonal. Apesar de apresentarem um padrão textural bem distinto do ambiente anterior, ainda corrobora com a interpretação da influência sazonal do clima, compostos de fácies e elementos arquitetônicos fluviais e de planícies de inundação interligados (BRIDGE, 1993; FIELDING, 1996; SAMBROOK et al., 2005; FIELDING & ALEXANDER, 2009; HORN et al., 2012).

A esta etapa da sedimentação da Formação Abaiara interpreta-se um ambiente de sedimentação predominantemente fluvial meandrante, com evidências de barras em pontal extensas, porém com presença de barras de meio de canal em alguns trechos. O perfil de equilíbrio foi deslocado, aumentando a capacidade de transporte, propiciando a granocrescência ascendente para a unidade.

Esta classificação converge com a opinião dos autores em Fambrini et al., 2012b e Costa et al., 2014, em relação a caracterização fluvial, contudo, não corrobora com a classificação deltaica transitória pela ausência de afloramentos que apontem feições típicas.

Por fim, para o topo da unidade fica evidente o padrão granocrescente ascendente com o espessamento dos pacotes arenosos e o incremento textural dos arenitos, atingindo depósitos conglomeráticos estratificados. Superfícies de reativação ligadas a fluxos instáveis são comuns em superposição de estruturas com pequenas escalas e incremento de espessura (REESINK & BRIDGE, 2011).

Ao topo da unidade foi interpretado um ambiente fluvial entrelaçado, composto de elementos arquitetônicos de preenchimento de canal (CHa), baixa influência de depósitos de planícies de inundação, assim como apontado por Assine, 2007. Entretanto, não foram evidenciados os conglomerados de frente deltaica como apontado pelo autor.

### 5.3 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS

Partindo da análise de sequências para sistemas deposicionais isolados (sem influência da variação eustática) segundo Martinssen et al., 1999, na Fm. Abaiara podem ser reconhecidos os Tratos de Sistemas de Alta e Baixa Acomodação.

A base da formação, composta essencialmente de sedimentos finos de planícies de inundação, reflete o TSAA que caracteriza o afogamento da bacia sedimentar, elevação do perfil de equilíbrio e o favorecimento da deposição de sedimentos mais finos.

Seguindo com o empilhamento sedimentar o sistema de sedimentação evolui para um sistema fluvial, com progressão do aumento do tamanho médio do grão e influência arenosa em meio aos intervalos pelíticos. Esta configuração sedimentar e arquitetural condiz com o TSBA onde são predominantes sistemas de sedimentação fluvial com pacotes amalgamados de arenitos com feições típicas de depósitos fluviais. Este trato de sistemas marca o rebaixamento do perfil de equilíbrio com o aumento do aporte sedimentar em detrimento da redução do espaço de acomodação.

O Limite de sequência é demarcado pela discordância erosiva Pré-Alagoas de caráter regional. Repousando a Fm. Barbalha em contato brusco, marcado por superfície erosiva com seixos intrabaciais e fragmentos do embasamento.

### 5.4 DISTINÇÃO DAS UNIDADES Fm. BREJO SANTO E Fm. ABAIARA

Ponto chave de objetivo desta tese foi a identificação de características que individualizassem as duas unidades em trabalhos de mapeamento/campo afim de

evitar equívocos na etapa de aquisição dos dados e posteriormente erros de localização estratigráfica dos resultados.

Comprovadas aqui as características, além das semelhanças litológicas (textura, cor, fácies, geometria), um dos pontos cruciais de diferenciação das duas formações é a ausência aparente de componentes carbonáticos primários nas fácies areno-siltosas presentes nos elementos CS e FF, assim como apontado por Assine, 1992, 2007.

As camadas areno-siltosas esverdeadas a esbranquiçadas deste conjunto de sedimentos não reagem ao HCL (5%) em campo. Tratam-se de arenitos compostos essencialmente de Quartzo e feldspatos alterados, com raras ocorrências carbonáticas como pseudomatriz secundária, resultado de alteração.

A maturidade apresentada dos arenitos corrobora com as evidências apontadas por Prosser (1993) em que o estágio *Latte Climax Rife* é caracterizado por sedimentos mais maduros.

Além do campo petrográfico de detalhe, os sedimentos finos das fácies Fm, Fsm e FI, presentes na base da unidade, não apresentam conteúdo de ostracodes indicadores da biozona NRT-003 (PONTE & APPI, 1990; ASSINE, 1992, 2007).

Todas as amostras coletadas apontaram resultado estéril para presença de fauna ostracode. Tal informação ratifica a diferenciação das duas formações (Brejo Santo e Abaiara), uma vez que, a formação Brejo Santo é reconhecida como portadora de camadas carbonáticas essencialmente compostas por carapaça de ostracodes (ostracodito) típicos do Andar Dom João.

