

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**LITOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO ARARIPE:
REAValiação E PROPOSTAS PARA REVISÃO**

Daniel Bezerra das Chagas

Orientador: Prof. Dr. Mario Luis Assine

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional
- Área de Concentração em Geologia Regional,
para a obtenção do Título de Mestre em Geociências.

Rio Claro (SP)
2006

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Mário Luís Assine - (Orientador)

Prof. Dr. Dermeval Aparecido do Carmo

Prof. Dr. Norberto Morales

Daniel Bezerra das Chagas
aluno

Rio Claro, 10 de Outubro de 2006.

Aos meus pais, José Lourenço e Antonia Bezerra, que sempre dedicaram a vida em prol da minha educação, que tornaram possível através de seus esforços a minha formação universitária, a quem eu sempre serei grato por cada gota de suor por mim derramada. Retribuirei com muito amor.

Às minhas irmãs Daniela e Raquel por todo amor e cuidado entre nós recíproco.

Aos meus sobrinhos Laís, Luís e Lael, nos quais vejo florescer o futuro e a certeza do amor sublime.

Ao meu tio Edílson Bezerra.

À minha Flaviana, fonte de inspiração e amor que me motiva a cada dia, e que mesmo sofrendo com a distância no decorrer do desenvolvimento do projeto de projeto de mestrado prevaleceu firme e companheira, transmitindo-me força e amor a cada dia.

"O que os homens realmente querem não são conhecimentos, mas certezas."

Bertrand Russel

"Saber e não fazer ... ainda não é saber."

Provérbio Zen

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho foi possível pela colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais quero externar os meus mais sinceros agradecimentos.

Ao professor Dr. Mario Luis Assine pela orientação e total empenho, interesse e receptividade desde o primeiro contato e durante toda a pós-graduação, sendo atencioso a cada página escrita deste trabalho, guiando-me pelos caminhos do método científico, ensinando e mostrando-me as infinitas vantagens da organização. Ensinaamentos que guardarei por toda a vida.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela bolsa concedida. À Universidade Estadual Paulista (Unesp), através do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, pelo apoio institucional. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, (Processo nº 04/15786-0) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Auxílio da Pesquisa, CNPq, (Processo 476727/200-9) pelo financiamento do projeto.

Ao professor Dr. José de Araújo Nogueira Neto por todo apoio e incentivo desde o meu ingresso no curso de geologia na UFC e durante a execução deste trabalho, abrindo portas e me aconselhando tanto na vida científica como na vida cotidiana. Muito mais que um orientador, um verdadeiro pai.

Ao geólogo Francisco Idalécio de Freitas, da Universidade Regional do Cariri (URCA), que muito contribuiu para a realização desta pesquisa, muitas vezes adiando compromissos pessoais para me acompanhar nos trabalhos de campo.

Ao professor Dr. Norberto Morales, pelas críticas, sugestões, discussões durante campanhas de campo e no exame de qualificação. Ao professor Dr. Alexandre de Jesus Perinotto por suas críticas e sugestões no exame de qualificação.

Ao geólogo Marcos que me acompanhou no levantamento de algumas seções colunares. Ao meu amigo Wellington, motorista da UFC, que me acompanhou e me divertiu bastante com seu bom humor em quase todas as minhas idas à Bacia do Araripe, desde o trabalho de graduação até os trabalhos do mestrado.

Ao professor Dr. César Veríssimo pelo empréstimo dos altímetros, indispensáveis no levantamento das seções, e por todo incentivo e apoio desde a graduação até hoje.

Ao meu amigo e companheiro de república Éder Renato Merino, que produziu minhas imagens e modelo digital de terreno da bacia, privando-se de boas horas de sono. Sempre muito prestativo e atencioso.

Ao Dr. Eduardo Bernardes (Duda) e André Piacentini Pinheiro pela ajuda na produção do abstract. À minha amiga Magnólia Barbosa pelas dicas na confecção do mapa base. Ao meu amigo André Viana pelas ajuda na formatação de alguns capítulos, bem como por todo apoio nas horas de necessidade.

Aos companheiros da pós-graduação, Ana Paula, Eduardo Kelusodi , Mirna Neves, Julião Arraes, Felipe Elias, Eliana, Darciléa, Julio César Fella, Duda, Ediléa, Ana Cândida, Humberto, e Claudia, que tornaram mais fáceis os dias de intensa saudade da minha família e da terra, pois se tornaram uma nova família para mim.

Obrigado!

SUMÁRIO

Conteúdo.....	i
Índices de Tabelas.....	iii
Índice de Figuras.....	iv
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
1 – Introdução.....	1
2 – Síntese da Geologia.....	3
3 –Objetivos e Justificativas.....	15
4 – Método e Trabalhos Realizados.....	18
5 – Resultados.....	26
6 – Conclusões.....	104
Referências.....	106

CONTEÚDO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - SÍNTESE DA GEOLOGIA	3
3 - OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS.....	15
4 - MÉTODOS E TRABALHOS REALIZADOS.....	18
5 - RESULTADOS ALCANÇADOS.....	26
5.1- Formação Cariri	28
5.1.1 - Nomenclatura Estratigráfica.....	28
5.1.2 - Idade.....	29
5.1.3 - Empilhamento de Fácies Sedimentares.....	31
5.1.4 – Ambiente de Sedimentação.....	35
5.1.5 - Paleocorrentes	36
5.2 - Formação Brejo Santo.....	38
5.2.1 - Nomenclatura Estratigráfica.....	38
5.2.2 - Idade.....	39
5.2.3 - Empilhamento de Fácies Sedimentares.....	40
5.2.4. Ambiente de Sedimentação.....	42
5.3 - Formação Missão Velha.....	43
5.3.1 - Nomenclatura Estratigráfica.....	43
5.3.2 - Idade.....	44
5.3.3 - Empilhamento de Fácies Sedimentares.....	45
5.3.4 – Ambiente de Sedimentação.....	49
5.3.5 - Paleocorrentes	49
5.4 - Formação Abaiara.....	51
5.4.1 - Nomenclatura Estratigráfica.....	51
5.4.2 - Idade.....	51
5.4.3 - Empilhamento de Fácies Sedimentares.....	52
5.4.4 - Ambiente de Sedimentação.....	57
5.4.5 - Paleocorrentes	58
5.5 - Formação Barbalha.....	60
5.5.1 - Nomenclatura Estratigráfica.....	60
5.5.2 - Idade.....	61
5.5.3 - Empilhamento de Fácies Sedimentares.....	61
5.5.4 - Ambiente de Sedimentação.....	72
5.5.5. Paleocorrentes	77
5.6 - Formação Santana.....	78
5.6.1 - Nomenclatura Estratigráfica.....	78
5.6.2 - Idade.....	80
5.6.3 - Empilhamento de Fácies Sedimentares.....	83
5.6.4 - Ambiente de Sedimentação.....	90
5.6.5 - Paleocorrentes	93

5.7 - Formação Exu.....	94
5.7.1 - Nomenclatura Estratigráfica.....	94
5.7.2 - Idade.....	95
5.7.3 - Empilhamento de Fácies Sedimentares.....	96
5.7.4 – Ambiente de Sedimentação.....	99
5.7.5 – Paleocorrentes.....	99
5.8 – Depósitos cenozóicos.....	101
6 - CONCLUSÕES.....	104
REFERÊNCIAS	106

ÍNDICE DAS TABELAS

01	Pontos visitados durante as campanhas de campo com suas respectivas coordenadas em UTM.....	20
02	Legenda de nomenclatura de litofácies modificada de (MIALL, 1978).....	23

ÍNDICE DAS FIGURAS

01	Bacias fanerozóicas da Região Nordeste do Brasil, com destaque para a Bacia do Araripe (A = Araripe; IG = Iguatu; J = Jatobá; P= Potiguar; PB = Parnaíba; PP = Pernambuco-Paraíba; RP = Rio do Peixe; SA = Sergipe-Alagoas; T = Tucano).....	2
02	Bacia do Araripe: A) Mapa geológico (modificado de Assine, 1990); B) Modelo digital do terreno, onde se vê claramente a Chapada do Araripe e Vale do Cariri (construído com dados SRTM 90m).....	4
03	Quadro comparativo das propostas litoestratigráficas para a Bacia do Araripe.....	7
04	Coluna estratigráfica da Bacia do Araripe proposta por Assine (1992).....	9
05	Coluna estratigráfica da Bacia do Araripe (Modificado de Ponte 1992b).....	10
06	Painel estratigráfico simplificado para o sistema lacustre Aptiano-Albiano da Sub-bacia E do Araripe. São exibidos os pacotes de calcário descontínuos do Membro Crato (Neumann).....	11
07	Evolução tectônica da sub-bacia de Feitoria, reconstituída a partir da análise geohistórica do poço AP-1-CE.....	14
08	Localização das áreas de abrangência do presente trabalho dentro da Bacia do Araripe. (Imagem de satélite LANDSAT 5, composição em falsa cor, bandas RGB-543).....	17
09	Mapa de pontos do vale do Cariri. setor e da bacia do araripe.....	21
10	Mapa de pontos do vale de Santana do Cariri. setor w da Bacia do Araripe	22
11	Perfil estratigráfico do poço 2-AP-1-CE (GDA=granodecrescência ascendente; GCA=granocrescência ascendente).....	27
12	Icnofósseis da Formação Mauriti. Resultantes de bioturbação por organismo indeterminado em arenitos da (ponto 51).....	29
13	Arenitos da Formação Cariri exibindo fácies (Sp), (St) e (Sh), na localidade de “Cachoeira de Missão Velha” (ponto 51).....	32
14	Arenitos da Formação Cariri.....	33
15	Fácies sedimentares da Formação Cariri.....	34
16	Mapas de paleocorrentes da Formação Cariri.....	37
17	Folhelhos vermelhos da Formação Brjo Santo.....	41
18	Contato da Formação Brejo Santo com sua unidade sobreposta (Formação Missão Velha), localidade de Grota Funda no município de Missão Velha (ponto 62).....	42
19	Troncos fossilizados silicificados da Formação Missão Velha, localidade de Grota Funda (ponto 62).....	44

20	Vista geral do afloramento da “Grotá Funda” localizada no distrito de Missáo Velha (ponto 45).....	45
21	Seção colunar de referência da Formação Missáo Velha, levantada na localidade de Missáo Velha (ponto 45).....	46
22	Fácies Sedimentares da Formação Missáo Velha.....	47
23	Mapa de paleocorrentes da Formação Missáo Velha.....	50
24	Visáo panorâmica do afloramento da Formação Abaiara (ponto 46).....	53
25	Seção-colunar de referência da Formação Abaiara, levantada no município de Abaiara (ponto 46).....	55
26	Feições sedimentares observadas nos afloramentos da Formação Abaiara.....	56
27	Sedimentos da Formação Abaiara exibindo intercalações de arenitos com estratificações horizontais, estruturas convolutas e gretas de contração.....	57
28	Mapa de paleocorrentes da Formação Abaiara (Seqüência Sin-rifte).....	59
29	Palinomorfos encontrados nos folhelhos pirobetuminosos da Formação Barbalha.....	62
30	vale do Cariri (sub-área E) para a Formação Barbalha (SC= Seção Colunar (Imagem em falsa co do LANDSAT 5 composta pelas bandas 5R4G3B)).....	62
31	SC-1: Riacho Guaribas (ponto 140–A/E).....	63
32	SC-2: Rio da Batateira (pontos 1 a 13).....	64
33	SC-3: Sítio Romualdo (ponto 132 A-F).....	65
34	SC-4: Rios Salamanca/ São Francisco (pontos 83 a 84).....	66
35	SC-5: Riacho da Onça (pontos 123 a 131).....	67
36	Arenitos da porção da basal da Formação Barbalha exibindo estratificações cruzadas planares porte (Sp) e acanaladas (St) de médio porte.....	69
37	Fácies sedimentares observadas nos sedimentos das seções levantadas para a Formação Barbalha.....	70
38	“Camadas Batateira” verificada no Perfil do Rio da Batateira (ponto5.....	71
39	Correlação estratigráfica das seções levantadas para a “Seqüência Plumbífera do Araripe” (Farina, 1974).....	71
40	Seção -colunar E – W no Vale do Cariri (datum: Topo das Camadas Batateiras, conforme definida por Hashimoto <i>et al.</i> 1987).....	73
41	Feições observadas nos sedimentos da Formação Barbalha que evidenciam ambiente deposicional fluvio-lacustre.....	75

42	Mapa de paleocorrentes da Formação Barbalha (Seqüência Aptiano-albiana).....	77
43	Fósseis da Formação Santana.....	82
44	Fósseis da Formação Santana.....	83
45	Fácies sedimentares da Formação Santana.....	85
46	Perfil vertical levantado na Mina Pedra Branca exibindo associações de fácies do Membro Ipubi e Romualdo. Município de Nova Olinda, região centro-norte da Bacia do Araripe.....	85
47	Fácies sedimentares observadas no perfil da Mina Pedra Branca.....	87
48	Depósitos fossilíferos coquinóides exibindo.....	88
49	Seção estratigráfica da Formação Santana levantada no Sítio Romualdo (retirada da figura 38), exibindo todo o empilhamento estratigráfico da unidade.....	90
50	Arenitos brancos intercalados nos folhelhos do Membro Romualdo.....	92
51	Mapa de paleocorrentes da Formação Santana no Vale do Cariri.....	93
52	Escarpas da Formação Exu observadas na localidade de Arajara (ponto 39).....	94
53	Estruturas formadas por bioturbação observados nos arenitos da porção superior da Formação Exu	96
54	Fácies sedimentares observadas nos arenitos vermelhos da Formação Exu.....	98
55	Seção-colunar da Formação Exu, levantado no “Pontal de Santa Cruz”, município de Santana do Cariri.....	100
56	Sedimentos recentes (Terciário ?).....	102
57	Depósitos de fluxo de detritos.....	103

RESUMO

Análise da estratigrafia da Bacia do Araripe revelou uma série de questões ainda não satisfatoriamente compreendidas com relação a algumas de suas unidades litoestratigráficas, destacando-se a falta de seções-tipo em superfície. Com o objetivo de equacionar apropriadamente algumas destas questões e tentar contribuir para sua elucidação, foi realizada uma análise da sucessão estratigráfica no flanco norte da bacia, sendo analisadas em detalhe duas áreas de afloramento, uma na folha de Santana do Cariri e outra na folha de Crato, nas quais há boas exposições das várias unidades. Afloramentos representativos foram descritos e caracterizadas suas fácies sedimentares, bem como levantadas seções-colunares de referência e medidas as paleocorrentes nas diferentes unidades. Os dados levantados corroboraram a interpretação de que a Formação Cariri é uma unidade mais antiga, não sendo observada nenhuma evidência de interdigitação com as formações juro-neocomianas. Seções-colunares representativas das formações Missão Velha e Abaiara foram levantadas, mostrando que ambas apresentam empilhamentos estratigráficos diferentes. A continuidade dos afloramentos nas escarpas da Chapada do Araripe permitiram a construção de uma seção estratigráfica da seqüência aptiano-albiana, com seções representativas da Formação Barbalha, na qual se destacam as “Camadas Batateira”, um marco estratigráfico utilizado como *datum*. Sugere-se o abandono da denominação “Formação Arajara”, pois a seção de arenitos e folhelhos a ela atribuídos representa recorrência de fácies da Formação Santana.

ABSTRACT

Several questions remain poorly explained concerning the lithostratigraphic unities of the Araripe Basin, particularly the lack of surface type-sections. To elucidate some of these questions a stratigraphic analysis was carried out in the outcrop belt in the northeast margin of the basin. The Santana do Cariri and Crato areas were selected because there are good outcrops of all stratigraphic unities, being possible to measure columnar-sections of well-exposed formations, to describe in detail the lithofacies and to obtain paleocurrents data. The lowermost Cariri Formation is an older unit without interfingering with Mesozoic strata. The Brejo Santo and Missão Velha formations (Late Jurassic, pre-rift) and Abaiara formation (Neocomnian, rift) occur in the Cariri valley in horst and graben structures. Measured columnar-sections show that the pre-rift and rift formation can be distinguished because the Abaiara Formation exhibit great facies changes, laterally and vertically, different from the pre-rift formations. The Aptian Barbalha Formation represents the first post-rift unit, lying with angular unconformity on the older unities. The continuity of outcrops along the escarpment of the Araripe plateau allows the construction of a good stratigraphic section, leveled by the Camadas Batateira stratigraphic mark, an important occurrence of black shales capped by sulfide-mineralized calcareous breccia. The Santana Formation is a transgressive-regressive sequence, in which marine shales interfinger with coastal sandstones, showing facies recurrence and the inconsistency of using the name Arajara Formation to its upper section.

CAPÍTULO 1. - INTRODUÇÃO

As bacias interiores do Nordeste do Brasil constituem um conjunto de pequenas bacias, cuja origem e evolução estão relacionadas aos eventos tectônicos eocretáceos que culminaram com o rifteamento de Gondwana e a abertura do oceano Atlântico Sul (Ghignone *et al.* 1996, Brito Neves 1990). São bacias fortemente controladas por estruturas do embasamento pré-cambriano/eo-paleozóico, reativadas em diversos eventos tectônicos fanerozóicos (Fig. 1).

Dentre estas, a Bacia do Araripe é a que apresenta evolução tectono-sedimentar mais complexa, porque se trata de uma bacia poli-histórica, constituída pela superposição de diversas seqüências estratigráficas, limitadas por discordâncias, que representam o registro sedimentar de quatro bacias geneticamente distintas (Assine 1992 a).

A Bacia do Araripe vem despertando o interesse científico de muitos pesquisadores desde o Século XIX, sobretudo devido às ocorrências espetaculares de fósseis, mundialmente conhecidos pela diversidade e boa preservação. É grande o número de trabalhos versando sobre os fósseis das diferentes unidades, de forma que há um alto grau de conhecimento sobre a paleontologia da bacia.

O conhecimento sobre a geologia da bacia é, por outro lado, insatisfatório. A análise da literatura mostra que persistem ainda muitas opiniões divergentes e dúvidas com relação à litoestratigrafia, às idades, aos estilos estruturais, à paleogeografia e à evolução tectono-sedimentar das diferentes unidades estratigráficas da bacia.

Esta dissertação apresenta de forma objetiva e sintética as propriedades das diferentes unidades estratigráficas, as inconsistências de algumas das proposições feitas, um conjunto de novos dados e informações que permitem melhor caracterizar as diversas unidades, e sugestões para uma necessária revisão estratigráfica da bacia.

Para tal foram realizados estudos detalhados em duas áreas situadas na borda norte da bacia, que se complementam no sentido de oferecer bons afloramentos de praticamente todas as unidades estratigráficas da bacia. Uma das áreas já havia sido anteriormente objeto de pesquisa do autor, que realizou trabalho de graduação na área de Nova Olinda e Santana do Cariri (Chagas 2003).

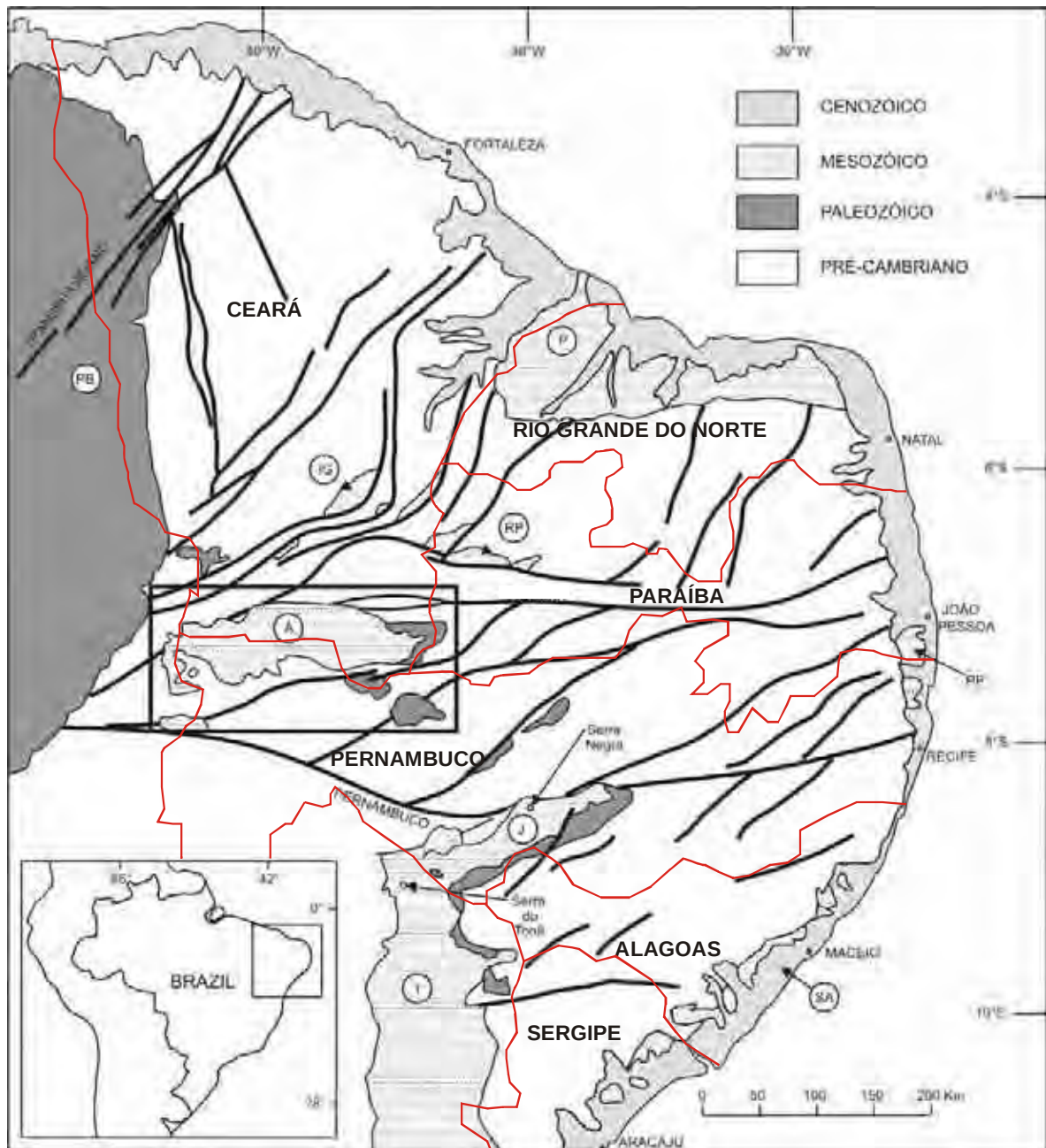


Figura 1 - Bacias fanerozóicas da Região Nordeste do Brasil, com destaque para a Bacia do Araripe (A = Araripe; IG = Iguatu; J = Jatobá; P= Potiguar; PB = Parnaíba; PP = Pernambuco-Paraíba; RP = Rio do Peixe; SA = Sergipe-Alagoas; T = Tucano) (Assine 1990).