#### 5.4 RECONSTRUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

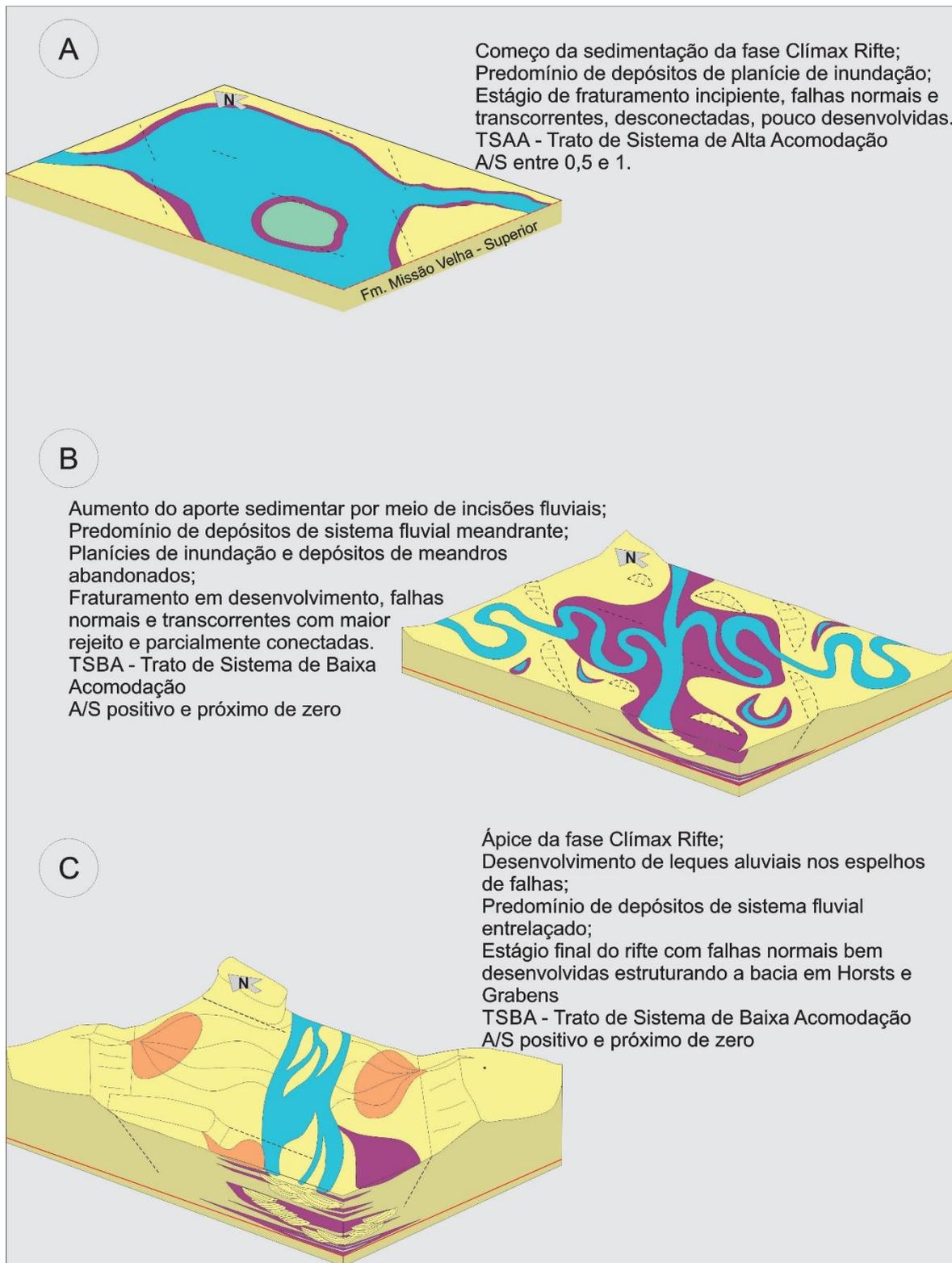
Composto pelas medidas de paleofluxos, os mapas gerados estruturas rúpteis fotointerpretadas e de paleofluxos (Figuras 17 e 31, respectivamente) apontam uma distribuição Polimodal das Paleodrenagens da Fm. Abaiara. Esta configuração aponta para o estágio clímax rife uma série de suposições, conforme o bloco diagrama (Figura 38).

A pluralidade de direções de drenagens pode representar uma estruturação de grábens e horsts internas da bacia, que controlou a sedimentação da unidade em pequenos depocentros dentro dos limites da bacia do Araripe.

O mapa (Figura 31) demonstra que, apesar da diversidade de depocentros, nenhum dos conjuntos de paleocorrentes medidas nos afloramentos visitados apontou para direção NE, o que pode significar que a porção NE à sub-bacia Vale do Cariri encontrava-se o alto topográfico da bacia no estágio Clímax Rife.

Esta configuração não correlaciona a Fm. Abaiara com as bacias do sistema Recônvacao-Tucano-Jatobá (RTJ) (ASSINE, 1994), uma vez que não apresenta influxo dos sedimentos direcionados no sentido de transpor os limites da Bacia do Araripe e compor uma bacia de limites maiores, junto com o sistema RTJ.

Figura 38 - Bloco diagrama de reconstrução paleogeográfica das condições de sedimentação durante a fase Clímax Rifte.