CAPÍTULO 2. - SÍNTESE DA GEOLOGIA DA BACIA

A Bacia do Araripe está situada na região de fronteira dos estados do Ceará, Pernambuco, Piauí e Parnaíba, interior do Nordeste do Brasil, em área delimitada pelas coordenadas geográficas 07°00` e 08°00` de latitude sul e 38°30` e 41°00` de longitude oeste. Do ponto de vista econômico, na bacia estão localizados importantes centros urbanos da região sul do Estado do Ceará (Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha, Nova Olinda, Santana do Cariri, Nova Olinda, Jardim, Mauriti, e Brejo Santo) e do oeste do Estado de Pernambuco (Araripina).

Posicionada entre as bacias do Parnaíba, Potiguar e do Tucano-Jatobá e sendo a mais importante das bacias fanerozóicas interiores do Nordeste do Brasil (Fig. 1) perfaz uma superfície total de aproximadamente 9.000 quilômetros quadrados. As unidades estratigráficas da bacia distribuem-se quase que inteiramente em dois compartimentos geomorfológicos distintos: Vale do Cariri e Chapada do Araripe (Fig. 2). A Chapada do Araripe influência sobremaneira no clima da região, não só por constituir uma barreira orográfica, mas sobretudo porque os arenitos presentes na sua porção superior constituem um reservatório de água que abastece fontes perenes e riachos existentes em suas bordas, em especial naquelas voltadas para o Vale do Cariri, que por isso se tornou importante pólo populacional e agrícola no sul do Ceará.

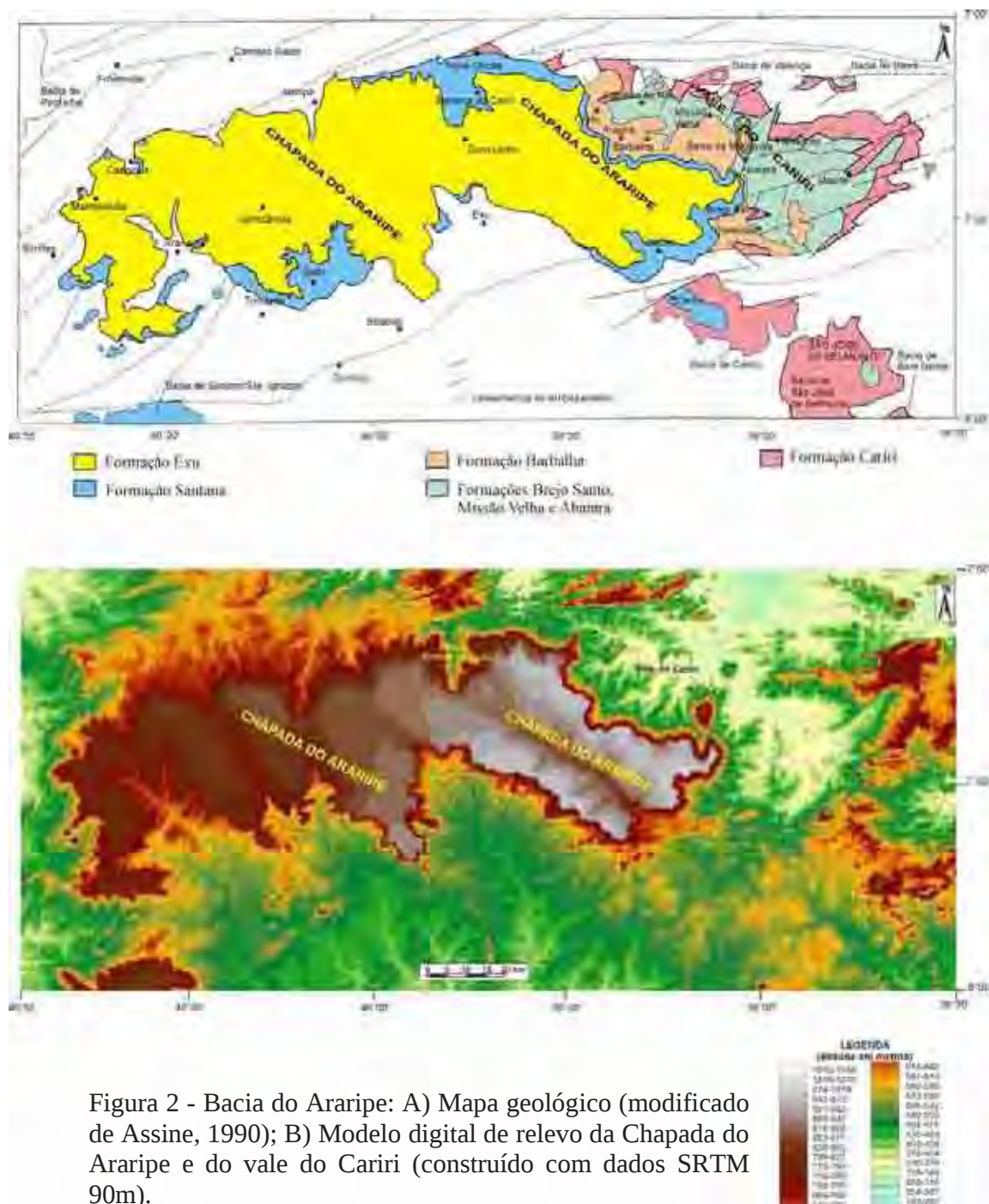


Figura 2 - Bacia do Araripe: A) Mapa geológico (modificado de Assine, 1990); B) Modelo digital de relevo da Chapada do Araripe e do vale do Cariri (construído com dados SRTM 90m).

2.1. - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Bacia do Araripe está implantada na província da Borborema e sua história evolutiva se iniciou no período Siluriano, à partir de subsidência moderada do tipo sinéclises intracratônica, depois da fase de transição que sucedeu o ciclo tectônico Brasileiro (570 M.a), até o estado de estabilização da plataforma brasileira (Almeida 1967, Almeida & Hasui 1984, Schobbenhaus & Campos 1984).

Com a fragmentação do paleo-continente de Gondwana e a abertura do Atlântico Sul (Neo-Jurássico/Eo-Cretáceo) desenvolveu-se no nordeste do Brasil uma série de bacias intracratônicas extensionais do tipo rifte. Quatro estágios principais são reconhecidos nas bacias marginais: a) pré-rifte; b) rifte; c) protoceânico; d) oceânico (Asmus 1984).

Nas bacias interiores do Nordeste, o processo de implantação ocorreu em três estágios de subsidência: a) fase Pré-Rifte, caracterizada por suave subsidência regional; b) fase Sin-Rifte, com rápida subsidência local e; c) fase Pós-Rifte, caracterizada pela volta das condições de suave subsidência regional. Tal contexto geotectônico condicionou o registro estratigráfico nas diferentes bacias, cujas seqüências são o reflexo da efetiva atuação destes três estágios (Ponte & Ponte Filho 1996).

2.2. - EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Há um grande acervo bibliográfico sobre a Bacia do Araripe, principalmente devido ao seu importante conteúdo fossilífero, que despertou o interesse científico desde o início do século XIX. Trabalhos pioneiros como o de Spix e Martius (1823) registraram a ocorrência de peixes fósseis em calcários laminados da bacia.

No entanto, foi Small (1913) quem realizou a primeira descrição em detalhe da coluna estratigráfica do Araripe, dividindo a sua estratigrafia em quatro unidades: conglomerado basal, arenito inferior, calcário Santana e arenito superior. Desde então, até o fim da década de cinquenta, poucos trabalhos focalizados na geologia da bacia foram produzidos, embora muitos tenham sido os de cunho essencialmente paleontológico.

A partir da década de sessenta, intensificaram-se as pesquisas de cunho geológico na bacia, principalmente os patrocinados por organismos e entidades federais (UFPE, SUDENE, DNPM e PETROBRÁS). Muitas proposições foram feitas desde então, evidenciando a não concordância entre os diversos autores em relação a diversos fatores, tais como nomenclatura, idade, divisão e relações de contato entre as unidades estratigráficas (Fig. 3).

A base da nomenclatura litoestratigráfica da bacia foi apresentada em duas importantes publicações de Beurlen (1962,1963), que resultaram de trabalhos de campo que tiveram a participação de alunos da UFPE. Nestas publicações foram também estimadas as espessuras da diferentes unidades e estimada uma espessura sedimentar total de 850 metros para o conjunto das formações Cariri, Missão Velha, Santana e Exu.

De importância também significativa, pode-se citar os trabalhos realizados pelos técnicos da SUDENE, que mapearam algumas folhas cartográficas na escala de 1: 50.000 (Anjos 1964, Veiga 1966; Caldasso 1967 a,b), o que contribuiu para a compreensão da distribuição espacial das diferentes unidades.

Braun (1966) através de estudos paleontológicos sobre a paleofauna de ostracodes da biozona *Bissulcocypris pricei* (RT-001) posicionou a Formação Brejo Santo no andar Dom João, atribuído ao neojurássico, correlacionando esta unidade com a Formação Aliança, nome transposto da formação correlata nas bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá.

Silva Santos & Valença (1968) estudaram as camadas do topo da Formação Santana, e atribuindo origem a partir de ambiente lagunar, com periódicas ingressões marinhas indicadas pela presença de ostracodes e dinoflagelados.

A partir de estudos faciológicos, Beurlen (1971a) subdividiu a Formação Santana em três membros: Membro Crato (inferior), constituído de calcários laminados fossilíferos e siltitos laminados; Membro Ipubí (intermediário), constituído por minerais evaporíticos (gipsita e anidrita); e Membro Romualdo (superior) abrangendo folhelhos, margas calcíferas e siltitos.

Outra importante contribuição foi a de Mabesoone & Tinoco (1973), que apresentando uma revisão da estratigrafia e da paleontologia da Formação Santana, concluíram que os membros Crato, Ipubi e Romualdo foram formados sob condições paleoambientais distintas.

SMALL 1913	BEURLIN 1962	BARROS 1963	BEURLIN 1963	ANJOS 1964	BRAUN 1966	SILVA SANTOS & VALENÇA 1968	BEURLIN 1971a	MABESOOONE & TINOCO 1973	MORAES ET AL. 1975	LIMA 1978a 1979a	SILVA 1983 1986 a,b	PONTE & APPI 1990	ASSINE 1994	NEUMANN 1999
ARENITO SUPERIOR	FM. EXU	FM. ARAJARA	FM. EXU	FM. FEIRA NOVA	FM. EXU	FM. FEIRA NOVA	FM. EXU	FM. EXU	FM. EXU	FM. EXU	FM. EXU	FM. EXU	FM. SUP.	FM. EXU
CALCÁRIO SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA
			FM. CRATO			FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA	FM. SANTANA
ARENITO INFERIOR	FM. MISSÃO VELHA	FM. MISSÃO VELHA	FM. MISSÃO VELHA	FM. MISSÃO VELHA	FM. SERGI	FM. MISSÃO VELHA	FM. MISSÃO VELHA	FM. SERGI	FM. MISSÃO VELHA	FM. SERGI	FM. SERGI	FM. MISSÃO VELHA	FM. MISSÃO VELHA	FM. MISSÃO VELHA
CONGLO- MERADO BASAL	FM. CARIRI	FM. CARIRI	FM. CARIRI	FM. MAURITI	FM. TARACATÚ	FM. CARIRI	FM. CARIRI	FM. TARACATÚ	FM. CARIRI	FM. TARACATÚ	FM. TARACATÚ	FM. MAURITI	FM. CARIRI	FM. MAURITI

Figura 3 : Quadro comparativo das propostas litoestratigráficas para a Bacia do Araripe (modificado de Assine, 1992a)

Lima & Perinotto (1984) em análise palinológica atribuíram idade neo-aptiana à um folhelho betuminoso ocorrente em rochas sedimentares da Bacia do Araripe. Os autores indicaram que a unidade portadora destes folhelhos se tratava da Formação Missão Velha, levando assim à correlação desta unidade com as Formações Codó e Marizal (bacias do Recôncavo/ Tucano, Jatobá).

Rand & Manso (1984) calcularam espessuras sedimentares totais da ordem de 2.400 metros, a partir de dados gravimétricos, o que despertou o interesse de empresas nacionais quanto às potencialidades petrolíferas da bacia. Disto resultou o levantamento de 250 quilômetros de linhas sísmicas de reflexão (Miranda & Assine 1986) e o mapeamento geológico da bacia na escala de 1: 100.000 (Ghignone *et al.* 1986), revelando uma bacia bastante estruturada com espessuras totais de 1.700 metros (Assine, 1990).

Hashimoto *et al.* (1987) estudaram as camadas de folhelhos betuminosos, até então incluídos na Formação Missão Velha (Lima & Perinotto *op cit.*), as quais denominaram de “Camadas Batateiras” em virtude das mesmas terem sido encontradas no rio das Batateiras. Os autores concluíram que tais camadas representam o final de um evento de redução de energia do ambiente fluvial, constituindo o primeiro registro de ambiente lacustre na Bacia do Araripe.

Cavalcante & Viana (1990) atribuíram origem marinha litorânea para o Membro Romualdo, e definiram o contato superior como normal e gradacional, a partir de estudos realizados na mina “Pedra Branca”, no distrito de Nova Olinda.

Assine (1990), apresentou uma reavaliação da estratigrafia da bacia, com a incorporação de novas unidades (formações Abaiara e Barbalha). Disto resultou uma nova concepção da estratigrafia da bacia, ilustrada na primeira carta estratigráfica construída para a bacia, na qual o registro sedimentar foi subdividido em três seqüências estratigráficas. A carta constituiu a base para a carta estratigráfica da bacia publicada na análise estratigráfica de Assine (1992), na qual são delineadas quatro seqüências limitadas por discordâncias regionais (Fig. 4).

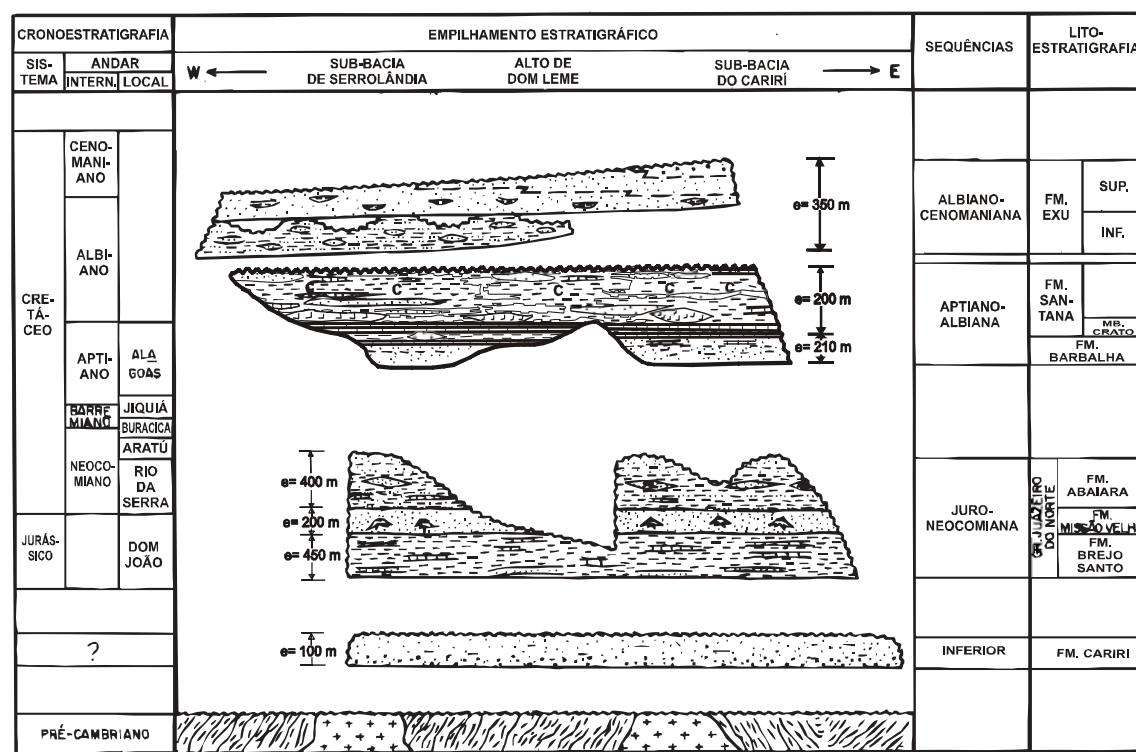


Figura 4 - Coluna estratigráfica da Bacia do Araripe proposta por Assine (1992 a).

Ponte & Appi (1990) propuseram uma revisão da litoestratigrafia da Bacia do Araripe, introduziram novas unidades. Propuseram a denominação “Grupo Vale do Cariri” para o conjunto das unidades Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara, e “Grupo Araripe” para as formações Rio da Batateira (nova proposta), Santana, Arajara (nova proposta) e Exu (Fig. 5).

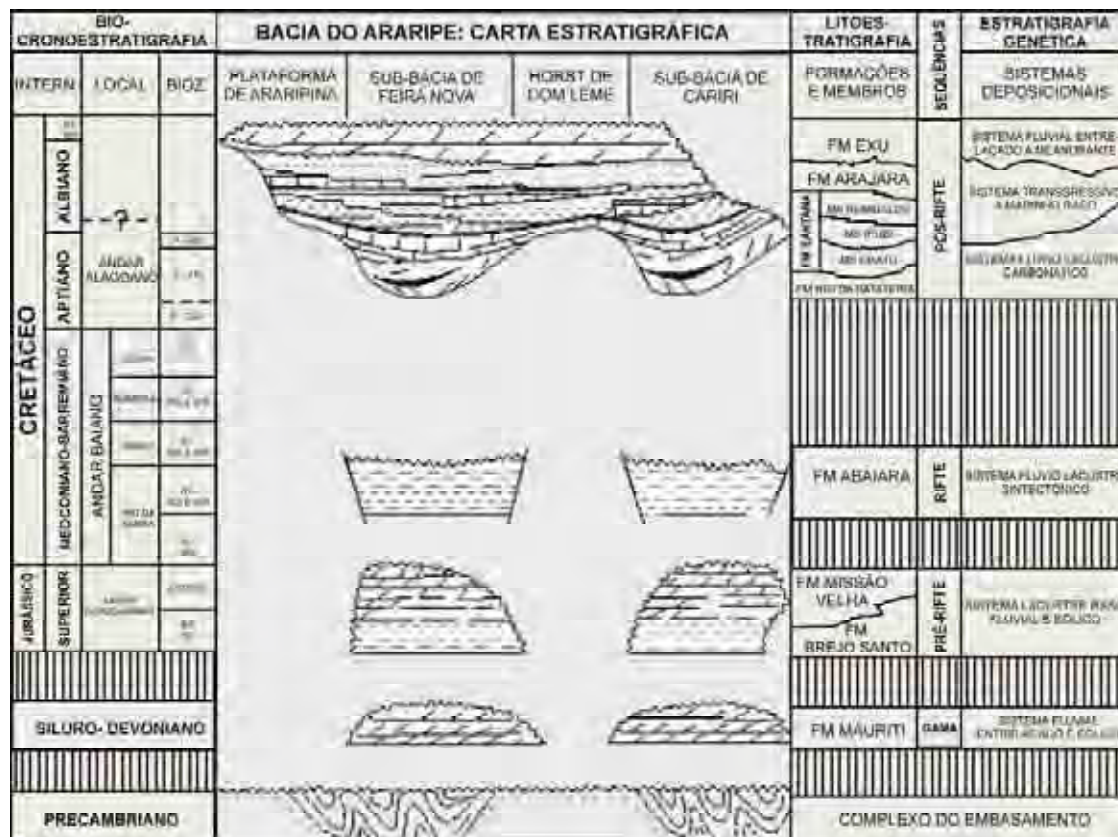


Figura 5 - Coluna estratigráfica da Bacia do Araripe. (Modificada de Ponte, 1992 b).

Neumann (1999), em estudos sobre a evolução paleogeográfica do paleo-lago ligado à deposição de seus sedimentos, identificou seis níveis lacustres carbonatados (C1 a C6) compostos principalmente de ritmitos argilo-carbonáticos e calcários laminados na evolução desses depósitos, com interdigitações de corpos terrígenos (Fig. 6). O autor concluiu também que os elementos menores, traços e terras raras analisados indicam que a composição da área fonte não se modificou substancialmente e que a aparente covariância dos valores isotópicos de carbono e oxigênio em vários dos episódios lacustres indicam um sistema hidrologicamente fechado.

2.3. - SEQUÊNCIAS ESTRATIGRÁFICAS

As cartas estratigráficas de Assine (1992a) e de Ponte (1992b) compõem o embasamento conceitual para a subdivisão da estratigrafia da bacia em seqüências estratigráficas. As cartas apresentam várias similaridades, como o fatiamento do registro sedimentar em quatro seqüências limitadas por discordâncias regionais.

Entretanto, há diferenças importantes. Assine (1992 a), ao contrário de Ponte (1992 b), englobou os sedimentos pré-rifte e rifte como uma só seqüência: juro-neocomiana. Por outro lado, Ponte (1992 b) considerou as unidades pós-rifte como uma única seqüência, enquanto Assine (1992 a) discriminou-as em duas seqüências distintas: aptiano-albiana e albiano-cenomaniana.

A seqüência paleozóica (Formação Cariri/Mauriti) é representada exclusivamente por arenitos conglomeráticos e arenitos feldspáticos que representam litotipos distintos das seqüências superpostas. Sobreposta diretamente sobre rochas cristalinas pré-cambrianas, aflora no entorno da bacia, desde o Município de Nova Olinda a oeste, passando por Milagres e Mauriti a leste, contornando o vale do Cariri e aflorando na borda sul nos municípios de Cedro e São José do Belmonte, estes últimos localizados no Estado do Pernambuco.