Fonte: O autor (2023)

## 6 CONCLUSÃO

A Formação Abaiara apresenta significativa variação faciológica lateral e vertical, distinguindo-se claramente do registro estratigráfico da fase pré rifte. Composta por sucessão de arenitos descontínuos, lateralmente intercalados a argilitos e folhelhos de coloração variegada.

A deposição processou-se em sistemas deposicionais complexos constituídos por interações de vastas planícies de inundação na base, sistema fluvial meandrante com influência sazonal na maior fração da unidade e sistema fluvial entrelaçado no topo.

Em termos deposicionais, os sistemas fluviais são formados por rios meandrantés com evidentes planícies de inundação na base da formação, e rios entrelaçados para o topo da unidade. Corpos de planícies de inundação similares a depósitos lacustres de reduzidas dimensões ocorrem disseminados ao longo da sucessão da Formação Abaiara, faciologicamente muito semelhantes aos da Formação Brejo Santo.

As medidas paleocorrentes obtidas sugerem padrão de paleocorrentes centrípeto com uma distribuição polimodal, distinto do registrado na fase pré rifte (composição de ampla bacia – Depressão Afro-Brasileira), ou seja, padrão controlado pela posição dos blocos falhados na fase clímax rifte que delimitaram pequenos depocentros localizados dentro dos limites da bacia do Araripe.

A Fm. Abaiara difere essencialmente da Fm. Brejo Santo, segundo a composição mineralógica das fácies areno-siltosos dos depósitos de planície de inundação devido a ausência de material carbonático. Além da ausência de fauna ostracodes como apontavam trabalhos anteriores. Características essenciais para a devida diferenciação das duas unidades em campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, J.R.L., 1963. The classification of cross-stratified units, with notes on their origin. *Sedimentology* **2**, 93–114.

ALLEN, J.R.L., 1965. A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. *Sedimentology*, **5**, 89–101.

ALLEN, J.R.L. 1983. Studies in fluvial sedimentation: Bars, bar-complexes and sandstone sheets (low-sinuosity braided streams) in the brownstones (L. devonian), welsh borders, *Sedimentary Geology*, **33**, Issue 4, P. 237-293.

ASSINE, M.L.1990. *Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. Rio Claro. 124 p. (Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP).

ASSINE, M.L.1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **22**(3), P. 289-300.

ASSINE, M.L. 1994. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **24**(4), P. 223-232.

ASSINE, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **15**(2): 371- 389.

ASSINE, M.L.; PERINOTTO, J.A.J.; CUSTÓDIO, M.A.; NEUMANN, V.H.M.L.; VAREJAO, F.G.; MESCOLOTTI, P.C. 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **22** (1), P. 3-28.

BARRETO JUNIOR, A.M. & FAMBRINI, G.L. 2022. First Mesozoic Lungfish Aestivation Burrows of West Gondwana (Late Jurassic of Araripe Basin, northeastern Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 119.

BARRETO JUNIOR, A. M.; FAMBRINI G. L.; NEUMANN, V. H. M. L.; SILVA-FILHO, W. F.; OLIVEIRA, E.V. 2021. Lenhos fósseis da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe: significado geológico com base em feições tafonômicas e sedimentológicas. *Geologia USP. Série Científica*, v. 21, 2021, n. 4, P. 91-101.

BARROS, C.L. 2010. Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojúrrassico?), Sub-Bacia leste do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações bioestratigráficas. Dissertação (Mestrado). Recife, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE.

- BARROS, C.L., FAMBRINI, G.L., GALM, P.C., AGOSTINHO, S. 2011. Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojúrrássico?), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleoambientais e sistemática paleontológica. *Estudos Geológicos (UFPE)*, v. 21, n. 1, P. 105-122.
- BATISTA, Z. V., VALENÇA, L. M. M., AGOSTINHO, S. M. O., NEUMANN, V. H. M. L., SANTOS, C. A., FAMBRINI, G. L. (2012). Análise de fácies da Formação Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, 22(1), P. 3-20.
- BEURLLEN, K. 1962. A geologia da Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 34, n. 3, P. 365-370.
- BEURLLEN, K. 1963. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 17. 1963. Recife, *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*. Recife: SBG/SUDENE, 1963.
- BEURLLEN, K. 1971. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). *Anais da Academia brasileira de Ciências*, 43, P. 411-415.
- BORDY, E.M. & CATUNEANU, O. 2001. Sedimentology of the upper Karoo fluvial strata in the Tuli Basin, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 33, P. 605-629.
- BRAUN, O.P.G. 1966. Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Inferior da Região Nordeste do Brasil (Bacias do Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). Rio de Janeiro, Divisão de Geologia e Mineralogia/DNPM (Boletim n. 236), 75 p.
- BRIDGE, J.S., 1993. Description and interpretation of fluvial deposits: a critical perspective. *Sedimentology*, 40, 801–810.
- BRIDGE, J.S. & TYE, Bo. (2000). Interpreting the dimensions of ancient fluvial channel bars, channels, and channel belts from wireline-logs and cores. *AAPG Bulletin*. 84. P. 1205-1228.
- BRIDGE, J. S. 2006. "Fluvial Facies Models: Recent Developments", In: *Facies Models Revisited*, Henry W. Posamentier and Roger G. Walker. SEPM Spec. 96p.
- BRITO-NEVES, B.B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W.R. 2000. Tectonic history of the Borborema Province. In: Cordani U. G. et al. *Tectonic evolution of the South America*. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, P.151-182.

- BRITO-NEVES, B.B.; SANTOS, E.J. FUCK, R.A.; SANTOS, L.C.M.L. 2016 A preserved early Ediacaran magmatic arc at the northernmost portion of the Transversal Zone central subprovince of the Borborema Province, Northeastern South America. *Brazilian Journal of Geology*, **46**(4): P. 491-508.
- CADLE, A. B. & CAIRNCROSS, B. 1993. A sandy, bed-load dominated fluvial system deposited by lateral-accretion: Permian Karoo Sequence, South Africa, *Sedimentary Geology*, V. 85, P. 435-455.
- CAMACHO, C. R. & SOUSA, F. R. F. R. de O. E. 2017. O arcabouço estrutural da Bacia Sedimentar do Araripe, Província Borborema, baseado em dados aeromagnetométricos. *Geologia USP. Série Científica*, 17(3), P. 149-161.
- CAMPOS, D. A. & KELLNER, A. W. A. (1985). Panorama of the Flying Reptiles Study in Brazil and South America. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57(4), P. 453-466.
- CANT, D.J. & WALKER, R.G. (1976) Development of a braided-fluvial facies model for the Devonian Battery Point Sandstone, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 13(1), P. 102-119.
- CANT, D.J. & WALKER, R.G. (1978). Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan River, Canada. *Sedimentology*, 25(5), P. 625-648.
- CAPUTO, M.V.& CROWELL, J.C., 1985, Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era: *Geological Society of America Bulletin*, v. 96, P. 1020–1036
- CAPUTO, M.V. & LIMA, E.C. 1984. Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande. *Anais do 33º Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro. V. 2, P. 740-753.
- CAPUZZO, N. & WETZEL, A. 2004. Facies and basin architecture of the Late Carboniferous Salvan-Dore´naz continental basin (Western Alps, Switzerland/France), *Sedimentology*, v. 51, P. 675-697.
- CATUNEANU, O. 2002. Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits and pitfalls. *Journal of African Earth Sciences*, **35**: 43p.
- CATUNEANU, O. 2003. Sequence Stratigraphy of Clastic Systems. Short Course Notes, Publisher: Geological Association of Canada, V.16, 248p.

- CATUNEANU, O. 2006. *Sequence Stratigraphy – Principles and Applications*. Elsevier Science. 336p.
- CHAKRABORTY, T. 1999. Reconstruction of fluvial bars from the proterozoic mancherai quartzite, pranhita–godavari valley, India. *Fluvial sedimentology*. V. 28, P. 451-466.
- COIMBRA, J.C., ARAI, M. & CARREÑO, A.L. 2002. Lower Cretaceous microfossils from Araripe basin, Northeastern Brazil: a stratigraphical approach. *Geobios*, 35(6): 687-698.
- COLLINSON, J.D. (1996) Alluvial Sediments. In: Reading, H.G., Ed., *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 3rd Edition, Blackwell Science, Oxford, P. 37-81
- COSTA, A. B. S.; CÓRDOBA, V. C.; JARDIM de SÁ, E. F.; SCHERER, C. M. S. 2014. Diagênese dos arenitos da Tectonossequência Rifte na Bacia do Araripe, NE do Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, 44(3), P. 457-470.
- DA ROSA, A.A.S. & GARCIA, A.J.V. 2000. Palaeobiogeographic aspects of northeast Brazilian basins during the Berriasian before the break up of Gondwana. . *Cretaceous Research*, V. 21, P. 221-239.
- FAMBRINI, G.L., ARAÚJO, J.T., LEMOS, D.R., NEUMANN, V.H.M.L., TESSER, Jr. S., SOUZA, B.Y.C., SILVA FILHO, W.F. 2009. A Formação Missão Velha na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Fácies e Sistemas Depositionais. In: Simp. Geologia do Nordeste, XXIII, Fortaleza, CE, CD-ROM.
- FAMBRINI, G.L., NEUMANN, V.H.M.L., LEMOS, D.R., ARAÚJO, J.T., LIMA-FILHO, M.F., TESSER, Jr., S. 2010. Stratigraphy and sedimentology of Rift Initiation to Rift Climax stages of the Araripe Basin, Northeastern Brazil: new considerations. In: 18th International Sedimentological Congress, Mendoza, Argentina, *Abstracts Volume...* Mendoza: IAS/PETROBRAS, v.único, P.104.
- FAMBRINI, G.L.; LEMOS, D.R.; MENEZES-FILHO, J.A.B.; SILVA-FILHO, W.F.; NEUMANN, V.H.M.L.; LIMA-FILHO, M.; BUARQUE, B.V. 2011a. Análise da Tectônica Rifte na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações para a Geração e Acumulação de Hidrocarbonetos. 6º Congresso Brasileiro Em P&D, outubro de 2011.
- FAMBRINI, G.L., LEMOS, D.R., TESSER Jr., S., ARAÚJO J.T., SILVA-FILHO, W.F., SOUZA B.Y.C., NEUMANN V.H.M.L. 2011b. Estratigrafia, Arquitetura Depositional e

Faciologia da Formação Missão Velha (Neojurássico-Eocretáceo) na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Exemplo de Sedimentação de Estágio de Início de Rift a Clímax de Rifte. *Geologia USP: Série Científica*, 11(2), P. 55-87.