Os depósitos juro-neocomianos dos estágios pré-rifte e rifte encontram-se preservados nas sub-bacias do Cariri (E) e de Feitoria/Serrolândia (W), que são estruturadas por falhas, apresentam grabens e horstes internos, e são separadas por um alto estrutural denominado horst de Dom Leme (Assine 1990, Ponte 1996; Ponte-Filho 1996). O estágio pré-rifte é representado pelas formações Brejo Santo (folhelhos e argilitos vermelhos) e Missão Velha (arenitos e troncos silicificados, com algumas intercalações de pelitos), reforçado pelos dados de ostracodes e palinomorfos relatados por Coimbra et al. (2002) que posicionou estas unidades no Andar Dom João.

O estágio rifte encontra-se registrado na Formação Abaiara (arenitos médios conglomeráticos e intercalações de pelitos) (Ponte & Appi 1990), posicionado com base em dados de ostracodes característicos da zona (NRT-005) (Coimbra et al. 2002).

A parte inferior da seção pós-rifte é de idade aptiano-albiana, sendo representada pelas formações Barbalha/Rio da Batateira (fácies arenosas intercaladas por lamitos de coloração

variando entre vermelhos, verdes, pretos e amarelos, e níveis conglomeráticos) e Santana, que é subdividida, da base para o topo, nos membros Crato (calcários laminados), Ipubi (evaporitos) e Romualdo (folhelhos verdes e pretos, com intercalações de margas calcíferas, contendo concreções carbonáticas fossilíferas).

A parte superior da seção pós-rifte é composta pelos arenitos médios a grossos, bem estruturados e ritmitos argilo-siltosos da Formação Exu. A sedimentação desta sequência inicia-se no Albiano inferior, o que é atestado pelos palinomorfos encontrados na base desta unidade por Lima (1978 a,b). Embora seja admitido que o término da sedimentação ocorreu no Cenomaniano, não há elementos que comprovem esta inferência uma vez que os arenitos superiores são praticamente praticamente afossilíferos.

As várias seqüências limitadas por discordâncias regionais representam o registro de diferentes bacias, superpostas no mesmo espaço geográfico, com padrões de preenchimento e afinidades paleogeográficas distintas, conforme demonstrado pela análise de paleocorrentes apresentada por Assine (1994).

A reconstituição da evolução tectono-sedimentar da bacia ainda carece de elementos que permitam uma reconstrução mais acurada. Um interessante esquema para ilustrar a sucessão de eventos, apresentado por Ponte & Ponte-Filho (1996), encontra-se reproduzido na figura 7.

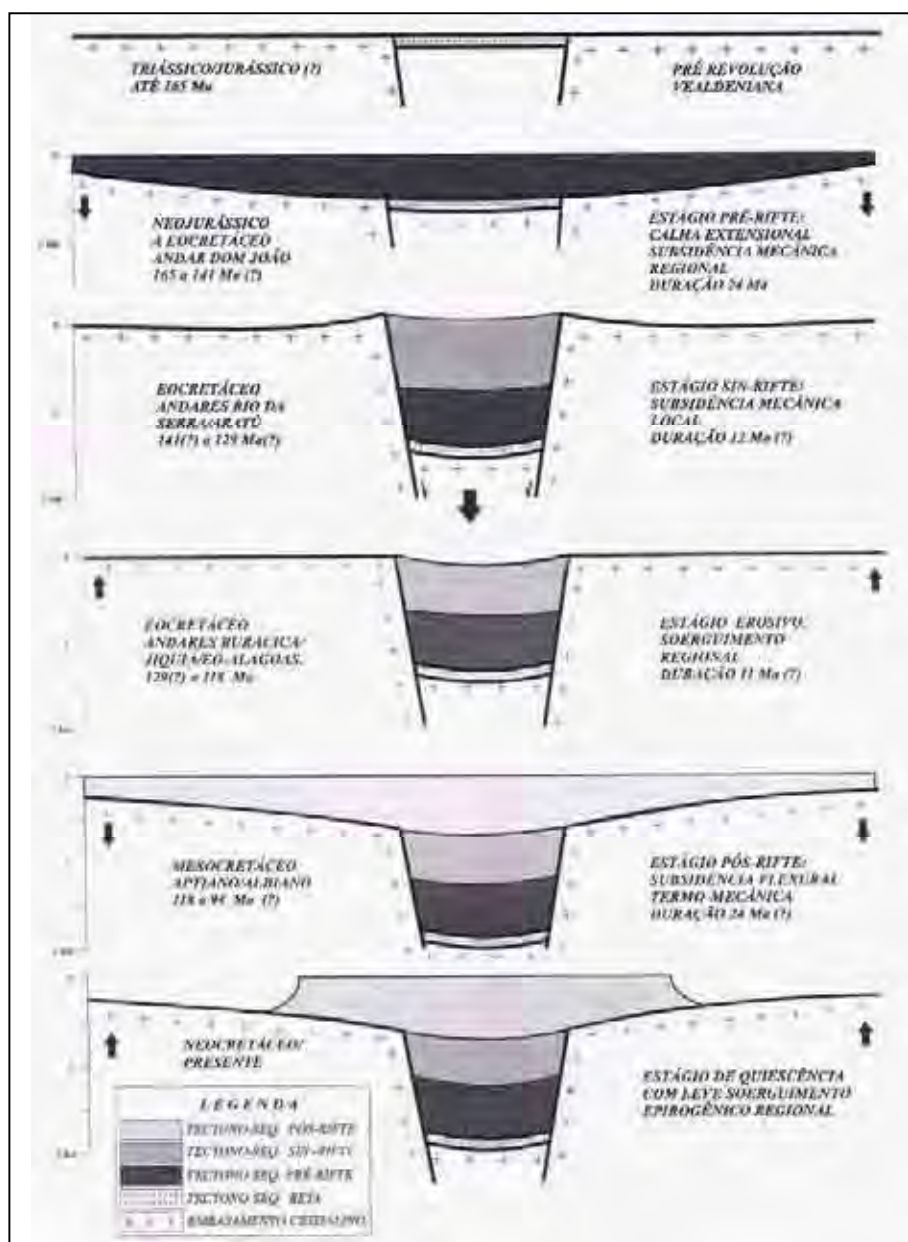


Figura 7 - Evolução tectônica da sub-bacia de Feitoria, reconstituída a partir da análise geohistórica do poço AP-1-CE (Ponte & Ponte-Filho, 1996).

CAPÍTULO 3. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

Da análise dos trabalhos anteriores verifica-se que há divergências em vários aspectos da estratigrafia da Bacia do Araripe, sobretudo no que concerne à litoestratigrafia. Os principais pontos de discordância referem-se à nomenclatura, à divisão de unidades, relações de contato entre unidades estratigráficas e, em alguns casos, ambientes deposicionais e idade.

Há carência de seções representativas em muitas das propostas estratigráficas, o que é evidente nos trabalhos de revisão estratigráfica de Ponte & Appi (1990) e de Assine (1992), nos quais muitas das seções-tipo são intervalos perfurados no poço 2-AP-1-CE (Fig. 11).

Seções de referência em poços são muito importantes, mas merece ser destacado que não há seções de poços referentes à sub-bacia do Cariri. Nesta área, o número de poços perfurados é bastante elevado, mas as descrições litológicas da grande maioria dos poços são bastante precárias, poucos foram perfilados com equipamentos de geofísica de poço, e muito poucos são profundos.

Tendo em vista que o escopo desta dissertação é contribuir para a caracterização das unidades litoestratigráficas da bacia e fornecer subsídios para uma revisão estratigráfica, esta pesquisa teve como objetivos:

- a) Sintetizar as informações disponíveis sobre as diferentes unidades;
- b) Levantar dados que permitam melhor caracterizar as relações estratigráficas entre a Formação Cariri/Mauriti e as formações mesozóicas;
- c) Verificar no campo as relações de contato e elaborar seções-colunares representativas das formações Missão Velha e Abaiara;
- d) Levantamento seções-colunares de referência para a Formação Barbalha /Rio da Batateira, buscando-se avaliar a continuidade lateral das Camadas Batateira e estabelecer seções-tipo para a unidade na faixa aflorante;
- e) Avaliar a subdivisão estratigráfica da Formação Santana, buscando-se caracterizar a continuidade lateral das suas três formações e suas respectivas associações de fácies;
- f) Encontrar e levantar uma seção representativa da Formação Exu;
- g) Avaliar a importância da análise de paleocorrentes para o entendimento da estratigrafia da bacia do Araripe.

Para tentar atingir os objetivos propostos acima, foi selecionada como alvo de investigação o Vale do Cariri, Estado do Ceará, mais precisamente a folha de Crato, escala 1:100.000. Delimitou-se assim uma área compreendida pelas coordenadas 07°00' e 07°30' de latitude sul e 39°00' e 39°30' de longitude oeste, englobando parte dos municípios de Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Abaiara e Barbalha

Uma vez iniciados os trabalhos, verificou-se que seria interessante investigar também afloramentos da Formação Santana a oeste, em Nova Olinda e Santana do Cariri, onde há excelentes exposições, especialmente em minas de gipsita e de calcário laminado. Desta forma, foi incorporada também área daqueles municípios, delimitada pelas coordenadas 07°05' e 7°15' de latitude sul e 39°40' e 39° 45' de longitude oeste (Figura 8).



Figura 8: Localização das áreas de abrangência da presente pesquisa dentro do Recuo do Arquip. Na sub-
 área (1) vista o Vale do Carri, próximo à base das montanhas (setor E da bacia), e na sub-área (2) está a Vila
 de Santana do Carri (setor W da bacia) (Imagem de satélite LANDSAT 5, composição em falso cor
 Bandas RGB-543).

CAPÍTULO 4 MÉTODOS E TRABALHOS REALIZADOS

Para a realização deste trabalho, foram adotados métodos adequados à disponibilidade de dados e acesso aos pontos-chave a serem estudados nas duas áreas investigadas, objetivando a elucidação de questões relacionadas à caracterização de unidades e suas relações de contato.

A escassez de dados de subsuperfície na Bacia do Araripe dificultou consideravelmente o avanço dos estudos referentes a sua estratigrafia, visto que se dispõe de apenas dois poços profundos, que atingiram o embasamento e foram integralmente perfilados: o poço estratigráfico 2-AP-1-CE, com registros sedimentológicos e paleontológicos incompletos devido à amostragem parcial, e o poço hidrogeológico 4-BO-1-PE, ambos perfurados na sub-bacia de Serrolândia (W).

Para uma análise representativa acerca da litoestratigrafia da bacia foi necessário enfatizar a análise de afloramentos. Estes, por sua vez, também apresentam algumas dificuldades, pois os sedimentos das unidades da base da seqüência estão restritos apenas a alguns setores da bacia, dificultando assim o rastreamento horizontal e vertical destas unidades.

Para se alcançar os objetivos propostos neste trabalho, a pesquisa foi iniciada com uma pesquisa bibliográfica detalhada de todos os trabalhos realizados na Bacia do Araripe, que em sua maioria são de caráter paleontológico e se concentrados na Formação Santana. No entanto, todo o acervo disponível foi levantado, bem como dados de subsuperfície, que também não ofereceram tanta precisão quanto à litologia da bacia, até porque não atingem profundidades suficientes para cortar toda a seção, muitas vezes não atravessando uma única unidade completa.

Paralelamente à pesquisa bibliográfica, foi realizada a interpretação das fotografias aéreas do vale do Cariri (1:60.000, SUDENE), para definir os principais lineamentos que limitam ou controlam internamente os sedimentos da bacia na área estudada. Neste mesmo intuito foram utilizadas imagens de radar e de satélite.

Foram realizadas quatro etapas de campo, cada uma das quais com duração de 15 dias, quando foram visitados (169) afloramentos (Tabela 2), dentre os quais 152 estão localizados dentro do vale do Cariri (Fig. 9) e 17 no vale de Santana do Cariri (Fig. 10).

Os afloramentos foram descritos e analisados visando reconhecer feições litológicas e estratigráficas, tais como geometria, textura e estrutura das rochas sedimentares, relações de contato entre unidades e atitudes de acamamento. Também foram coletadas amostras de interesse paleontológico (macro e micro-fósseis) e sedimentológico.

Um elemento de grande importância na diferenciação de unidades estratigráficas, diferenciação de fácies e na reconstrução da paleogeografia da área foi o estudo das paleocorrentes. A técnica de análise de paleocorrentes pode providenciar informações dos quatro mais importantes aspectos do desenvolvimento de bacias: 1) a direção da paleo-inclinação local ou regional, a qual reflete o padrão de subsidência tectônica; 2) a direção do suprimento sedimentar; 3) a geometria e o *trend* de unidades litológicas, e; 4) o ambiente deposicional.

Estas paleocorrentes foram tomadas, sempre que possível, em uma quantidade mínima de 20 leituras, dependendo do nível de exposição do afloramento. As medidas foram tomadas nos estratos cruzados das unidades ("rank" 5 de Miall, 1984), que correspondem a estruturas sedimentares comumente encontradas em quase todas as formações da bacia, e que expressam com mais confiabilidade o sentido do fluxo dos sedimentos. No caso de medidas tomadas em afloramentos cujos mergulhos estruturais ultrapassam 10°, foram realizadas correções do efeito tectônico através de estereogramas.

Os dados levantados foram analisados estatisticamente, sendo apresentados nas seções colunares e nos mapas sob a forma de rosetas de frequência, nas quais são indicados o número de medidas (n), a média vetorial (x) e o ponto analisado (p).

Outra ferramenta importante para a elucidação de questões ainda não resolvidas no tocante às relações de contato e caracterização faciológica das unidades da bacia é o levantamento de seções-colunares para cada formação. Estas seções verticais podem ser correlacionadas, permitindo a caracterização das variações laterais de fácies e a interpretação dos paleoambientes deposicionais. Adicionalmente, as seções podem ser correlacionadas com as poucas seções existentes na bibliografia.

O levantamento destas seções não se revelou, entretanto, tarefa fácil, devido a poucos locais com boas exposições e, principalmente, pela dificuldade de acesso a estes poucos lugares, geralmente nas escarpas da chapada e/ou nas margens dos rios, onde o acesso a estas seções só é possível nos períodos de estiagem.

Depois de levantados os perfis sedimentares nas unidades da Bacia da Araripe, foram realizadas as descrições das fácies, ou seja, rochas com características litológicas, físicas e paleontológicas específicas, que a diferencia das rochas adjacentes (Walker 1984). Os parâmetros descritivos das fácies foram cor, litologia, estruturas sedimentares primárias e secundárias, conteúdo fossilífero e geometria das camadas.

Para a denominação das fácies utilizou-se um código de identificação de fácies, baseado na proposta de Miall (1978), na qual a denominação inclui em duas partes: a letra principal (em maiúsculo) referente à granulometria dos sedimentos (G= seixos, S= areias, F= finos), e uma ou mais letras secundárias (em minúsculo) referente à estrutura e textura de cada litofácies (Tabela 1).

Tabela 1- Código de litofácies (modificado de Miall, 1978)

Código	Descrição
Gm	Conglomerado maciço
St	Arenito com estratificação cruzada acanalada
Sp	Arenito com estratificação cruzada planar
Sh	Arenito com estratificação horizontal
Sl	Arenito fino com estratificação de baixo angulo
Sm	Arenito massivo
She, Spe	Arenito eólico, análogo aos "Sh e Sp"
Fl	Folhos e siltito laminado
Fm	Siltito maciço
C	Carbonato
Coq	Coquinas calcárias
E	Evaporitos

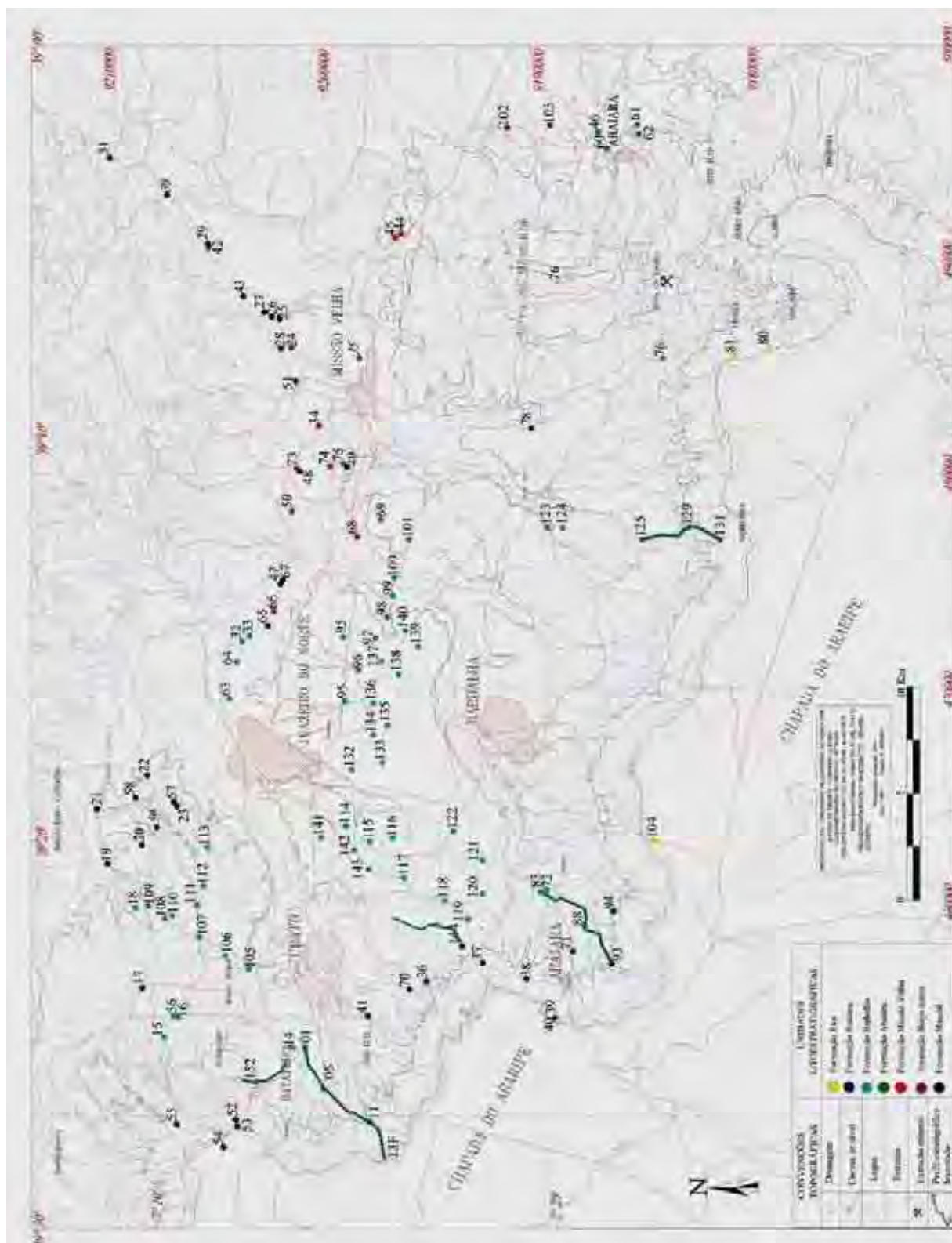


Figura 9 – Mapa de pontos na área do Vale do Cariri, Folha de Crato.

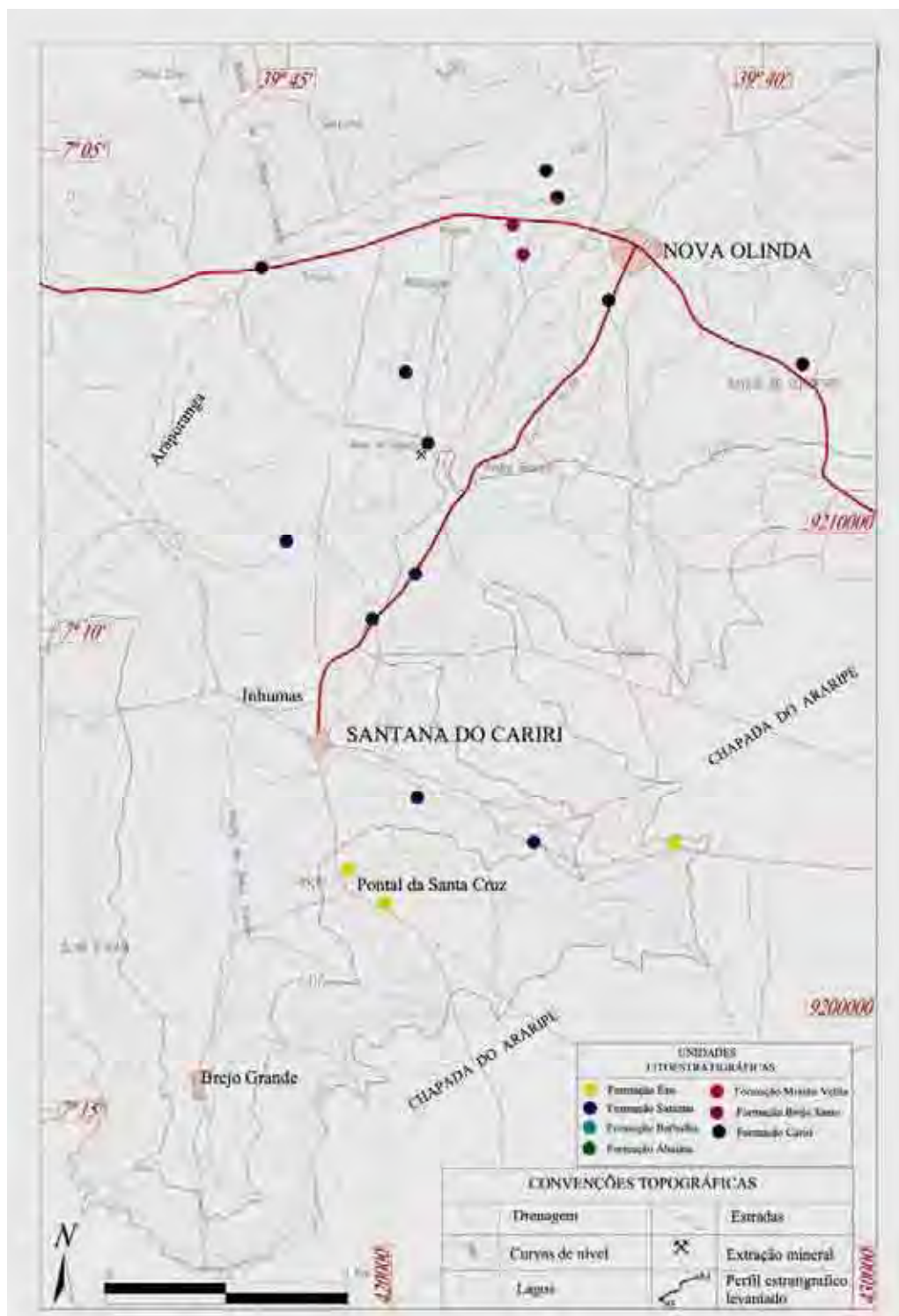


Figura 10 – Mapa de pontos na área de Santana do Cariri, baseado na folha Santana do Cariri (SB-24-U-II). Equidistância das curvas de nível: 40 metros.