FAMBRINI, G.L., BUARQUE, B.V., MENEZES-FILHO, J.A.B.; ARAÚJO J.T.; VALENÇA, L.M.M.; LEMOS, D.R., NEUMANN, V.H.M.L. 2012a. Análise estratigráfica da Formação Abaiara (Neocomiano), Bacia do Araripe, NE do Brasil: implicações para a implantação da fase rifte das bacias fanerozóicas brasileiras. In: 46o. Congresso Brasileiro de Geologia, 2012, Santos - SP. Anais do 46o. Congresso Brasileiro de Geologia, 2012. v. único

FAMBRINI, G.L.; NEUMANN, V.H.M.L.; BARROS, C. L.; AGOSTINHO, S.M.; GALM, P.C.; ARAÚJO, J.T.; MENEZES FILHO, J.A.B. 2012b. Análise de fácies da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. *Estudos Geológicos (UFPE)*, v. 22, P. 131-155.

FAMBRINI, G.L.; BATISTA, Z.V., NEUMANN V.H.M.L., VALENÇA, L.M.M.; AGOSTINHO, S.M., MENEZES-FILHO, J.A.B. 2013a. Sedimentary facies analysis of Cariri Formation, Sineclipsis stage, Araripe Basin, Northeast Brazil. In: 6th Latin American Congress of Sedimentology (6lacs), 2013, São Paulo SP. Abstracts of 6th Latin American Congress of Sedimentology, 2013.

FAMBRINI, G.L.; NEUMANN, V.H.M.L.; BARROS, C.L.; GALM, P.C.; AGOSTINHO, S.M.; ARAÚJO, J.T.; MENEZES-FILHO, J.A.B.. 2013b. Análise estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. *Geologia USP, Série Científica.*, vol. 13, n.4, pp. 3-28.

FAMBRINI, G.L., MENEZES-FILHO, J.A.B., SILVESTRE, D.C., NEUMANN, V.H.M.L. 2015b. Architectural and faciological characterization of fluvial Barbalha Formation, Araripe basin, northeastern Brazil. In: Rain, Rivers and Reservoirs Workshop, 2015, São Paulo, SP, Brazil, Abstracts Volume - USP/UNICAMP/BRITISH COUNCIL-UK.

FAMBRINI, G.L., NEUMANN, V.H.M.L; MENEZES-FILHO, J.A.B, SILVA-FILHO, W.F.; OLIVEIRA, E.V. 2017. Facies architecture of fluvial Missão Velha Formation (Neojurassic-Eocretaceous), Araripe Basin, Northeast Brazil: paleogeographic and tectonic implications. *Acta Geologica Polonica*, 4, P. 515–545. DOI: 10.1515/agp-2017-0029.

FAMBRINI, G.L., SILVA-FILHO, W.F., LEMOS, D.R., SILVESTRE, D.C., ARAÚJO, J.T., MENEZES FILHO, J.A.B., TESSER JÚNIOR, S., NEUMANN, V.H.M.L. 2019. Análise

tectonossedimentar das fases início de rifte e clímax de rifte da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Geologia USP, Série Científica*. v. 19, n. 3, P. 205-236.

FAMBRINI, G. L.; SILVESTRE, D. C.; BARRETO JÚNIOR, A. M.; SILVA-FILHO, W. F. 2020. Estratigrafia da Bacia do Araripe: Estado da Arte, Resultados Novos e Revisão Crítica. *Geologia USP. Série Científica*, v. 20, n. 4, p. 169-212.

FEITOSA, M.C. 1987. *Facies sedimentares e modelo deposicional dos arenitos inferiores do Vale do Cariri*. Dissertação Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

FIELDING, C. R., and Webb, J. A. 1996. "Facies and cyclicity of the Late Permian Bainmedart Coal Measures in the Northern Prince Charles Mountains, MacRobertson Land, Antarctica." *Sedimentology*, V. 43.2, P. 295-322.

FIELDING, C.R., 2006, Upper flow regime sheets, lenses and scour fills: Extending the range of architectural elements for fluvial sediment bodies: *Sedimentary Geology*, v. 190, p. 227-240.

FIELDING, C. R., ALLEN, J. P., ALEXANDER, J., GIBLING, M. R. 2009. Facies model for fluvial systems in the seasonal tropics and subtropics. *Geology*. V. 37 (7). P. 623–626.

FOLK, R. L. 1968. *Petrology of sedimentary rocks*. The Univ. of Texas, Austin, Hemphil's. 172 p.

FOLK, R. L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin, EUA, Hemphill's, 182 p.

GASPARY, J. & ANJOS, N.F.R. 1964. *Estudo Hidrogeológico de Juazeiro do Norte - Ceará*. Recife, SUDENE. 25 p.