Tabela 2- Pontos estudados, com suas respectivas coordenadas UTM.

Ponto	X	Y	Ponto	X	Y
1	453196	9201278	35	484400	9198686
2	452652	9201151	36	456296	9195589
3	452291	9201043	37	457180	9192933
4	452131	9200910	38	456399	9190909
5	451269	9200440	39	454546	9189584
6	451050	9200083	40	454466	9189479
7	450155	9199197	41	454688	9189319
8	450163	9198990	42	490628	9205735
9	450095	9198891	43	488246	9204124
10	450137	9198847	44	491183	9196765
11	449666	9198203	45	490953	9199981
12	449392	9197839	46	495953	9187580
13	449060	9197737	47	474853	9202408
13 F	448005	9197543	48	480144	9201480
14	453179	9201722	49	480301	9199314
15	453713	9202798	50	478260	9201878
16	454610	9207116	51	484300	9201700
17	456019	9208818	52	449785	9204448
18	459716	9209121	53	497260	9193440
19	461823	9210456	54	464300	9187250
20	462679	9208839	55	488950	9198100
21	464371	9210968	56	454591	9207220
22	465922	9208602	57	464581	920269
23	464490	920191	58	464892	9809134
24	485869	9201902	59	463486	9208155
25	487192	9202420	60	495177	9187216
26	487330	9202810	61	496325	9185704
27	487538	9203143	62	495903	9185704
28	485829	9202379	63	469497	9204768
29	490719	9205787	64	471216	9204440
30	493017	9207669	65	472914	9202964
31	494753	9210333	66	473590	9202681
32	472160	9204168	67	475034	9202280
33	472450	9203800	68	477105	9198800
34	482174	9200608	69	477846	9197716

70	455863	9196350	112	460605	9206051
71	457730	9188780	113	462160	9205729
72	460570	9189990	114	463576	9199318
73	480175	9201515	115	462814	9198258
74	480347	9200080	116	462989	9197116
75	480327	9199345	117	461128	9196661
76	489034	9189500	118	460039	9194728
77	491712	9199074	119	459236	9193667
78	482091	9190770	120	460379	9192958
79	485401	9184602	121	461991	9192927
80	485877	9179575	122	463321	9194355
81	485543	9181213	123	477494	9189967
82	481289	9181755	124	477501	9189215
83	460639	91900079	125	476922	9185530
84	460035	9189557	126	477130	9184540
85	460167	9189307	127	477091	9183841
86	459714	9188273	128	477400	9183610
87	459275	9188195	129	477504	9183337
88	458912	9188285	130	477492	9182961
89	458745	9188268	131	476946	9181920
90	458543	9187653	132	466194	9199063
91	457980	9187455	133	466511	9197632
92	457536	9187209	134	467800	9198062
93	457105	9186962	135	468276	9197399
94	459595	9186883	136	469291	9198062
95	469360	9199416	137	471257	9197676
96	470854	9188763	138	470664	9196866
97	472332	9197958	139	471949	9195970
98	473301	9197473	140	472698	9196565
99	474328	9197128	141	463006	9200491
100	475143	9197068	142	462416	9198960
101	476950	9196429	143	461529	9198260
102	496211	9191825	144	456760	9193870
103	496271	9189856	145	456990	9193861
104	462705	9183635	146	454936	9188870
105	457091	9203617	147	457000	9189060
106	457827	9204885	148	463823	9186230
107	458366	9206164	149	466720	9190160
108	459232	9207771	150	465740	9191700
109	459807	9208545	151	451236	9203770
110	459736	9207432	152	451630	9203514
111	459871	9206301	153	423180	9217385

154	417313	9215382	162	417824	9209760
155	420282	9213232	163	425830	9203530
156	422491	9216266	164	422920	9203550
157	420742	9211772	165	419077	9202992
158	422708	9215654	166	419855	9202303
159	420526	9204474	167	424546	9214665
160	419582	9208140	168	428445	9213330
161	420172	9208648	169	423412	9216067

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS

Como já mencionado nos capítulos anteriores, a Bacia do Araripe apresenta uma sucessão estratigráfica bastante complexa, perfazendo um total de sete unidades estratigráficas (formações Cariri, Brejo Santo, Missão Velha, Abaiara, Barbalha, Santana e Exu), sendo a Formação Santana subdividida em três membros: Crato, Ipubi e Romualdo.

Entretanto, a Bacia ainda carece de estudos estratigráficos com ênfase na análise de fácies de cada uma dessas unidades, visto que poucos são os trabalhos em que foram levantadas seções-colunares e construídas seções estratigráficas para as diversas formações. Além disso, as seções apresentadas para as diferentes unidades não descrevem com grau suficiente de precisão toda a sucessão de fácies.

As seções-tipo atribuídas para todas as unidades da Bacia do Araripe são baseadas no perfil do poço profundo 2-AP-1-CE, Araripe Estratigráfico n ° 1 (Ponte & Appi 1990, Assine 1990), perfurado na parte oeste da bacia (sub-bacia de Serrolândia) que permitiu estimar espessura sedimentar total da ordem de 1700 m (Fig 11).

Partindo-se então da necessidade de melhor caracterização estratigráfica das unidades presentes na Bacia do Araripe, são apresentadas neste trabalho seções de várias das unidades da bacia. Para algumas das unidades não foram encontradas nas áreas estudadas seções representativas que pudessem ser levantadas, como é caso da Formação Brejo Santo (argilitos e folhelhos).

Na presente dissertação optou-se pela não atribuição da denominação “Formação Arajara” para os arenitos finos e siltitos argilosos, bem estratificados, que, segundo Ponte & Appi (1990) ocorrem sobrepostos ao Membro Romualdo da Formação Santana e sotopostos aos arenitos da Formação Exu. Isto se deve ao fato de que não foram constatados os atributos necessários para defini-la como formação. Vale ressaltar que não foi apresentada seção-tipo da unidade na área do Vale do Cariri.

O que foi observado nas campanhas de campo realizadas neste trabalho é que estes arenitos finos e siltitos argilosos da Formação Arajara de Ponte & Appi (1990) constituem recorrência de fácies da Formação Santana, não podendo ser diferenciadas em uma unidade distinta.

Esta recorrência de fácies foi observada em alguns perfis na região do Vale do Cariri, mais precisamente nos pontos 13, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 81, 82, 104 e 145, e também em afloramentos no Vale de Santana do Cariri, como é o caso da Mina Pedra Branca, onde foram observadas as mesmas fácies intercalando-se com folhelhos e margas do Membro Ipubi (ponto 157). Estas fácies já haviam sido observadas por Beurlen (1963) e Mabesoone & Tinoco (1973), estes últimos autores já as haviam considerado como pertencentes do mesmo sistema deposicional da Formação Santana.

Desta forma, considera-se neste trabalho que estes sedimentos pertencem a Formação Santana, representando um estágio deposicional que evidencia o fim de uma transgressão marinha e a volta das condições continentais nesta bacia, e será mais bem discutida posteriormente dentro do item 56 .

51 - FORMAÇÃO CARIRI

A Formação Cariri constitui a unidade basal da Bacia do Araripe, sendo interpretada por diversos autores (Braun 1966, Ghignone 1972, Mabesoone & Tinoco 1973) como resultante de um evento deposicional anterior aos responsáveis pela sedimentação da Bacia do Araripe, o qual se desenvolveu em uma grande área do Nordeste do Brasil. Ocorre exclusivamente no setor leste da Bacia do Araripe (sub-bacia do Cariri), nas zonas de borda do vale do Cariri, definindo o seu contorno.

Nenhum trabalho publicado até o momento apresentou seção-tipo em superfície para esta formação, sendo esta definida com base nos dados do poço profundo 2-AP-1-CE (Fig. 11) perfurado na sub-bacia de Serrolândia, que atravessou 46 metros dessa formação no intervalo 1452 a 1498 metros.

511 - Natureza

Os arenitos da base da coluna estratigráfica da Bacia do Araripe foram primeiramente descritos por Small (1913), que os denominou de “conglomerado basal”. Estes arenitos foram posteriormente definidos como Formação Cariri por Beurlen (1962) devido a sua ocorrência generalizada no Vale do Cariri. Gasparly & Anjos (1964), por outro

lado, propuseram a denominação Formação Mauriti para os arenitos conglomeráticos basais da bacia, designando o estratotipo para a localidade-tipo homônima.

Baseando-se em correlações estratigráficas regionais, Braun (1966) propôs a denominação Taracatu, nome transposto das bacias de Tucano (Bahia) e Jatobá (Pernambuco), para os arenitos basais da Bacia do Araripe, com o intuito de reduzir a quantidade de nomes litoestratigráficos.

As denominações Cariri e Mauriti têm sido usadas em publicações importantes, mas, atendendo o preceito de prioridade estabelecido no Código de Nomenclatura Estratigráfica, adota-se nesta dissertação a denominação “Formação Cariri”.

512 - Id

Um dos principais problemas encontrados é a ausência de datação confiável. Isto decorre da ausência de fósseis que permitam datação confiável, o que decorre da natureza litológica ser exclusivamente de sedimentos siliciclásticos.

Nos arenitos da formação em questão jamais foram encontrados fósseis, à exceção de traços fósseis observadas na localidade de “cachoeira de Missão Velha” (ponto 51), que não permitem definição do organismo que os produziu e de uma datação relativa (Fig. 12).



Figura 12 - Icnofósseis da Formação Cariri. Bioturbação produzida por organismo endobionte desprovido de esqueleto (ponto 51).

Em 1995, Carvalho & Viana atribuíram aos depósitos desta seqüência pegadas de dinossauros (terópodes e ornitópodes), as quais indicariam idades cretáceas para esta unidade. Os mesmos autores atribuíram para esta unidade a mesma idade que a Formação

Missão Velha (Mesozóica), afirmando que os troncos silicificados nesta última unidade resultariam do retrabalhamento de depósitos conglomeráticos da Sequência Paleozóica. Novas campanhas de campo foram realizadas com o intuito de se encontrar estas pegadas, até mesmo pelos próprios autores (comunicação verbal), no entanto as mesmas pegadas não foram mais localizadas nos afloramentos.

Vale salientar a presença de uma discordância erosiva, evidenciada no perfil de raios gama do poço 2-AP-1-CE e observada em um afloramento da região do Vale de Santana do Cariri (ponto 169), além da existência da Formação Brejo Santo, posicionada entre as formações Cariri e Missão Velha.

Devido a estas limitações, o posicionamento cronoestratigráfico da Formação Cariri é baseado apenas em correlações estratigráficas com bacias vizinhas. Braun (1966) atribuiu idade paleozóica para esta unidade baseando-se na similaridade dos arenitos desta formação com os da Formação Taracatu (Bacia de Tucano-Jatobá).

Diversos autores (Ghignone 1972, Caputo & Lima 1984, Caputo & Crowell 1985) também consideraram a Formação Cariri correlata ao Grupo Serra Grande da Bacia do Parnaíba, considerando que todas as coberturas paleozóicas das bacias interiores nordestinas compunham uma única e extensa cobertura sedimentar que se estendia por toda a faixa nordeste do Brasil.

Em análises realizadas nos sedimentos da Formação Ipu, posicionada na base do Grupo Serra Grande, Caputo & Lima (1984.) observaram a ocorrência de diamictitos nesta unidade, o que serviu como referência geocronológica a um evento geoclimático reconhecível em todo o supercontinente Gondwana, a glaciação neo-ordoviciano/eo-siluriana. Esta idade é admitida também para os sedimentos da Formação Taracatu da Bacia de Tucano-Jatobá (Ghignone 1979).

Assine (1992 a) relata que não observou diamictitos na Bacia do Araripe, mas admite que os sedimentos da Formação Cariri tenham sido depositados anteriormente ao ciclo de glaciação responsável pelos diamictitos da Formação Ipu da Bacia do Parnaíba, isto baseado na presença da paligorskita, que sugere um clima quente e seco no período de deposição.

Desta forma, como considerado pela grande maioria dos pesquisadores, a Formação Cariri é aqui também admitida como de idade paleozóica (Siluriano-Devoniano).

5.1.3 – Empilhamento de Fácies Sedimentares

Esta unidade é representada litologicamente por arenitos de granulometria variando de média a grossa, quartzosos e/ou arcoseanos, com grãos exibindo arredondamento angular a subarredondado, mal selecionados, com níveis conglomeráticos limitando os sets deposicionais (Fig. 13-A e B). Em meio aos arenitos estão dispostos descontínuos níveis decimétricos de siltitos brancos com diversas tonalidades, podendo variar do roxo ao esverdeado, completando assim o pacote sedimentar de uma unidade relativamente monótona.

A coloração dos arenitos é predominantemente clara, podendo variar do branco acinzentado ao cinza esverdeado. Esta tonalidade esverdeada é atribuída a um argilomineral fibroso denominado de *paligorskita*, identificado inicialmente por Feitosa (1987) (Fig. 13-C). Esta tonalidade de cor esverdeada configurada por este mineral é utilizada como característica diagnóstica para os arenitos desta unidade.

Geometricamente, os arenitos da Formação Cariri apresentam estruturas sedimentares bem definidas em sua maioria, dominando as estratificações cruzadas tabulares planares, cruzadas tangenciais na base e cruzadas acanaladas, todas de médio porte, com espessuras decimétricas a métricas (Fig. 14).

Grande parte dos arenitos encontra-se silicificada. Nos afloramentos da porção basal desta unidade, foram verificados arenitos conglomeráticos de coloração variando de branco acinzentado a branco esverdeado, com estratificação horizontal (Sh), estratificação cruzada planar (Sp), ainda um pouco incipientes. Estes arenitos apresentam notável conteúdo de bolas de argila laterizadas com dimensões variando de 5 a 15 centímetros de diâmetro, calhaus e fragmentos de filitos (Fig. 15-A). Também são observados fragmentos de rochas oriundas do embasamento cristalino, misturados a minerais de feldspato bem preservados de até 5 centímetros de diâmetro.

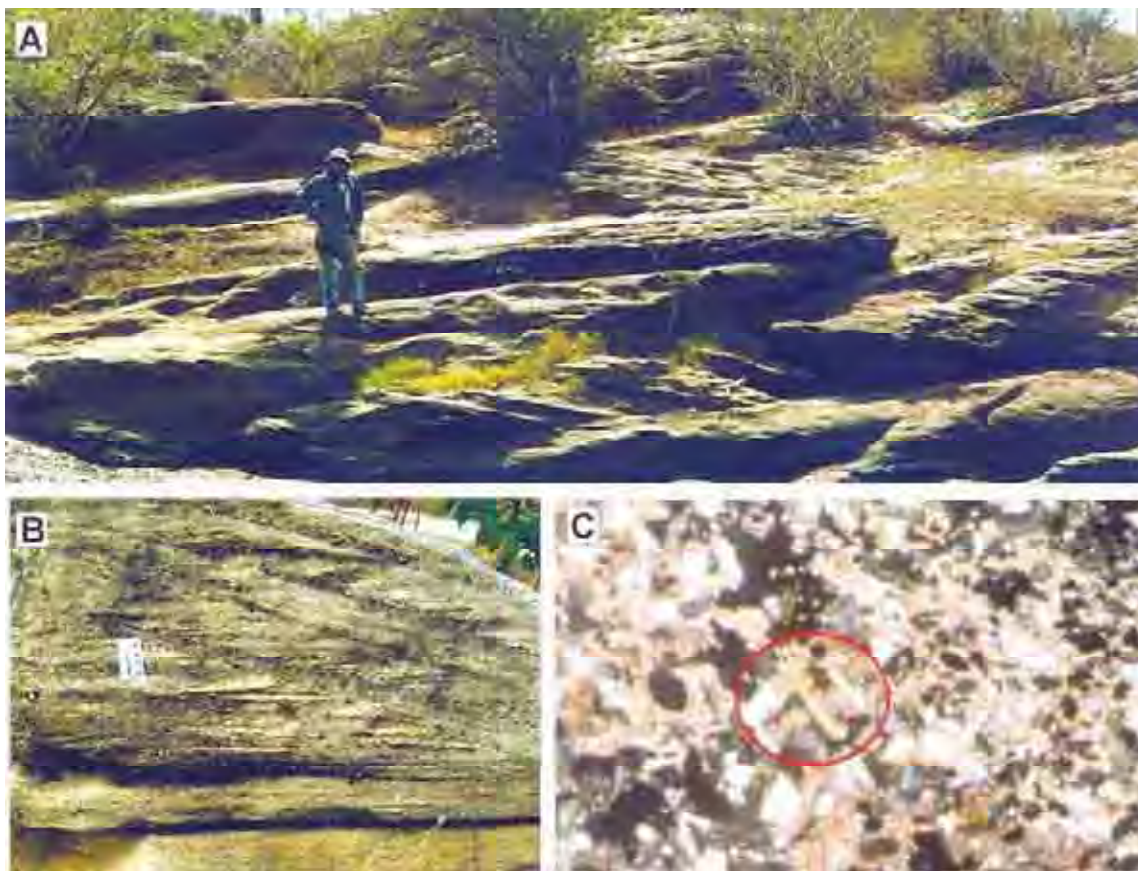


Figura 13 – Arenitos da Formação Cariri. A) e B) Sets exibindo estratos cruzados planares; e C) paligorskita observada em lâmina delgada (Chagas 2003).

Em direção ao topo, a Formação Cariri exhibe arenitos mais bem estratificados, com estratificações cruzadas planares (Sp) e acanaladas (St) (Fig. 15-B). Os *sets* deposicionais apresentam espessuras variando entre decimétrica e métrica, normalmente com padrão de granodecrescência ascendente (GDA), limitados por níveis conglomeráticos, com clastos que podem alcançar até 15 centímetros de diâmetro (Fig. 15-C).

Os arenitos são quartzosos ou arcoseanos de granulometria variando de média a grossa, coloração clara variando de branco ao cinza esverdeado. Os tons esverdeados, como dito anteriormente, são oriundos da presença de paligorskita.

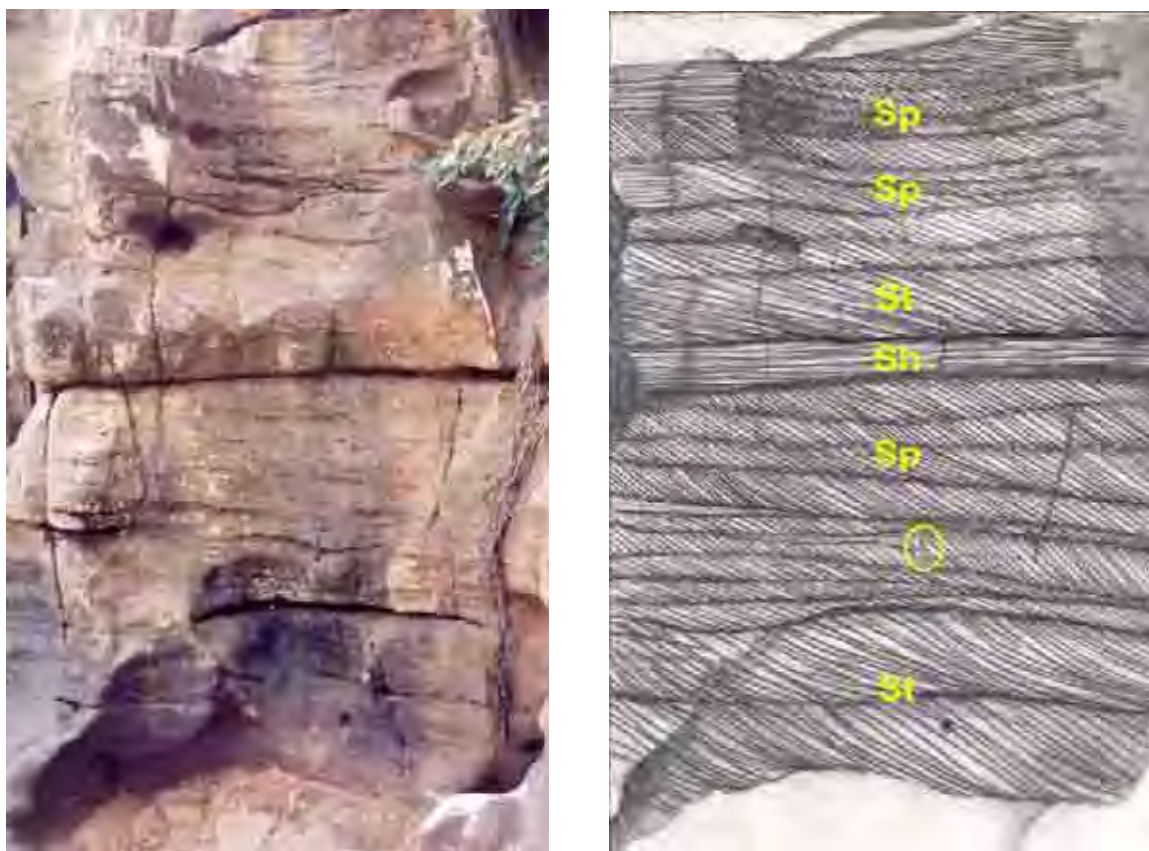


Figura 14 - Arenitos da Formação Cariri exibindo fácies (Sp), (St) e (Sh), na localidade de “cachoeira de Missão Velha” (ponto 51).