GHAZI, S. & MOUNTNEY, N.P. 2009. Facies and architectural element analysis of a meandering fluvial succession: The Permian Warchha Sandstone, Salt Range, Pakistan. *Sediment. Geol.*, V. 221, P.99–126.

GHIGNONE, J. I. 1972. A evolução estrutural do Recôncavo durante o Tempo Candeias, *Revista Brasileira de Geociências*, V. 2, P. 35-50.

GHIGNONE, J.I., COUTO, E.A., ASSINE, M.L. 1986. Estratigrafia e estrutura das Bacias do Araripe, Iguatu e Rio do Peixe. In: Congr. Bras. Geol., 34. Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, SBG. V. 1, P. 271-285.

GIBLING, M.R. (2006). Width and Thickness of Fluvial Channel Bodies and Valley Fills in the Geological Record: A Literature Compilation and Classification. *Journal of Sedimentary Research*, V. 76, P. 731-770.

GUZMÁN-GONZÁLEZ, J., FAMBRINI, G.L., USMA, C.C., OLIVEIRA, E.V. 2015. Estratigrafia da Bacia de Jatobá: Estado da Arte. *Estudos Geológicos*, (UFPE), v. 25, p. 53-76.

HALFAR, J., RIEGEL, W., WALTHER, H. 1998. Facies architecture and sedimentology of a meandering fluvial system: a Palaeogene example from the Weisselster Basin, Germany. *Sedimentary*, V. 45, I. 1, P. 1-17.

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*. V. 17(2), P. 118-122.

HORN, J.D., FIELDING, C.R., JOECKEL, R., 2012. Revision of Platte River alluvial facies model through observations of extant channels and barforms, and subsurface alluvial valley fills. *Journal of Sedimentary Research* 82, 72–91.

JACKSON, R. G. 1976b. Largescale ripples of the lower Wabash River. *Sedimentology*, v. 23, P. 593-623.

JAMES, N.P., & DALRYMPLE, R.W. (2010). Facies Models 4. Geological Association of Canada. GEOTEXT. 586 p.

JO, H.R., CHOUGH, S.K., 2001. Architectural analysis of fluvial sequences in the northwestern part of Kyongsang Basin (Early Cretaceous), SE Korea. *Sediment. Geol.* V. 144, P. 307-334.

KIRSCHBAUM, M.A., & MCCABE, P.J. (1992). Controls on the accumulation of coal and on the development of anastomosed fluvial systems in the Cretaceous Dakota Formation of southern Utah. *Sedimentology*, V. 39, P. 581-598.

KRAUS, M. J., GWINN, B. 1997. Facies and facies architecture of Paleogene floodplain deposits, Willwood Formation, Bighorn basin, Wyoming, USA. *Sedimentary Geology*. V. 114, P. 33-54.

LIMA, M.R. 1978a. *Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)*. São Paulo. 335p. (Tese de Doutorado,IG/USP).

- LIMA, M.R. 1979. Considerações sobre a subdivisão estratigráfica da Formação Santana - Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 9(2):116-121.
- MABESOONE, J.M. & TINOCO, I.M. 1973. Palaeoecology of the Aptian Santana Formation (northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* Vol. 14(2), P. 97-118.
- MARTINIUS, A.W. (2000) Labyrinthine facies architecture of the Tórtola fluvial system and controls on deposition (late Oligocene - early Miocene, Loranca Basin, Spain). *Journal of Sedimentary Research*, V. 70, P. 850-867.
- MARTINSEN, O., RYSETH, A., HANSEN, W.H., FLESHE, H., TORKIDSEN, G., IDIL, S., 1999. Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ercson Sandstonw (Campanian), Rock Springs Uplift, SW Wyoming, USA. *Sedimentology* 46, 235–259.
- MCGOWEN, J.H., & GARNER, L.E. 1970. PHYSIOGRAPHIC FEATURES AND STRATIFICATION TYPES OF COARSE-GRAINED POINTBARS: MODERN AND ANCIENT EXAMPLES<sup>1</sup>. *Sedimentology*, V. 14, P. 77-111.
- MELO, B. G. V., & SOUZA CARVALHO, I. I. 2017. A Fauna da Formação Brejo Santo, Neojurássico da Bacia do Araripe, Brasil: Interpretações Paleoambientais. *Anuário do Instituto de Geociências*, V. 40(3), P. 62-74.
- MIALL, A.D. 1977. A review of the braided-rivers depositional environment. *Earth Science Reviews*, V. 13(1), P. 1-62.
- MIALL, A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided-rivers deposits: a summary. In: Miall, A.D. (ed.) *Fluvial Sedimentology*. Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists. P. 597-604.
- MIALL, A.D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*, V. 22, P. 261-308.
- MIALL, A.D., 1988. Facies Architecture in clastic sedimentary basins. In: Kleinspehn, K.L., Paola, C. (Eds.), *New Perspectives in Basin Analysis*. Springer- Verlag, Berlin, P. 67-81.
- MIALL, A.D. 1990. *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. Second Edition. Springer Science-+Business Media. 668p.

- MIALL A.D. 1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin, Springer, 582 p.
- MIALL, A.D. 2000. *Principles of sedimentary basin analysis*. 3<sup>rd</sup> ed., New York, Springer-Verlag, 616 p.
- MIALL, A.D. 2006. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Ed 2, Berlin, Springer, 582 p.
- MIALL, A. D. 2014. *Fluvial depositional systems*. Springer-Verlag, Berlin, 316 p.
- MIALL, A.D. & TYLER, N. 1991. The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Concepts in Sedimentology and Paleontology*, V. 3, 309 p.
- MIRANDA, L.O.S., FERRARI, M.P., VIANA, R.B. 1986. Prospecção sísmica de reconhecimento na Bacia do Araripe. In Congresso Brasileiro de Petróleo, 3., Rio de Janeiro, RJ, 1986. Boletim, PETROBRÁS/IBP, TT-158, 11 p.
- MORAES, J.F.S., SCHEID, C., SANTOS, J.S.A. 1976. Projeto Santana: Relatório Final da Etapa I. Recife, DNPM/CPRM, 8 v.
- MOREIRA, J.L.P., MADEIRA, C.V., GIL, J.A., e MACHADO, M.A.P. 2007. Bacia de Santos. Boletim de Geociências da Petrobras, V. 15(2), P. 531-549.
- MRINJEK, E., SREMAC, J., VELÍČ, J. 2006. Pliocene Alluvial Sediments in the Drava Depression of the Virovitica–Slatina Area, Northern Croatia. *Geologia Croatica*. V. 59(1), P. 65-84.
- NADON, G. & MIDDLETON, G. 1984. Tectonic control of Triassic sedimentation in southern New Brunswick: Local and regional implications. *Geology*. V. 12, P. 441-444.
- 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)*. 1999. Tesis (Doctorado), Universidad de Barcelona, Barcelona 244p.
- NEUMANN, V. H. & CABRERA, L. 1999. Una Nueva Propuesta Estratigráfica para la Tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil. In: Bol. 5º Simpósio

Sobre o Cretáceo do Brasil e 1º Simpósio Sobre el Cretácico de América Del Sur. Serra Negra-SP. UNESP, Rio Claro. P. 279-285.

NIJMAN, W. & PUIGDEFABREGAS, C. 1978. Coarse-grained point bar structure in a molasse-type fluvial system, Eocene Castisent Sandstone Formation, South Pyrenean Basin. Mem.Can.Soc.Petrol.Geol. V. 5, P. 487-510.

NORTH, C. P. & DAVIDSON, S. K. 2012. Unconfined alluvial flow processes: Recognition and interpretation of their deposits, and the significance for palaeogeographic reconstruction, Earth-Science Reviews, Volume 111, Issues 1–2, Pages 199-223

OLSEN, P. E., 1988, Continuity of strata in the Newark and Hartford Basins of the Newark Supergroup: U.S. Geological Survey Bulletin, Sec. 1, P. 6-18.

PEAKALL, J., AMOS, K. J., KEEVIL, G. M., BRADBURY, P. W., GUPTA, S. 2007. Flow processes and sedimentation in submarine channel bends, Marine and Petroleum Geology, V. 24, Is. 6–9, P. 470-486.

PETTIJOHN, F. J.; POTTER, P. E. AND SIEVER, R. Sand and sandstone. 1973. 631 p. New York, Springer-Verlag, 1973.

PONTE, F.C. & APPI, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In SBG, Congr. Bras. Geol., 36. Natal, 1990. Anais... Natal, v. 1, p. 211-226.

PONTE, F.C. & PONTE FILHO, F.C. 1996. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Recife: Departamento Nacional da Produção Mineral, 4º e 10º Distritos Regionais, Delegacias do Ministério das Minas e Energia em Pernambuco e Ceará, 68 p.

PONTE-FILHO, F.C. & PONTE, F.C. 1992. Caracterização estratigráfica da Formação Abaiara, Cretáceo inferior da Bacia do Araripe. In: Simp. sobre bacias cretáceas brasileiras, 2, Rio Claro, 1992. Resumos Expandidos... Rio Claro, UNESP, p. 61-64.

POTTER, P.E. and PETTIJOHN, F.J. (1977) Paleocurrents and Basin Analysis. 2nd Edition, Springer-Verlag, New York, 425 p.

POWERS, M. C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. J. Sediment. Petrology, n. 23, p. 117-119.

PROSSER, S. 1993 Rift-Related Linked Depositional Systems and Their Seismic Expression. Geological Society Special Publication, V. 71, P. 35-66.

RAND, H.M. & MANSO, V.A.V. 1984. Levantamento gravimétrico e magnetométrico da Bacia do Araripe. In Congresso Brasileiro de Geologia, 33. Rio de Janeiro, 1984. Anais... v. 4; 2011-2016.

REESINK, A.J.H., AND BRIDGE, J.S., 2009, Influence of superimposed bedforms and flow unsteadiness on formation of cross strata in dunes and unit bars – Part 2, further experiments: *Sedimentary Geology*, v. 222, p. 274-300.