Acima deste pacote, na localidade de “cachoeira de Missão Velha” (ponto 51), verificam-se arenitos com uma tendência a maiores percentagens de quartzo. Sua coloração não se diferencia do padrão habitual da Formação Cariri, indo de branco acinzentado ao cinza esverdeado.

A padrão granulométrico também se mantém normal para a unidade, variando entre média a grossa, com grãos subarredondados a subangulosos .

Sua geometria é composta por *sets* deposicionais de pequeno à médio porte, exibindo arenitos com estratificação cruzada planar (Sp), estratificação cruzada acanalada (St) e estratificação horizontal (Sh).

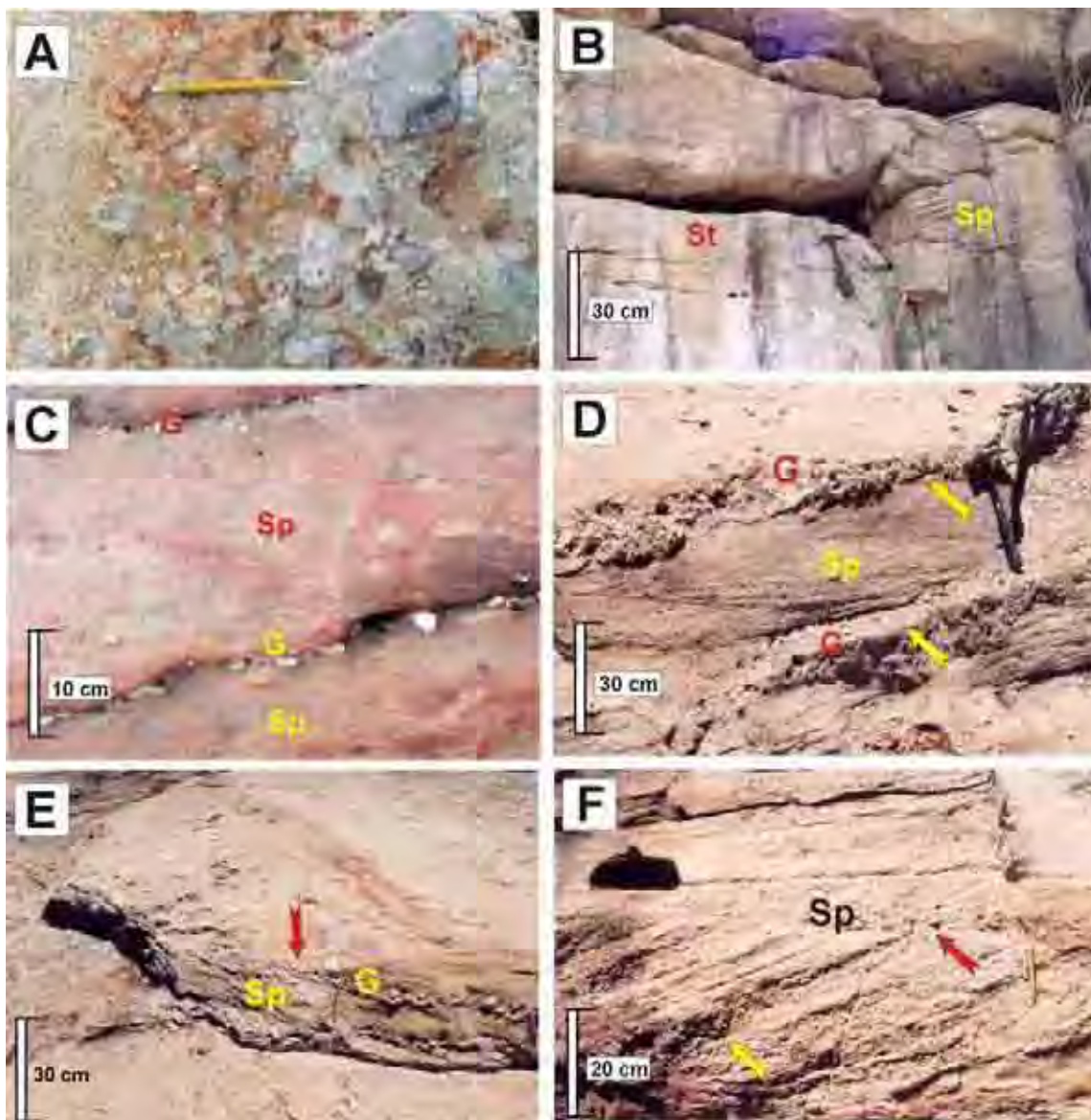


Figura 15 – Fácies sedimentares da Formação Cariri. A): Arenito conglomerático com calhaus e fragmentos de filito; B) *sets* deposicionais de arenitos, exibindo fácies (Sp) e (St); C) níveis conglomeráticos (G) posicionados entre *sets* de arenitos com estratificação cruzada planar (Sp); D) e E): níveis conglomeráticos definindo limites de *sets* deposicionais; e F) níveis conglomeráticos posicionados entre os estratos cruzados.

Ponte & Appi (1990) relataram a presença de arenitos finos, bem selecionados, com estratificação cruzada de grande porte, considerando tais fácies como de origem

tipicamente eólica. No entanto, esta fácies não foi encontrada nas campanhas de campo do presente trabalho.

Níveis conglomeráticos mais bem expressivos e contínuos foram constatados na parte superior da unidade limitando os sets deposicionais (Figs. 15-D-E-F), indicando as diferenças dos níveis de energia deposicional que controlava a sedimentação. Estes níveis apresentam dimensões reduzidas variando de 0,5 a 2,0cm.

O contato da Formação Cariri com a Formação Brejo Santo, que lhe é sobreposta, não foi observado nos afloramentos estudados no Vale do Cariri durante as campanhas de campo. Contato direto com a Formação Exu (Cretáceo) foi observado nas proximidades do Colégio Agrícola do Crato (ponto 151), neste caso de natureza nitidamente discordante.

5.1.4 – Ambientes de sedimentação

Com base nas informações obtidas em pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo e na análise de fácies sedimentares, concluiu-se que a unidade trata-se do produto de um sistema fluvial de rios entrelaçados, que são muito comuns em regiões semi-áridas ou áridas. Rios entrelaçados apresentam declividades maiores que rios meandrantos e maior capacidade de transporte de sedimentos grossos (Walker 1984). Nos sedimentos desta formação não foram observados afloramentos com estruturas que indicassem ambientes de sedimentação eólica.

Como já mencionado anteriormente, a Formação Cariri, constitui parte integrante de uma cobertura sedimentar que se desenvolveu por uma vasta área, abrangendo vastas extensões do Nordeste do Brasil. Isto implica em dizer que o sistema deposicional controlador da Formação Cariri constitui apenas uma fração do trato deposicional que englobava várias bacias, tornando muito mais amplo o leque de possibilidades de atuação de diferentes tipos de sistemas deposicionais que pudessem atuar na Formação Cariri.

Nas áreas estudadas não foram encontrados afloramentos desta unidade adequados para o levantamento de seções verticais representativas, não só pela falta de continuidade na vertical, mas também devido ao fato de que a unidade encontra-se movimentada tectonicamente, estando frequentemente segmentada por falhas e com basculamento estrutural, o que dificulta a composição de seções da monotonia desta unidade.

5.1.5 - Paleocorrentes

Foram levantadas medidas de paleocorrentes nos arenitos desta formação, indicativas da direção de fluxo preferencial durante a sedimentação. Estas medidas foram tomadas nas camadas frontais dos estratos cruzados.

Com base nesses levantamentos determinou-se que as paleocorrentes eram de SSE para NNW. Os dados obtidos são similares aos apresentados em Assine (1994), trabalho cujo enfoque são as paleocorrentes e paleogeografia da Bacia do Araripe (Fig. 16). Paleocorrentes para NNW em direção à Bacia do Parnaíba, evidenciam uma relação direta com esta bacia e uma história genética diferente das unidades superiores da Bacia do Araripe, que, como será discutido adiante, mostram paleocorrentes para sul e sudeste.

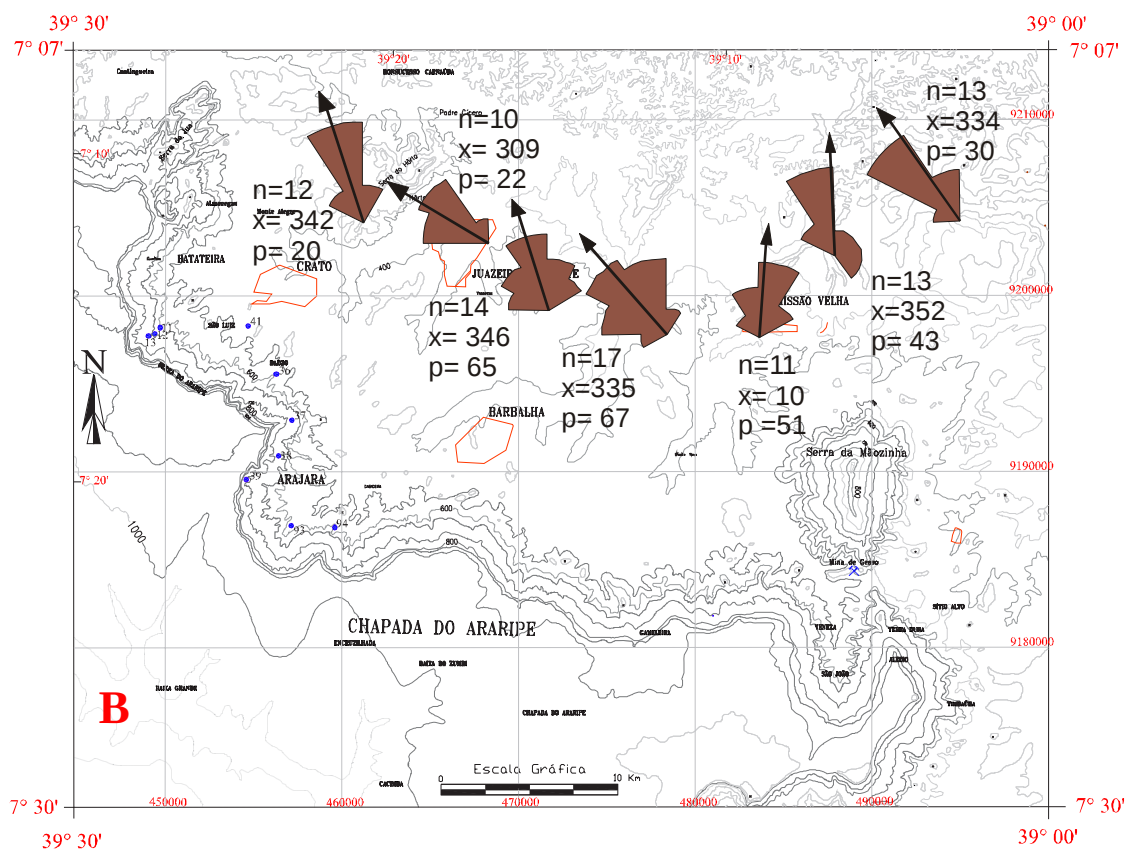
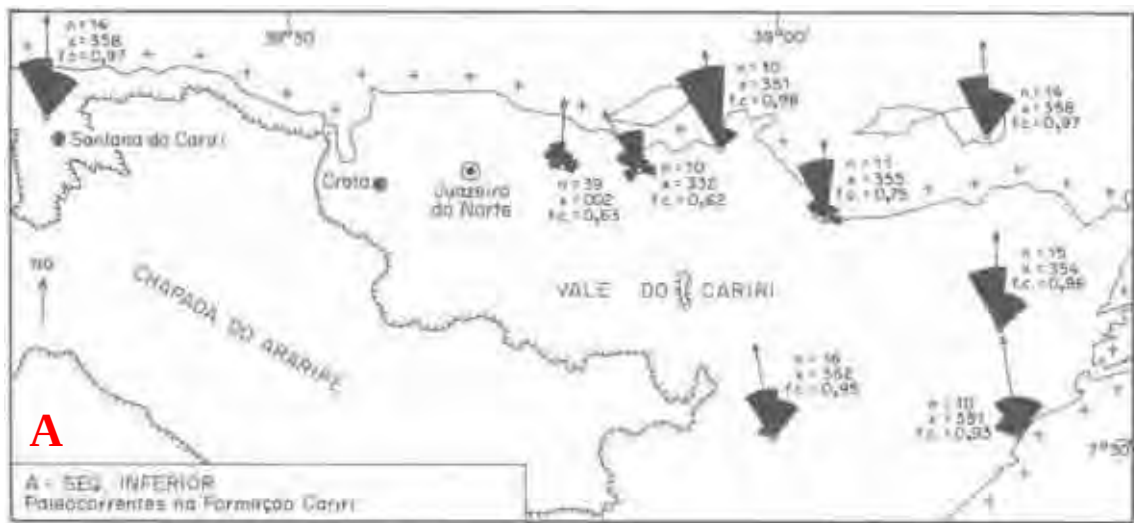


Figura 16 – Mapas de paleocorrentes da Formação Cariri: A) Produzido por Assine (1994); e B) mapa de paleocorrentes observadas no presente trabalho para a mesma unidade (Formação Cariri) no Vale do Cariri.

5.2 - FORMAÇÃO BREJO SANTO

A Formação Brejo Santo é tida como a primeira unidade da sedimentação particular da Bacia do Araripe, visto que a unidade sotoposta (Formação Cariri) corresponde a um processo de sedimentação anterior, englobando uma região mais ampla que a Bacia do Araripe. A seção-tipo da unidade é o intervalo 1023 a 1452 m do poço 2-AP-1-CE, que atravessou 429 metros desta unidade (Fig. 11).

A unidade aflora em todo o setor leste da bacia (vale do Cariri), em posição topograficamente mais baixa, bordejando os arenitos da Formação Cariri. Seus sedimentos marcam o início da reposta ao evento de subsidência mecânica decorrentes do processo de rifteamento de Gondwana que atuou no interior do Nordeste do Brasil (reativação Wealdeniana), resultando com a abertura do Atlântico Sul.

Quanto às relações de contato da Formação Brejo Santo, não foi observado nenhum afloramento dentro da área pesquisada que exibisse o contato com a unidade sotoposta (Formação Cariri). O contato com a Formação Missão Velha, que lhe é sobreposta, foi observado no campo e mostra caráter concordante gradacional entre estas unidades.

Devido ao número reduzido de afloramentos desta unidade, e principalmente pela não formação de *foresets* nos poucos afloramentos encontrados, não foram medidas paleocorrentes.

5.2.1 - Nomenclatura Estratigráfica

Small (1913) atribui a denominação “Arenito Inferior” para todo o pacote de sedimentos terrígenos sobrepostos ao “Arenito Conglomerático” e sotopostos ao “Calcário de Sant’Ana”. Posteriormente Beurlen (1962) denominou de Formação Missão Velha toda esta seção anteriormente chamada de “Arenito Inferior”, englobando a inclusive a Formação Brejo Santo.

Em 1964, Gasparly & Anjos desmembraram a parte inferior da Formação Missão Velha, denominando de Formação Brejo Santo a seção composta unicamente por sedimentos finos (argilitos, folhelhos, siltitos e arenitos finos).

O nome desta unidade é atribuído à localidade-tipo que está situada no distrito de Brejo Santo, setor leste da Bacia do Araripe.

A partir de correlações estratigráficas e análise conteúdo paleontológico (Braun 1966) propôs a denominação “Formação Aliança” transposta das bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá, com base em comparações litológicas entre a Formação Brejo Santo e estas unidades acima citadas.

As denominações “Formação Brejo Santo e Aliança” têm sido utilizadas por diversos autores ao longo da literatura estratigráfica propostas para a Bacia do Araripe (Fig. 3), no entanto, neste trabalho optou-se pela denominação de Formação Brejo Santo pelo fato de que esta denominação refere-se a uma unidade litoestratigráfica definida especialmente para a Bacia do Araripe.

5.2.2 -Idade

A Formação Brejo Santo apresenta um conteúdo paleontológico rico em ostracodes como observado por Braun (1966). Este autor relatou uma paleofauna composta por ostracodes da biozona de *Bissulcocypris pricei* e *Darwinula oblonga* ROEMER (RT-001), a qual é indicativa do Andar Dom João (Neojurássico). Também registrou a ocorrência dos conchostráceos *Bairdestheria mawsoni*, *Bairdestheria mirandibensis*, *R. C.* e *Paleolimnadiopsis barbosai*, *R.C.* .

Como mencionado anteriormente, Braun (*op. cit.*) realizou estudos no intuito de correlacionar a Formação Brejo Santo como unidades de outras bacias interiores do Nordeste. Além do conteúdo paleontológico, analisou a litologia da unidade, concluindo que a mesma é correlacionável com a Formação Aliança da Bacia do Recôncavo/Tucano/Jatobá, bem como com a Formação Bananeiras da Bacia de Sergipe/Alagoas.

Desta forma, na presente dissertação considera-se idade neojurássica para a Formação Brejo Santo com base nos dados referentes ao conteúdo paleontológico da unidade, sabidamente pertencente ao Andar Dom João, bem como pela associação cronoestratigráfica baseada nas correlações feitas com outras bacias interiores do Nordeste.

Nesta unidade também são encontrados fragmentos de vertebrados (peixes) como escamas, ossos, dentes, no entanto esses restos fossilíferos ainda não foram devidamente estudados.

5.2.3 – Empilhamento de Fácies Sedimentares

Esta unidade é constituída quase que exclusivamente por folhelhos (Fl) de coloração predominantemente avermelhada e/ ou amarronzada, contendo níveis pelíticos de coloração verde esbranquiçada, em forma de manchas ou acompanhando planos de estratificação ou de fraturas, por onde ocorreu percolação mais efetiva de fluidos (Fig. 17-A).

Dados do poço 2-AP-1-CE mostram que na base da unidade ocorre uma intercalação de camadas de espessuras delgadas de siltitos e arenitos de granulometria fina, os quais vão ficando menos freqüentes à medida que se evolui para a metade da unidade.

As camadas de folhelhos apresentam uma notável homogeneidade textural (Fig. 17-C), apresentando também intercalações de camadas delgadas de calcários de coloração esbranquiçada a amarelada, ricos em ostracodes, evidenciando períodos de maior por ação biogênica (Fig. 17-B).

Em direção ao topo da formação voltam a se repetir os níveis psamíticos intercalados por pelitos, estes últimos tornam-se menos freqüentes, dando lugar a camadas de arenitos de granulometria variando de fina a média, siltosos e de coloração rosa-avermelhada, bem como camadas de siltitos argilosos.

Foram observados poucos afloramentos da unidade devido a sua grande susceptibilidade à alteração e à ação erosiva, fazendo com que só aflore em setores geomorfologicamente rebaixados (Fig. 18). Outro fator que colabora para que não hajam boas exposições é a presença de vegetação mais densa nos setores onde ocorre.

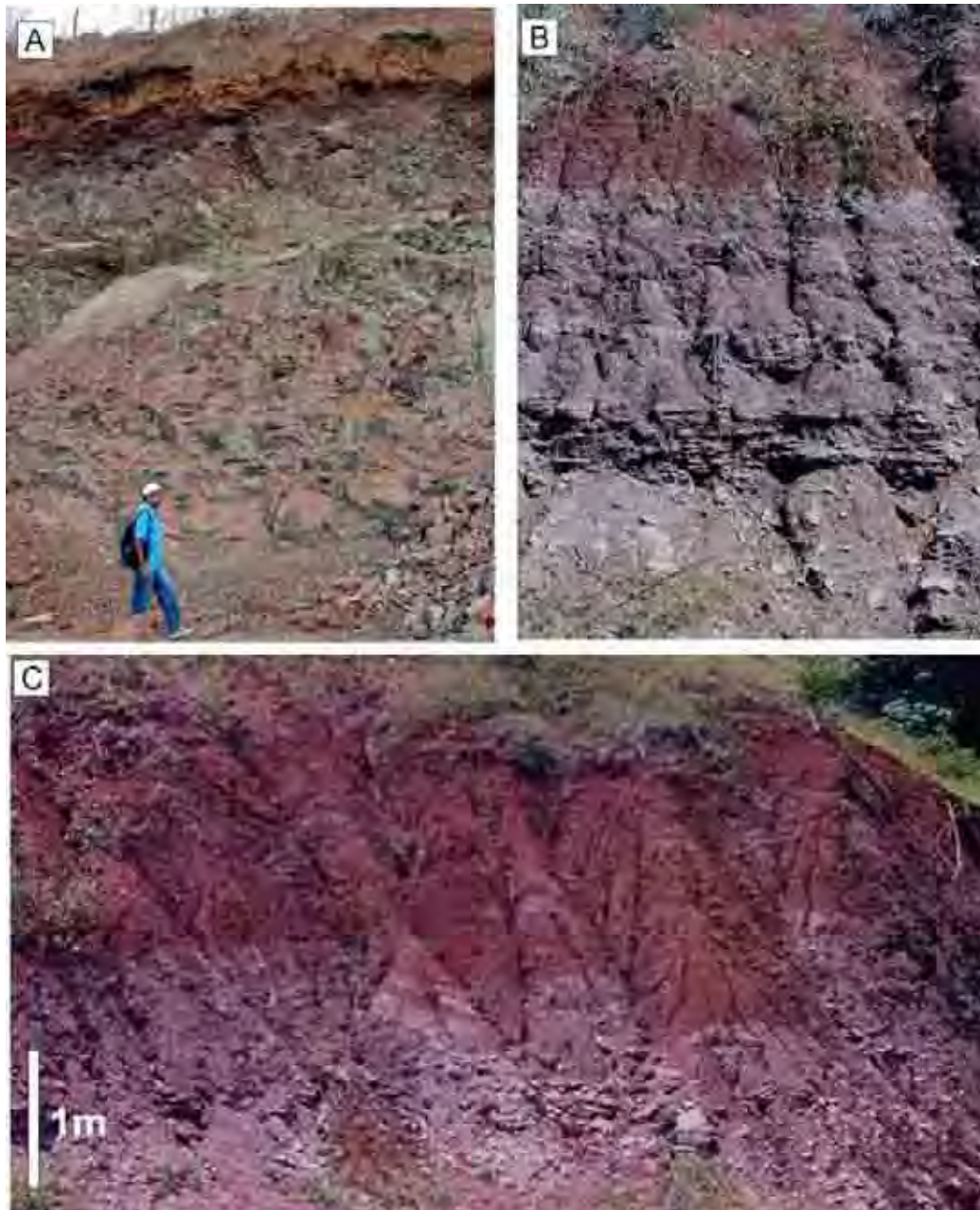


Figura 17 - Folhelhos vermelhos da Formação Brejo Santo. A e B) folhelhos vermelhos com intercalações de níveis de calcário, distrito de Nova Olinda (ponto 158); e C) vista geral de afloramento exibindo folhelhos vermelhos(Fl) da Formação Brejo Santo (ponto 55).