REESINK, A.J.H., AND BRIDGE, J.S., 2011, Evidence of bedform superimposition and flow unsteadiness in unit-bar deposits, South Saskatchewan River, Canada: *Journal of Sedimentary Research*, v. 85, p. 814-840.

REESINK, A.J.H., ASHWORTH, P.J., SAMBROOK, G.H., 2013, Scales and causes of heterogeneity in bars in a large multi-channel river: Río Paraná, Argentina. *Sedimentology*.

SAMBROOK, G.H., ASHWORTH, P.J., BEST, J.L., WOODWARD, J., AND SIMPSON, C.J., 2005, The morphology and facies of sandy braided rivers: some considerations of scale invariance, in Blum, M.D., Marriott, S.B. and Leclair, S., eds., *Fluvial Sedimentology VII: International Association of Sedimentologists*, Blackwell, Oxford, p. 145-158

SCHERER, C.M.S., & LAVINA, E.L.C., 2005. Sedimentary cycles and facies architecture of aeolian–fluvial strata of the Upper Jurassic Guará Formation, southern Brazil. *Sedimentology*. V.52, P. 1323-1341.

SCHERER, C.M.S., JARDIM de SÁ, E.F., CÓRDOBA, V.C., SOUSA, D.C., AQUINO, M.M., CARDOSO, F.M.C. 2014. Tectono-stratigraphic evolution of the Upper Jurassic–Neocomian rift succession, Araripe Basin, Northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 49, p. 106-122.

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.

SELLEY, C.R. 1982. *An Introduction to Sedimentology*. Academic Press, London, 417 p.

SELLEY, R.C. 2000. *Applied sedimentology environments, a brief survey*. London, Academic Press.

- SHARMA, M., SHARMA, S., SHUKLA, U. K., & SINGH, I. B. (2002). Sandstone body architecture and stratigraphic trends in the Middle Siwalik Succession of the Jammu area, India. *Journal of Asian Earth Sciences*, V. 20(7), P. 817-828.
- SILVA-SANTOS, R. & VALENÇA, J.G. 1968. A Formação Santana e. sua paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de. Ciências*, V. 40(3), P. 339-358
- SILVESTRE, D.C., FAMBRINI, G.L., DA COSTA, I.C., 2020. ANÁLISE FACIOLÓGICA, SISTEMAS DEPOSICIONAIS E ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS DA FORMAÇÃO BARBALHA (APTIANO SUPERIOR), BACIA DO ARARIPE: DADOS DE TESTEMUNHOS DE SONDAÇÃO. *Anuário Brasileiro de Geociências*. V. 43(4), P. 34-47.
- SMALL, H., 1913. Geologia e Suprimento de Água Subterrânea no Piauhye Parte do Ceará. Recife, Insp. Obras Contra Secas. 80 p. (Publicação 25).
- SMITH, N.D., CROSS, T.A., DUFFICY, J.P., CLOUGH, S.R. 1989. The anatomy of anavulsion. *Sedimentology* 36:1–23.
- SMITH, N.D. 1970. The braided stream depositional environment; comparison of the Platte River with some Silurian clastic rocks, north central Appalachians. *Geol. Soc. Am. Buli*, V. 81, P. 2993-3014.
- SMITH, N.D. 1972. Some sedimentological aspects of planar cross-stratification in a Sandy braided river. *J. Sediment. Petrol.*, V. 42, P. 624-634
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica: guia de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, V. 16, P. 370-415.
- SOUZA, L. S., SGARBI, G. N. C. 2019. Bacia de Santos no Brasil: geologia, exploração e produção de petróleo e gás natural. *Boletín de Geología*, V. 41(1), P. 175-195. DOI: 10.18273/revbol.v41n1-2019009
- SUGUIO, K.. *Geologia Sedimentar*. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. v. 01. 400p.
- TINÓS, T. M., FERREIRA, M. V., ZAINÉ, J. E., RIEDEL, P. S. 2014. Técnicas de visualização de modelos digitais de elevação para o reconhecimento de elementos de análise do relevo. *Geociências*, São Paulo, UNESP, V. 33(2), P. 202-215.

VALERIANO, M. M. 2008. TOPODATA: GUIA PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS GEOMORFOLÓGICOS LOCAIS. Projeto de Produtividade em Pesquisa “Modelagem de dados topográficos SRTM”, CNPq, processo nº 306021/2004-8 (NV). INPE.

WAKELING-KING, G. & WEBB, J. 2007. Upper-Flow-Regime Mud Floodplains, Lower-Flow-Regime Sand Channels: Sediment Transport and Deposition in a Drylands Mud-Aggregate River. *Journal of Sedimentary Research - J SEDIMENT RES.* V. 77, P. 702-712.

WILLIS, B. 1993. Evolution of Miocene fluvial systems in the Himalayan foredeep through a two kilometer-thick succession in northern Pakistan. *Sedimentary Geology*, V. 88, P. 77-121.

WIZEVICH, M. C. 1992. Sedimentology of Pennsylvanian quartzose sandstones of the Lee Formation, central Appalachian Basin: fluvial interpretation based on lateral profile analysis. *Sedimentary Geology*. V. 78, P. 1-47.