Figura 18- Contato entre as formações Brejo Santo e Missão Velha unidade (localidade de Grota Funda no Município de Missão Velha , ponto 62).

5.2.4 – Ambientes de sedimentação

A presença de sedimentos pelíticos tais como argilitos e folhelhos de coloração primária vermelha (*red beds*), finamente estratificados, indica um ambiente deposicional de águas calmas e rasas, em depressões de amplitude considerável, onde as condições eram predominantemente oxidantes.

Estes “red beds” apontam para condições climáticas de clima árido a semi-árido durante a sedimentação do andar Dom João, condições climáticas estas que favoreciam altas taxas de evaporação dos lagos onde ocorria o processo de sedimentação, tornando-os efêmeros e fechados, sendo possível a presença de evaporitos em meio aos sedimentos pelíticos vermelhos, como ocorre na Formação Sergi (Bacia do Recôncavo) que é correlata à Formação Brejo Santo. Estes evaporitos não foram ainda observados na Bacia do Araripe.

5.3 - FORMAÇÃO MISSÃO VELHA

Posicionada em contato direto gradacional e concordante por sobre os pelitos da “Formação Brejo Santo, a Formação Missão Velha representa a evolução do evento de subsidência mecânica, finalizando o processo da primeira fase lacustre da Bacia do Araripe.

Apesar de exibir bons afloramentos no Vale do Cariri, até o momento nenhuma seção-tipo em superfície foi proposta para Formação Missão Velha, sendo o poço 2-AP-1-CE utilizado como seção de referência para esta unidade. Este poço atravessou 186m desta formação, no intervalo de 837 a 1.023 metros de profundidade (Fig. 11).

5.3.1 - Nomenclatura Estratigráfica

Beurlen (1962) denominou de Formação Missão Velha todo o pacote sedimentar depositado por sobre os arenitos conglomeráticos da Formação Cariri por ele definida. O nome deriva da localidade-tipo homônima, localizada no Vale do Cariri.. Segundo Beurlen essa unidade teria espessuras de 250 metros, seria constituída por arenitos argilosos com intercalações de lentes de argila, e ocorreria na “ampla baixada do Vale do Cariri, marcada pelas cidades de Crato, Barbalha, Missão Velha, Milagres e Mauriti”,

O pacote sedimentar definido por Beurlen (1962) foi posteriormente desmembrado por Gaspar & Anjos (1964), que separou a porção basal, correspondente aos pelitos da Formação Brejo Santo, da porção psamítica superior para a qual manteve a denominação Formação Missão Velha.

Braun (1966) atribuiu a denominação de Formação Sergi para os sedimentos desta unidade, baseando-se em correlações estratigráficas entre a Bacia do Araripe e a bacias de Recôncavo,/Tucano/Jatobá, das quais transpôs a denominação por ele atribuída. Com isto, Braun (*op cit.*) também restringiu consideravelmente a abrangência da unidade originalmente definida por Beurlen (1962), desmembrando a porção inferior e superior desta unidade.

5.3.2 - Idade

Uma das características mais notáveis da Formação Missão Velha é a ocorrência de grande quantidade de troncos e fragmentos fósseis de madeira silicificada, as quais são atribuídos à conífera *Dadoxylon benderi* (Fig. 19). Como ressaltado por Brito (1987) há mais de 20 anos, tais espécimes continuam ainda não devidamente estudados.



Figura 19 - Troncos fossilizados da Formação Missão Velha (localidade de Grotá Funda, ponto 62).

Como o conteúdo paleontológico desta unidade está restrito a estes fragmentos de madeiras, a datação baseia-se em correlações feitas com as formações Sergi da Bacia do Recôncavo-Tucano (Braun 1996) e Serraria da Bacia de Sergipe Alagoas (Assine 1992), ambas portadoras de madeiras fósseis similares e pertencentes ao Andar Dom João, posicionado no Jurássico Superior.

Lima & Perinotto (1984), em análise palinológica de um folhelho betuminoso presente na parte superior da Formação Missão Velha, verificaram a presença de espóros e polen do intervalo correspondente às zonas palinológicas P-260/270 do esquema bioestratigráfico da Petrobrás. Com base nisso, estes autores concluíram que a ocorrência posiciona-se no Andar Alagoas, o que corresponde geocronologicamente ao Neo-Aptiano. Posteriormente, a parte superior da Formação Missão Velha foi desmembrada da unidade, sendo incluída no que é aqui tratado como Formação Barbalha (item 5.5).

5.3.3 - Empilhamento de Fácies Sedimentares

A Formação Missão Velha é constituída principalmente por arenitos de granulometria variando de fina a média, moderadamente bem selecionados, comumente diagnosticados por apresentarem abundante quantidade de troncos e fragmentos de madeira silicificada, dispostos em meio aos seus *sets* deposicionais.

Com base na seção estratigráfica vertical levantada na localidade de “Grota Funda” (Fig. 20), Município de Missão Velha, a unidade se inicia com arenitos de granulometria variando de fina a média, dispostos em *sets* com espessuras decimétricas, internamente com granodecrescência ascendente (Fig. 21). Estes arenitos estão em contato gradacional por sobre os folhelhos vermelhos da Formação Brejo Santo.



Figura 20 – Vista do afloramento da Grota Funda, localizada no Município de Missão Velha (ponto 45).

Os arenitos apresentam estratificações cruzadas planares (Sp) e acanaladas (St), ocorrendo em menor proporção arenitos de granulometria fina com estratificação plano-paralela (Sh) (Fig. 22-A). O padrão de espessura dos *sets* permanece variando de centimétricos a métricos à medida que se ascende na seção, a granulometria dos sedimentos varia entre fina e média, e o grau de seleção varia de mal selecionado a moderadamente

selecionado. Persistem por todo o pacote arenitos com estratificações cruzadas planares (Sp) e acanaladas (St) (Fig. 22-B).

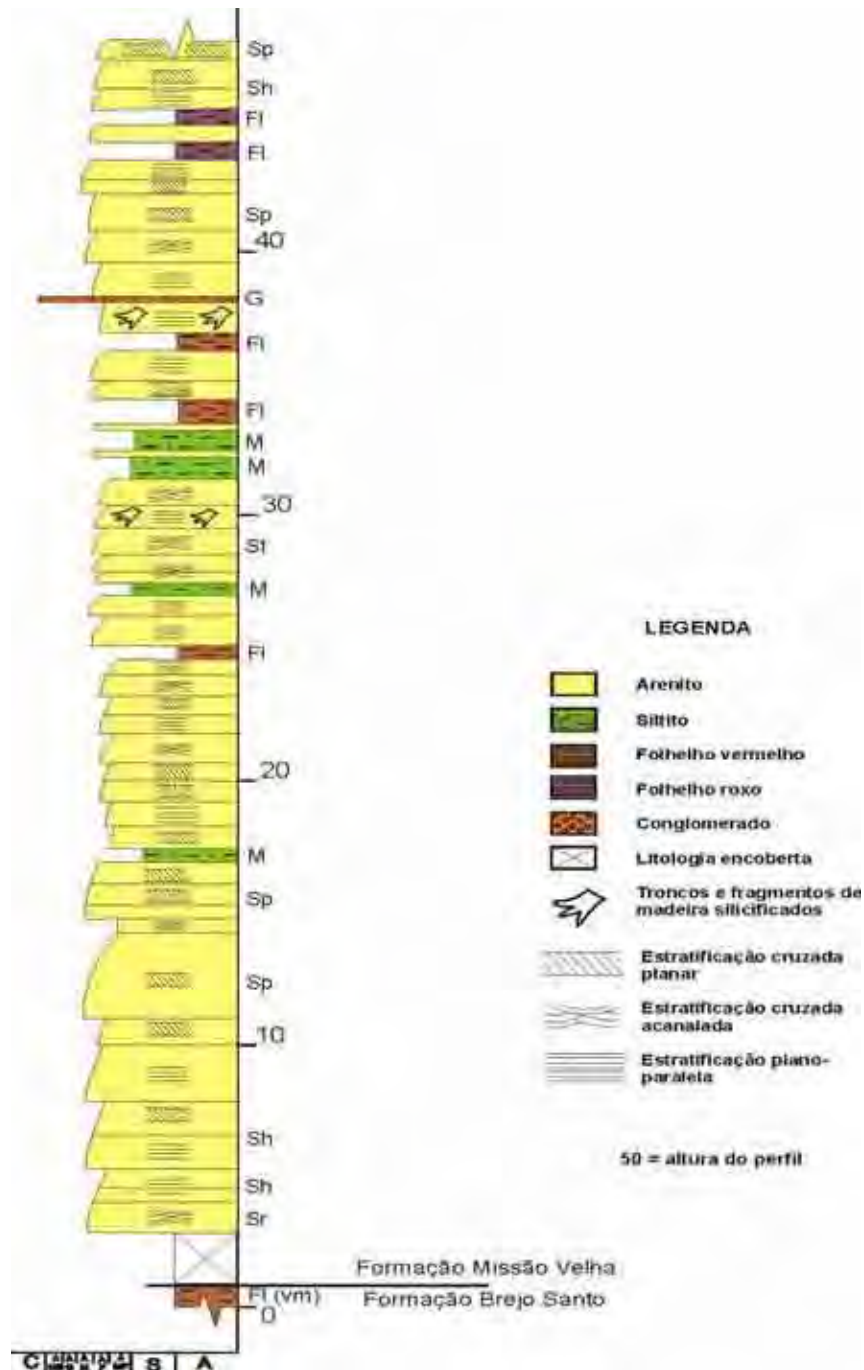


Figura 21: Seção-colunar de referência da Formação Missão Velha, levantada no município homônimo (ponto 45).

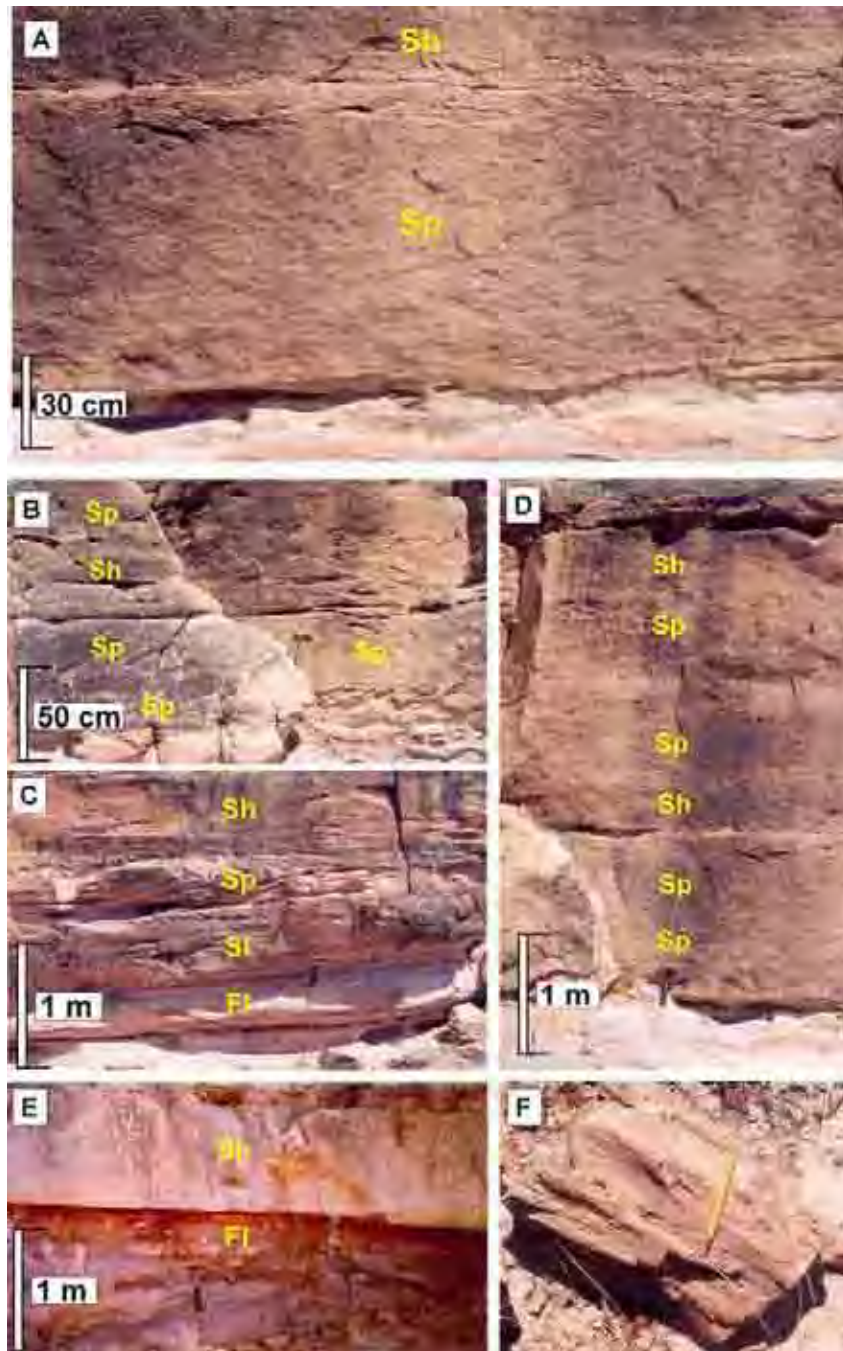


Figura 22 - (A) e (B) arenitos com estratificações cruzadas planares (Sp) e estratificações horizontais (Sh), base da unidade; (C) arenitos com estratificações cruzadas planar (Sp), cruzada de baixo ângulo (Sl), estratificação horizontal (Sh) e siltito argiloso laminado (Fl); (D) sets deposicionais exibindo fácies (Sp) e (Sh) em arenitos; (E) folhelhos de coloração roxa (Fl) e (F) troncos fósseis silicificados.

Em contraste com estes pacotes areníticos foi observado um nível de lamito laminado (Fl) de coloração rosa arroxeado, com espessura de 0,5 metro, finalizando o pacote arenítico de *sets* de espessura média e iniciando um novo pacote arenoso onde os *sets* são apenas centimétricos. Neste pacote observam-se arenitos de granulometria fina, moderadamente selecionados, exibindo estratificação cruzada planar (Sp), estratificação cruzada acanalada (St) e alguns *sets* com estratificação horizontal (Fig. 22-C).

Aos 25m da seção vertical levantada encontra-se uma camada de siltitos de coloração avermelhada (Fm), posicionado entre os *sets* arenosos. Os arenitos posicionados sobre o nível pelítico exibem estratificações horizontais (Sh) e estratificações cruzadas planares e acanaladas, em *sets* de espessuras centimétricas. Nestes *sets* foram observados troncos e fragmentos de madeira silicificada, com dimensões variando de 5 e 25cm, dispostos em meio aos estratos sedimentares (Fig. 22-F). Seixos de quartzo também foram verificados nestas mesmas fácies.

Acima do nível dos troncos ocorre uma intercalação de arenitos com estratificação cruzada tangencial na base e sedimentos pelíticos, tais como siltitos laminados de coloração rosa (Fl) e argilitos vermelhos (Formação). Em direção ao topo da seção persistem camadas de arenitos com estratificações cruzadas planares (Sp), cruzadas acanaladas e horizontais, exibindo níveis conglomeráticos e fragmentos de madeira silicificada, juntamente com seixos de quartzo dispostos aleatoriamente em meio aos *sets* (Fig 22-D). No topo da seção votam a se repetir sedimentos pelíticos laminados de natureza argilosa, coloração roxa (Fl), intercalando-se com *sets* de arenitos com estratificação cruzada planar (Sp), finalizando a seção (Fig. 22-E).

Apesar da granodecrescência ascendente observada nos *sets* deposicionais, a granulometria não varia na seção-colunar levantada (Fig. 21), o que parece ser o padrão da unidade como um todo, já que não se observam grandes variações no perfil da unidade no poço 2-AP-1-CE (Fig. 11).

5.3.4 – Ambientes de Sedimentação

Como observado nos afloramentos visitados, bem como constatado nos trabalhos referentes à unidade em questão, a passagem da unidade sotoposta para a Formação Missão Velha evidencia a passagem de um sistema predominantemente lacustre para um sistema fluvial entrelaçado.

Esta afirmação é baseada nas interdigitações de fácies na base, próximo a região de contato, e na associação de fácies, caracterizada pelo predomínio de arenitos com estratificações cruzadas planares e acanaladas. Além disso, a presença de troncos fossilizados dispersos em meio aos *sets* deposicionais é indicativa de sedimentação continental.

5.3.5 - Paleocorrentes

A análise das paleocorrentes medidas nos *foresets* das camadas de arenitos da Formação Missão Velha permitiu verificar fluxo predominante para sul, visto que a média das medidas de paleocorrentes foi para o azimute 231°. Esta direção coaduna com as apresentadas por Assine (1990, 1994), cujos dados indicaram paleocorrente fluvial para o azimute 201°.

A partir destes dados é possível afirmar que a área-fonte da Formação Missão Velha estava situada a norte, onde provavelmente existia uma região mais elevada. Isto porque o lineamento da Paraíba limitava os esforços de estiramento litosférico que atuavam na depressão Afro-Brasileira (Ponte & Ponte-Filho 1996), permanecendo assim em um nível topográfico elevado, sendo fornecedor de sedimentos para a Formação Missão Velha, como também fragmentos e troncos oriundos de uma densa floresta de coníferas que deveria existir neste alto.

Foram produzidos diagramas de rosetas para as medidas de paleocorrentes levantadas nos afloramentos da unidade em questão. Estes diagramas foram plotados em mapa e comparados com o mapa de paleocorrentes da Formação Missão Velha apresentado por Assine (1994) (Fig. 23).

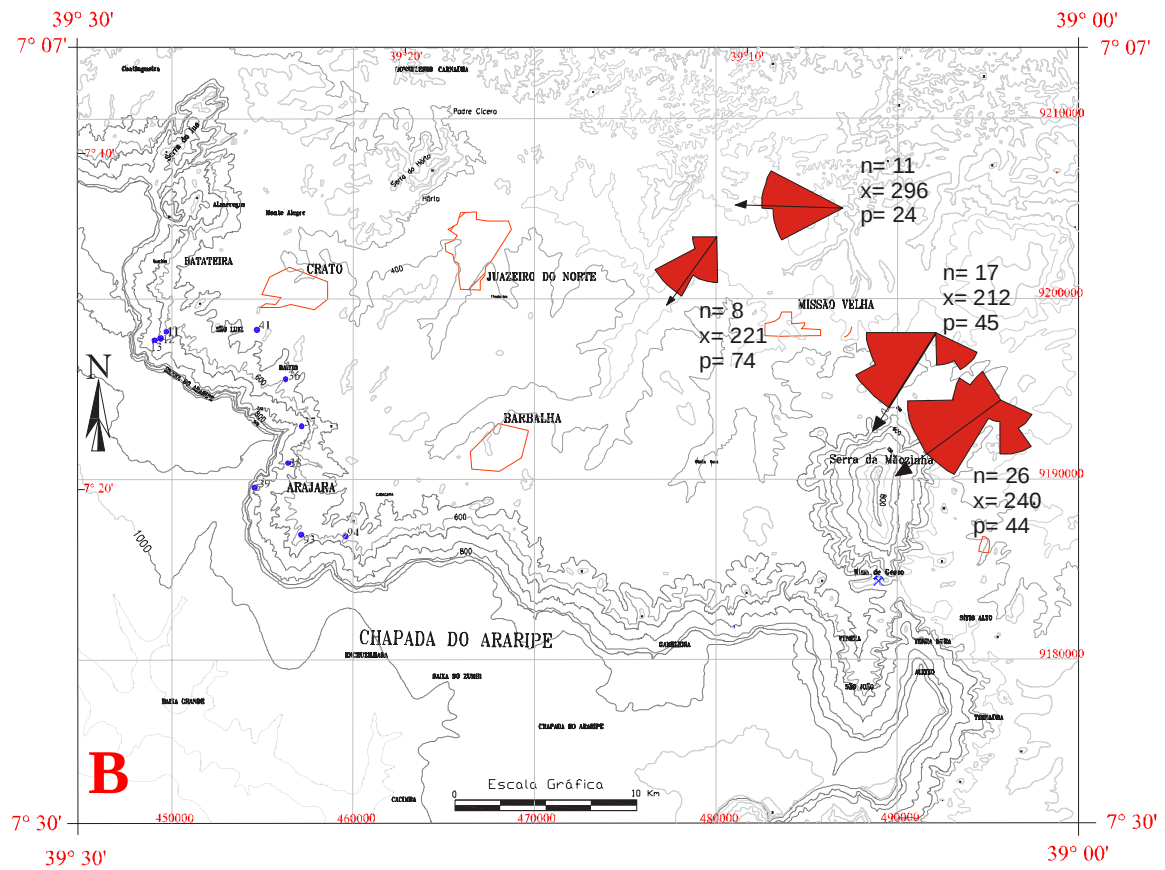


Figura 23 - Mapa de paleocorrentes da Formação Missão Velha: A) segundo Assine (1994); e B) levantadas no presente trabalho.

5.4 - FORMAÇÃO ABAIARA

A Formação Abaiara corresponde a tectono-sequência sin-rifte da Bacia do Araripe, posicionada sobre a Formação Missão Velha da Tectono-sequência Pré-Rifte (Ponte & Ponte-Filho 1996). Em afloramentos observa-se que este contato é marcado por um diastema, evidenciado por uma cascalheira com abundância de troncos de madeira fossilizada da Formação Missão Velha.

Esta unidade foi perfurada pelo poço 2-AP-1-CE, que atravessou 124 metros desta unidade, no intervalo de 712 a 836 metros de profundidade, sendo o perfil deste poço utilizado como seção de referência para esta formação (Fig. 11).

Na presente dissertação apresenta-se uma seção-colunar de referência para a Formação Abaiara, levantada no Município de Abaiara, onde ocorrem os melhores afloramentos desta formação, sendo aqui sugerida como seção-tipo para a unidade.

5.4.1 - Nomenclatura Estratigráfica

Acima da Formação Missão Velha estão posicionados estratos que foram denominados de Formação Abaiara por Ponte & Appi (1990 b) e Assine (1992 a), que constitui uma unidade que apresenta muita variação faciológica lateral e vertical, o que a distingue facilmente dos sedimentos da unidade sotoposta.

5.4.2 - Idade

A unidade é portadora de troncos de madeira fossilizada silicificada, argilitos e folhelhos papiráceos, estes últimos portadores de escamas de peixe e ostracodes. Dentre os ostracodes, Silva-Telles Jr. *et al.* (1991) identificaram *Cypridea (Morininóides) candeiensis* Krommelbein, *Cypridea sellata* VIANA, *Cypridea (Morininoides) grekoff* Krommelbein, *Cypridea tucanoensis* Krommelbein, *Tucanocypris camposi* Krommelbein e *Theriosynoecum laciniatum* Krommelbein, ocorrentes na parte inferior da biozona NRT-004 (NRT-004.1e NRT- 004.2). Os mesmos autores também identificaram uma microflora composta principalmente por palinomorfos do gênero *Classopollis* e da espécie

Dicheiropolis etruscus, compondo o quadro de conteúdo micropaleontológico da Formação Abaiara.

A partir da análise do conteúdo paleontológico presente nesta unidade é possível posicioná-la no Andar Rio da Serra, devido aos ostracodes indicadores da biozona RT-002, RT-003 e NRT-004, podendo inclusive se estender até ao Andar Aratu (biozona NRT-005) devido à presença de *Cypridea vulgaris*. No entanto, a ausência da NRT-002.1 (*Cypridea kegei* e *Cypridea depressa*) na base da Formação Abaiara (Ponte 1991), reforça a idéia de um diastema, oriundo de um período de sedimentação seguido de erosão, no qual a massa depositada a uma razão igual à dos sedimentos pré-discordância, e posteriormente removida por erosão (Ponte & Ponte-Filho 1996).

5.4.3 – Empilhamento de Fácies Sedimentares

Como mostrado na seção-colunar apresentada por Assine (1992), na parte inferior da Formação Abaiara predominam lamitos e siltitos de cores avermelhadas, entremeados aos quais ocorrem intercalações ocasionais de arenitos finos a médios (Fig. 11). Esta seção basal, onde predominam fácies de granulometria fina, é sobreposta por fácies grossas, presentes em excelente afloramento situado cerca de 2km a norte de Abaiara (ponto 46), que indica processos erosivos mais atuantes na área-fonte e deposição a partir de correntes de maior energia dentro da bacia.

No referido afloramento foi levantada uma seção-colunar (Fig. 24), que se propõe como seção de referencia para a unidade em superfície, visto que a única referência a ela é o perfil do poço 2-AP-1-CE. Na seção levantada (Fig. 25), a Formação Abaiara inicia-se com um conglomerado maciço (Gm) com seixos de até 4 centímetros de diâmetro, sem nenhuma estrutura sedimentar aparente. São observados em meio a estes conglomerados bolas de material pelítico, dispostos aleatoriamente em meio ao pacote conglomerático, bem como níveis milimétricos de silito (Fig. 26-A).

Logo acima deste pacote conglomerático, limitados por uma superfície erosiva, inicia-se um empilhamento sedimentar contendo conglomerados, sobrepostos por arenitos de granulometria média a grossa, mal selecionados, com estratificação cruzada planar (Sp) em *sets* de espessura decimétricas, intercalados por *sets* de arenitos com estratificação horizontal (Sh) de mesma espessura, mas de granulometria fina.



Figura 24 – Visão panorâmica do afloramento da Formação Abaiara (ponto 46) onde foi levantada a seção-colunar de referência para a unidade.

No sentido do topo predominam os arenitos de granulometria média, contendo pequenos seixos de quartzo e fragmentos líticos posicionados aleatoriamente em meio às estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte (St). Ocorrem também arenitos exibindo estratificações cruzadas planares e planares tangenciais na base (Sp) em *sets* de espessuras que variam de decimétricas a métricas (Fig. 26-B). Ainda neste nível são comuns fragmentos líticos de coloração esbranquiçada e seixos de quartzo posicionados entre os estratos acanalados.

Sobrepostas as estas fácies estão empilhados arenitos exibindo estruturas sedimentares variadas, tais como estratos horizontais (Sh), estratos cruzados planares (Sp) e estratos cruzados acanalados (St), divididos em *sets* deposicionais de espessuras métricas.

Aos 25 metros da seção posiciona-se um nível de arenitos grossos, com estratificação horizontal incipiente (Sh), contendo grande número de seixos de quartzo e fragmentos de madeira fossilizada silicificada (Fig. 26-C). Estes fragmentos de madeira apresentam dimensões de aproximadamente 20 centímetros de diâmetro, posicionados aleatoriamente em meio aos estratos, o que reforça a teoria de Assine (1990) de estes

fragmentos forma retrabalhados da unidade sotoposta, devido ao fato da maneira de sua disposição e por se apresentarem geralmente em tamanhos reduzidos em relação aos troncos observados na Formação Missão Velha.

Entremeado aos arenitos ocorre um nível decimétrico de folhelho argilo-siltoso de coloração cinza escuro, evidenciando um período na diminuição da energia de deposição destes sedimentos. No extremo leste da bacia (fora das áreas deste trabalho) foram verificados arenitos finos com estratos cruzados recumbentes (estruturas convolutas) foram observados sobrepostos aos folhelhos, o que pode ser indicativo de que estes sedimentos estiveram saturados por água tornando-os mais plásticos e susceptíveis a deformação penecontemporânea quando na movimentação de uma camada superposta. Também são verificadas gretas de contração nos pelitos interdigitados a estes arenitos (Fig. 27).

Em direção ao topo verificam-se arenitos com estratificação cruzada acanalada com seixos de quartzo dispersos nos sets deposicionais, encerrados por uma arenito conglomerático com seixos de até um centímetro de diâmetro, sem estruturas sedimentares.

Aos 40 metros da seção vertical observa-se um nível conglomerático contendo seixos de quartzo e feldspato, bem como fragmentos de troncos fossilizados de até 15 centímetros, suportados por uma matriz de coloração cinza escuros, com espessura não ultrapassando meio metro (Fig. 26-D). Logo acima deste nível conglomerático voltam a se repetir fácies areníticas com estratificações cruzadas planares (Sp) e cruzadas acanaladas (St) contendo ainda fragmentos de madeira fossilizada.

A seção como um todo apresenta granodecrescência ascendente. No topo, intercaladas aos arenitos, encontram-se presentes níveis pelíticos com espessuras métricas. Os pelitos são constituídos de folhelhos (Fl) de coloração vermelho-telha, enquanto que os arenitos são de coloração cinza claro, como em toda a seção, exibindo estratificação cruzada acanalada (St) e cruzada planar (Sp).

Em nível estratigráfico mais alto, a sul do Município de Abaiara, verifica-se que a unidade apresenta seção em que predominam arenitos com granulometria variando de fina a média, subarredondados, exibindo estratificação cruzada tangencial na base e muitas vezes convoluções nas estruturas sedimentares e várias famílias de fraturas, bem como gretas de contração.

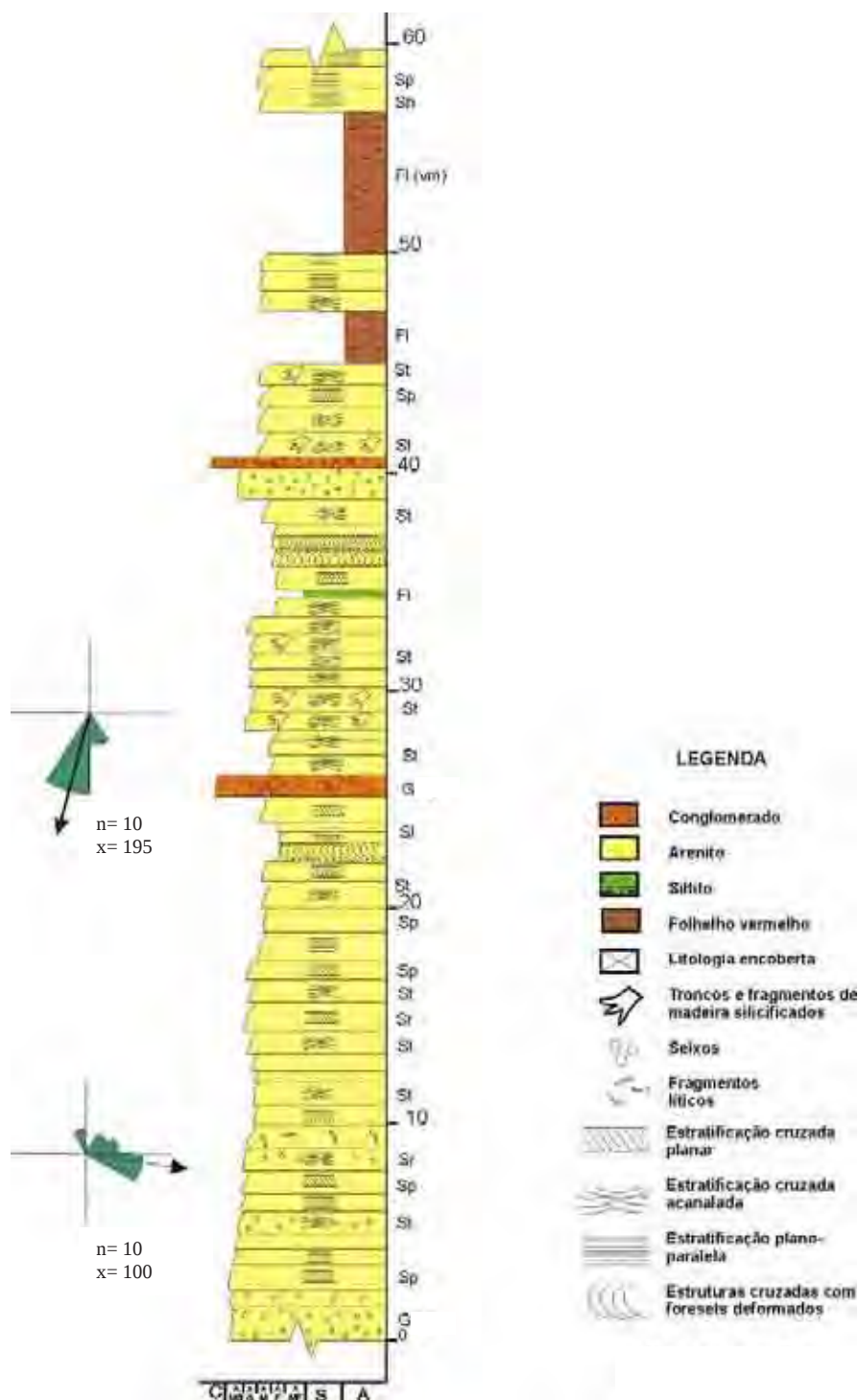


Figura 25 – Seção colunar de referência da Formação Abaiara, levantada no Município de Abaiara (ponto 46).

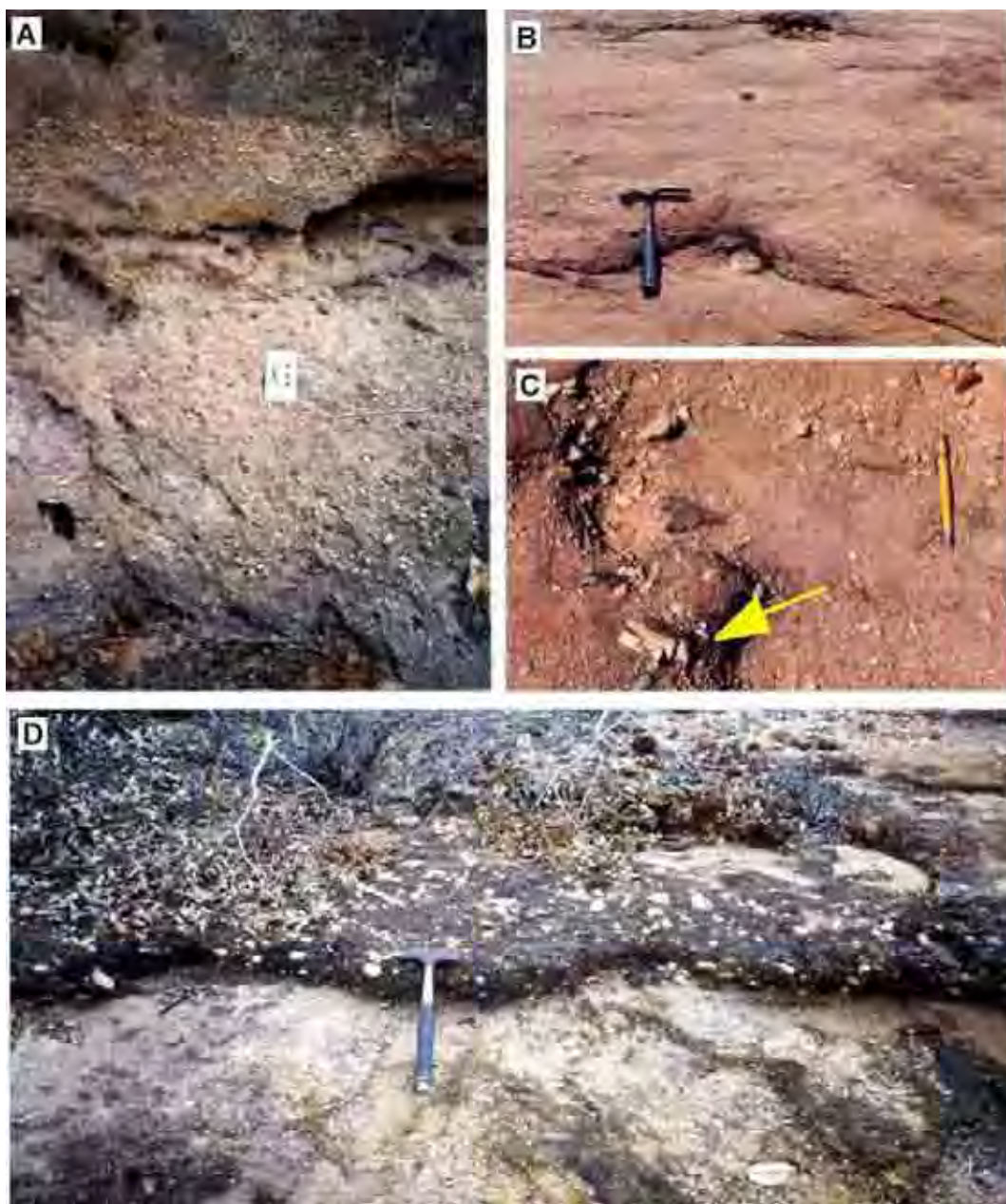


Figura 26- Feições sedimentares observadas nos afloramentos da Formação Abaiara: (A) conglomerado com seixos de até 4 centímetros de diâmetro; (B) arenitos exibindo estratificação cruzadas planares e acanaladas (St), com clastos líticos dispersos em meio aos *sets* deposicionais; (C) fragmentos de madeira fossilizada (indicado pela seta); (D) nível conglomerático contendo seixos de quartzo e feldspato, bem como fragmentos de troncos fossilizados de até 15cm.

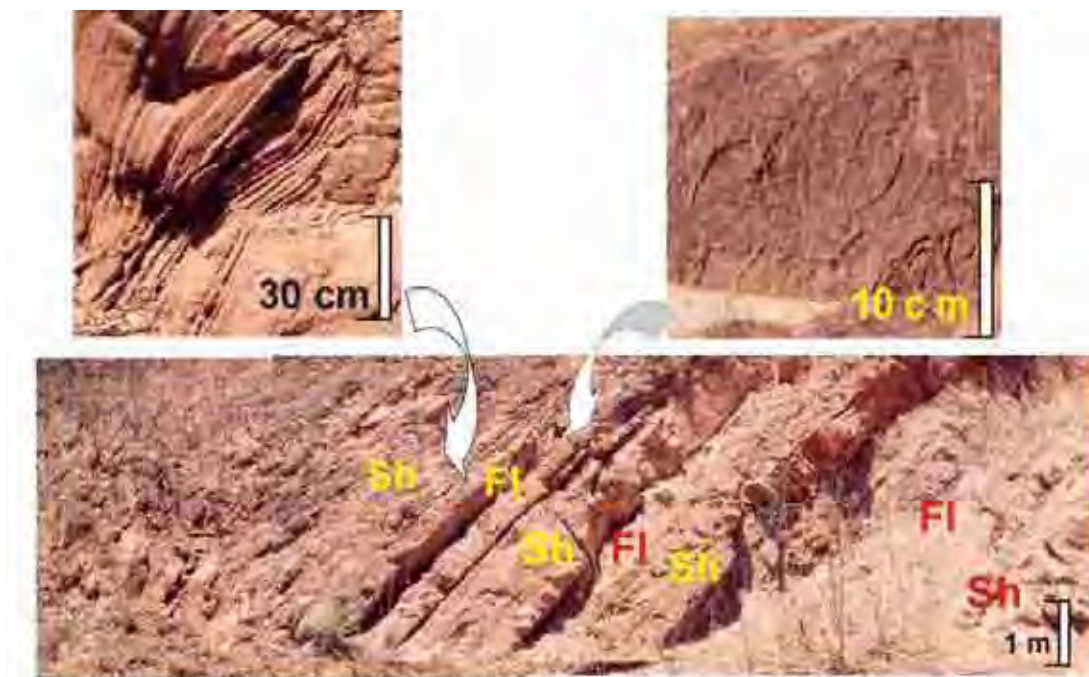


Figura 27 – Arenitos e pelitos da Formação Abaiara exibindo intercalações de arenitos com estratificações horizontais e estruturas convolutas e gretas de contração. Afloramento localizado fora das áreas de estudos, extremo E da Bacia do Araripe.

5.4.4 – Ambientes de sedimentação

O ambiente de sedimentação era composto inicialmente por sistemas lacustres rasos e planícies aluviais, evidenciados pelos sedimentos finos como folhelhos e siltitos de coloração variando de vermelho ao cinza escuro. A interdigitação de sedimentos pelíticos e psamíticos na porção basal desta formação registra um paleoambiente caracterizado por grande variação faciológica, onde ambientes lacustres teriam sido dominados por sistemas fluviais.

A evidência que indica o evento de sedimentação lacustre é o conteúdo paleontológico rico em bioesparitos (ostracodes) (ou ostracoditos) em meio às camadas de folhelhos da unidade em questão (Assine 1992), que são típicos de ambientes dominados por lagos ou planícies de inundação alagáveis, onde era possível a proliferação rápida e abundante deste microfósseis. Este material pelítico está posicionado entre camadas de

arenitos contendo estruturas sedimentares como estratificações cruzadas planares, cruzadas acanaladas, cruzadas tangenciais na base, típicas de ambiente fluvial.

Nos períodos de inundações estes rios dominavam áreas mais amplas nas proximidades de seus canais, o que acarretava na formação de lagos efêmeros, onde sedimentavam sedimentos finos e ocorria o proliferação de ostracodes.

Os arenitos que compõem a Formação Abaiara, posicionados tanto na base como no topo da unidade, apresentam granulometria variando de fina a muito grossa, onde são freqüentes níveis conglomeráticos contendo seixos de quartzo e fragmentos de troncos fossilizados. Estas fácies sedimentares evidenciam um período de sedimentação fluvial de alta energia, baseado no tamanho dos sets deposicionais de espessuras decimétricas e na quantidade de fragmentos de madeira fossilizada, provavelmente oriundos do retrabalhamento dos sedimentos da Formação Missão Velha, como observado por Assine (1990).

Diante destas observações pode-se concluir que a Formação Abaiara é resultado de um período de sedimentação continental lacustre, mas que foi gradualmente mudando para uma ambiente de sedimentação fluvial. Isto se deve ao aumento da atividade tectônica ocasionada pelo processo de rifteamento que afetava a região no Neocomiano, período em que a Bacia do Araripe se comportava como uma bacia tipo “rifte”.

5.4.5 - Paleocorrentes

Nas campanhas de campo foram realizadas medidas de paleocorrentes nos afloramentos desta unidade, num total de 66 medidas em 5 estações, onde foi verificado paleofluxo para o azimuth médio de 172°, muito semelhante ao vetor médio para o azimuth 169° observado por Assine (1992) (Fig. 28).

Isto reforça a teoria de que o padrão de paleocorrentes da Formação Abaiara (andares Rio da Serra e Aratu) não difere muito do padrão observado nas paleocorrentes medidas na Formação Missão Velha (Andar Dom João), onde a tendência média de fluxo observado é de norte para sul.

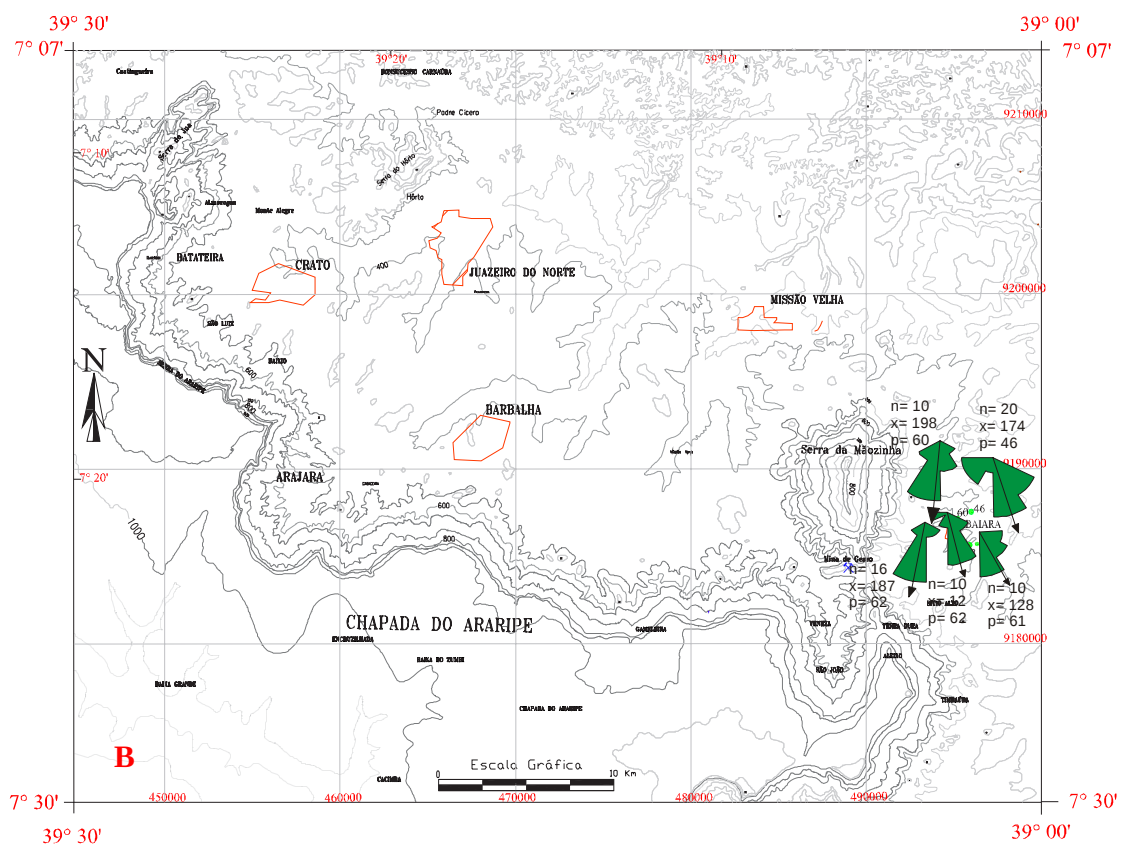


Figura 28 - Mapa de paleocorrentes da Formação Abaiara (seqüência sin-rifte): A) Assine (1992); e (B) medidas realizadas no presente trabalho.

5.5 - FORMAÇÃO BARBALHA

A Formação Barbalha é a primeira unidade litoestratigráfica da sequência Aptiana-Albiana da Bacia do Araripe de Assine (1990) e da sequência pós-rifte de Ponte & Ponte Filho (1996). Sua área de ocorrência é em torno o sopé das escarpas da chapada do Araripe no Vale do Cariri.

A Formação Barbalha encontra-se em discordância angular por sobre os sedimentos da Formação Abaiara (topo da sequência Juro-neocomiana ou sequência rifte). O contato é bem marcado no perfil do poço 2-AP-1-CE (Fig. 11) onde foram perfurados 242 metros desta unidade no intervalo de 480 a 722 metros de profundidade, evidenciando dois ciclos de granodecrescência ascendente. Em superfície o contato não foi observado em nenhum afloramento.

A Formação Barbalha é composta predominantemente por arenitos, que exibem grande quantidade de estruturas sedimentares, por conglomerados e por alguns níveis de folhelhos de variadas cores.

5.5.1 - Nomenclatura Estratigráfica

Ponte & Appi (1990) denominaram a seção de Formação Rio da Batateira os sedimentos correspondentes à Formação Barbalha de Assine (op. cit) e atribui esta denominação devido a “seção-tipo que aflora nos barrancos do rio da Batateira, em um trecho de cerca de 3 quilômetros, rio acima, a partir da vila da Batateira, na zona suburbana do Crato”.

No entanto, Hashimoto *et al.* (1987) havia anteriormente utilizado a denominação de “Camadas Batateira” para destacar um intervalo de folhelhos piro-betuminosos e brechas carbonáticas encontradas no perfil do rio da Batateira, que constituem importante marco estratigráfico regional em toda a Bacia do Araripe.

Por isto, tendo em vista a importância de manter a denominação Camadas Batateira para o marco estratigráfico, optou-se por utilizada a denominação “Formação Barbalha” proposta por Assine (1990, 1992). O nome se justifica porque a cidade de Barbalha está situada em área de ocorrência de excelentes exposições da unidade, que forma tabuleiros

entalhados por rios que descem do alto da Chapada, nos quais se encontram seções da unidade tão boas quanto à seção do rio da Batateira.

5.5.2 - Idade

A Formação Barbalha apresenta litologias predominantemente psamíticas e secundariamente pelíticas. Restrito a estes sedimentos pelíticos é que encontra-se o conteúdo paleontológico da unidade. Trata-se de folhelhos betuminosos de coloração preta ricos em fragmentos de peixes (*Dastilbe elongatus*), conchostráceos, ostracodes, fragmentos de vegetais carbonizados e polens.

Lima & Perinotto (1984) realizaram ótimos estudos quanto ao conteúdo palinológico da seção de folhelhos, que na época era enquadrada na Formação Missão Velha. No entanto obtiveram ótimos resultados em suas descrições fossilíferas realizadas, onde relataram a presença de *Inaperturopollenites turbatus*, *Reyrea polymorphus* e *Sergipea varriverrucata*, entre outros (Fig. 29). Estes polen, principalmente o *Sergipea varriverrucata* permitiram posicionar o nível de folhelhos em questão (camadas Batateira) no intervalo correspondente às zonas palinológicas P- 260/270 do esquema bioestratigráfico da Petrobrás. Outros fósseis como *Cicatricosisporites microstriatus*, *Matonisporites silvai* (polen), *Gnetaceaepollenites oreadis* e *Gnetaceaepollenites barghoornii* (polen) confirmam que os estratos analisados faziam parte superior do Andar Alagoas, de idade neo-aptiana.

5.5.3 Empilhamento de Fácies Sedimentares

Para a caracterização mais detalhada da unidade, foram levantadas cinco seções-colunares (SC) no Vale do Cariri (Fig. 30). A SC-1 foi levantada no riacho Guaribas (SC-1), a nordeste da cidade do Crato (Fig. 31). A SC-2 foi levantada a partir da ponte sobre o rio da Batateira, na vila da Batateira, zona suburbana do Crato, indo em direção a nascente do rio na Chapada do Araripe (Fig. 32). A SC- 3 é a do Sítio Romualdo, situado a leste de Barbalha (Fig. 33). A SC-4 foi levantada nos rios São Francisco/Salamanca, situado a nas proximidades da cidade de Barbalha, subindo em direção à chapada (Fig. 34). A SC- 5 foi levantada no Riacho da Onça localizado na localidade de Barreiro (Fig35).



Figura 29 - Palinomorfos encontrados nos folhelhos pirobetuminosos da Formação Barbalha (Lima & Perinotto, 1984):

- A) *Cicatricosisporites microstriatus*;
- B) *Matonisporites silvai*;
- C) *Inaperturopollenites turbatus* ;
- D) *Gnetaceapollenites oreadis*;
- E) *Gnetaceapollenites barghoornii*;
- F) *Sergipea varrивerrucata*; e
- G) *Reyrea polymorphus*.



Figura 30: Localização das seções-colunares levantadas no Vale do Cariri (área E) para a Formação Barbalha (SC = seção-colunar) (Imagem Landsat 5, composição em falsa-cor , bandas 5R4G3B).

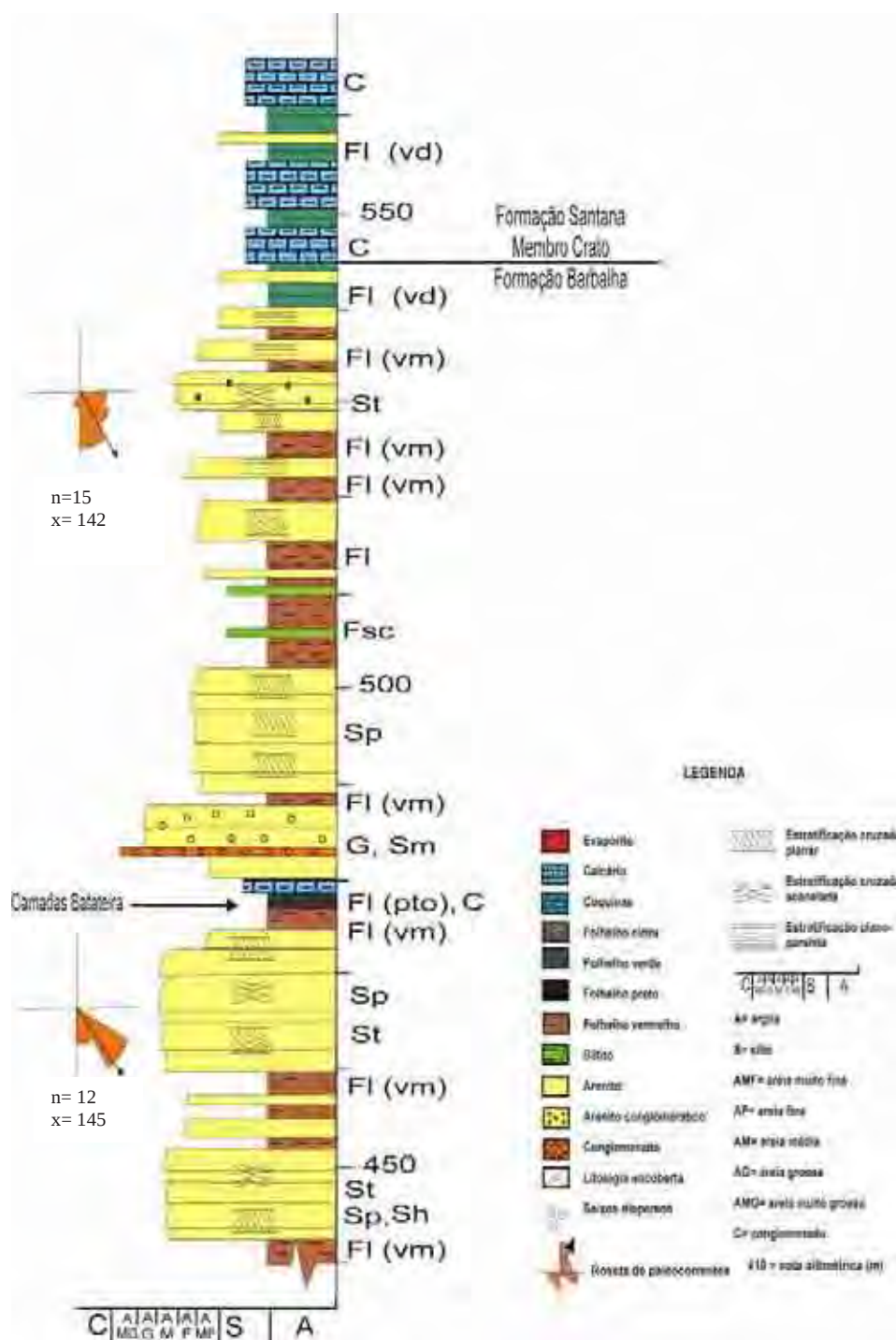


Figura 31 – Seção-colunar SC-1: Riacho Guaribas (ponto 140 –A/E). Cidade do Crato, CE. (Localização figura 30, pg 62).

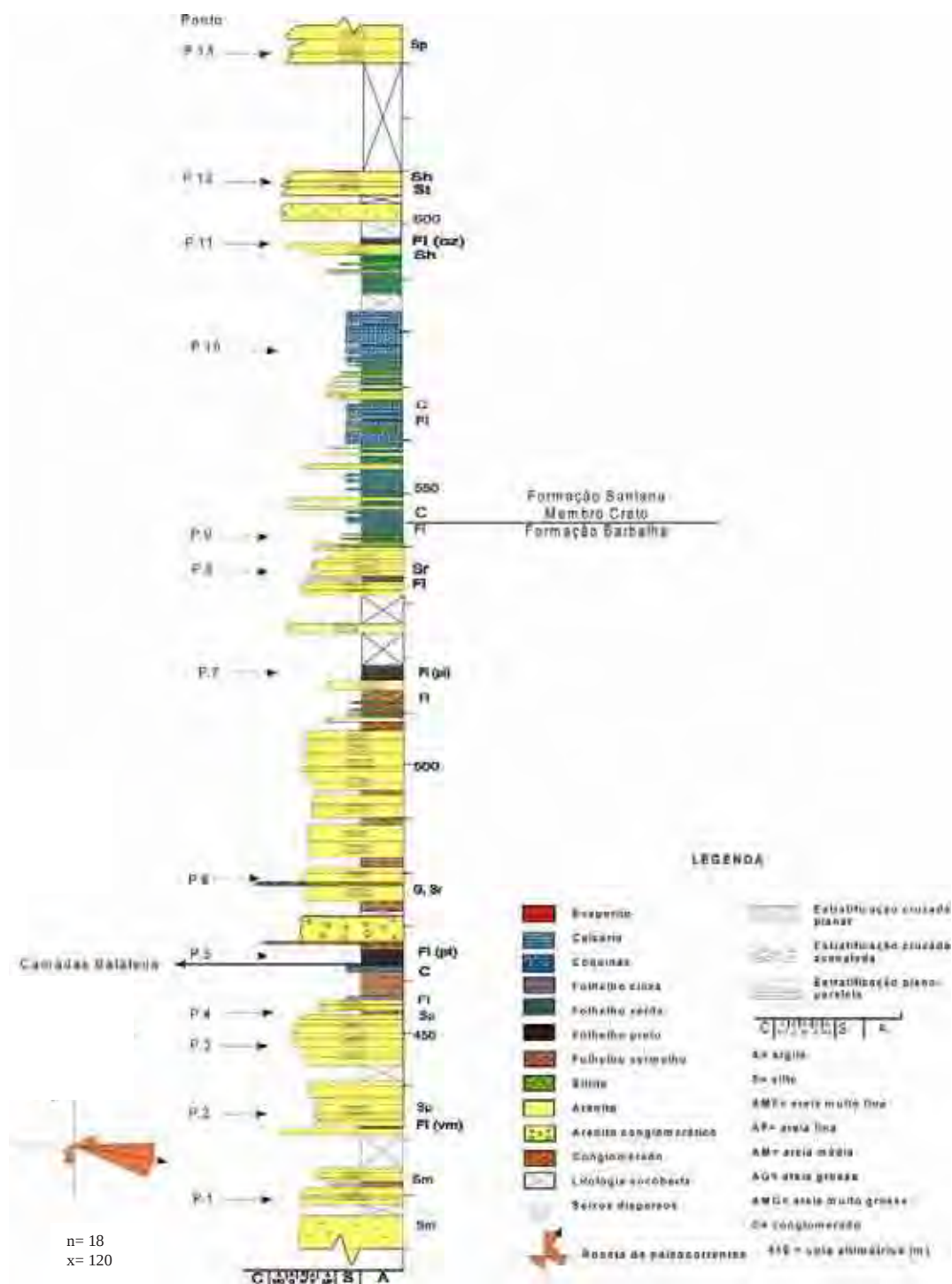


Figura 32 – Seção-colunar SC-2: Rio da Batateira (pontos 1 a 13). Cidade do Crato, CE. (Localização figura 30, pg 62).

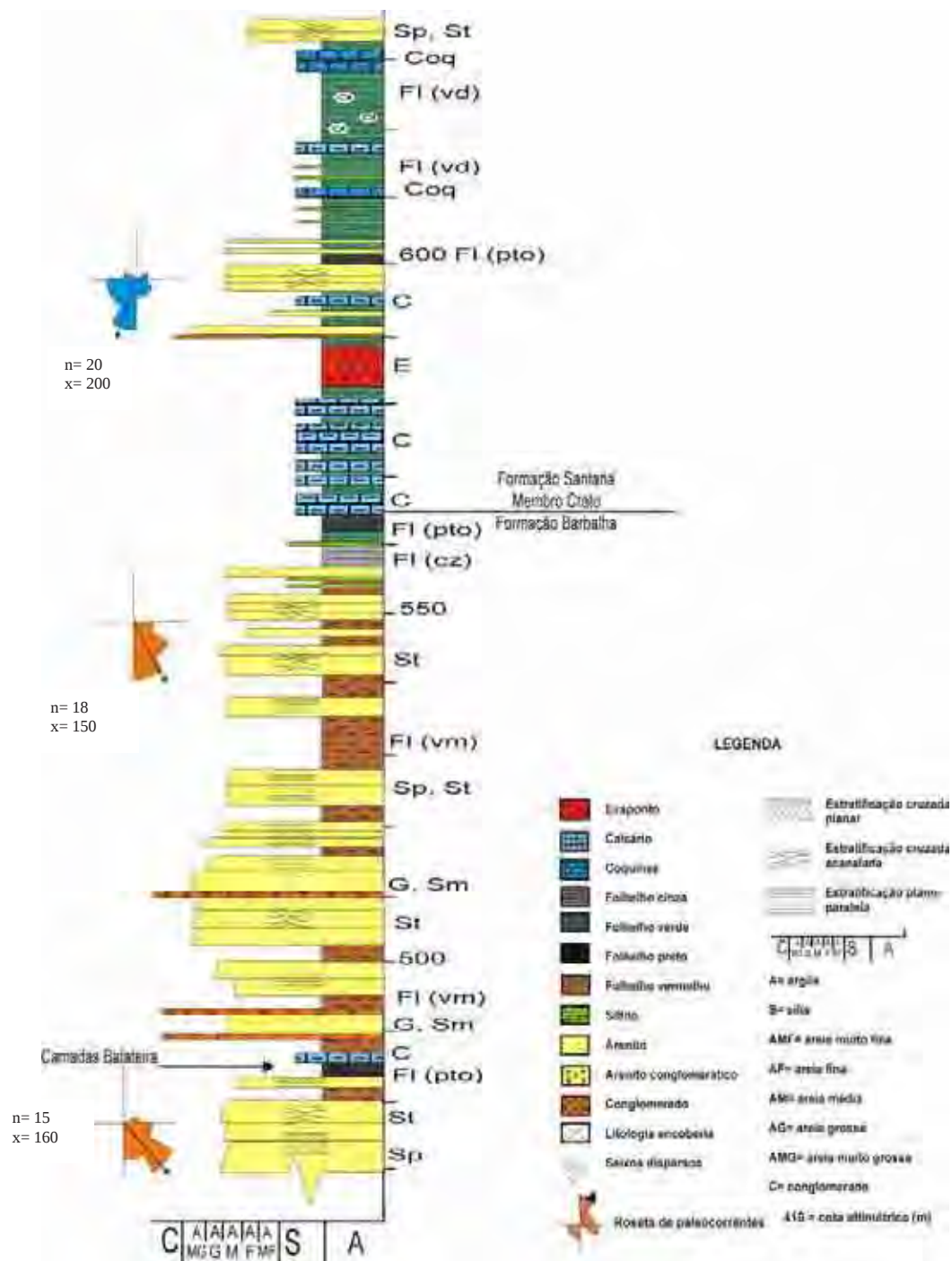


Figura 33 – Seção-colunar SC-3: Sítio Romualdo (ponto 132 A-F). Cidade do Crato, CE. (Localização figura 30, pg 62).

A partir das seções levantadas foi realizado uma análise das fácies sedimentares da unidade, para se verificar sua continuidade lateral e vertical. Todas as seções apresentam na parte inferior arenitos médios a grossos, de coloração laranja-avermelhada, por vezes conglomeráticos, dispostos em *sets* decimétricos a métricos, com estratificação cruzada acanalada (St) e estratificação cruzada planar (Sp), às vezes de grande porte (Fig. 36).

Níveis centimétricos de folhelhos siltosos de coloração cinza esbranquiçada (Fl) ocorrem intercalados entre *sets* de arenitos de granulometria média, que exibem estruturas sedimentares dos tipos cruzadas planares (Sp), cruzadas acanaladas de médio porte (St) e horizontais (Sh) (Fig. 37-A-B-C). Acima deste nível estratigráfico estão posicionados arenitos de granulometria variando de média a grossa e exibindo estratificações cruzadas planares (Sp), cruzadas acanaladas (St), e horizontais (Sh), (Fig. 37-D).

O padrão é de granodecrescência ascendente. Em direção ao topo da seção os arenitos passam a apresentar uma granulometria variando de fina à média, exibindo os mesmos tipos de estruturas sedimentares com fácies , Sp , St e Sh, até serem recobertos por fácies finas (siltitos, lamitos e folhelhos) de cores roxa e vermelha.

O ciclo termina com uma seção de folhelhos pirobetuminosos, entremeados aos quais ocorre uma camada decimétrica de calcário (Fig 38), correspondente às “Camadas Batateira” (Hashimoto *et al.*, 1987). Os calcários são mineralizados em sulfetos (galena, pirita, esfalerita), correndo à “seqüência plumbífera do Araripe” de Farina (1974) (Fig. 39). Este nível evidencia o final de um evento de redução da energia dos rios que depositavam os sedimentos desta unidade, caracterizando desta forma um ambiente confinado, em condições redutoras, causado pela baixa oxigenação das águas, propiciando a precipitação de sulfetos ricos em chumbo, cobre e zinco que facilmente se fixavam nos calcários brechóides presentes nesta camada.

Sobre os folhelhos pirobetuminosos das Camadas Batateira voltam a ocorrer fácies de arenitos finos a grossos, com as mesmas características dos arenitos da base, ou seja, arenitos com estratificações cruzadas planares (Sp), cruzadas acanaladas de médio porte (St), cruzadas acanaladas (St) e horizontais (Sh). Representam o início de um novo ciclo de grano decrescência ascendente, registrando-se na sua porção inferior a presença de intercalações de camadas de arenitos conglomeráticos e conglomerados.

Acima das Camadas Batateira voltam a predominar arenitos de granulometria média a fina, com estratificação cruzada (fácies Sp e St), subordinadamente com estratificação plano-paralela (fácies Sh), com pequenos seixos de quartzo dispostos nos planos de limite dos sets ou nas camadas frontais dos estratos cruzados. Podem também ocorrer níveis com arenitos maciços (fácies Sm) com seixos dispersos.

Em direção ao topo, a granulometria dos arenitos diminui e os folhelhos, neles intercalados, tornam-se mais freqüentes e suas camadas mais espessas, podendo alcançar 2 metros. A coloração das fácies finas nesta porção da unidade é variável, de marrom a cinza escuro ao marrom.

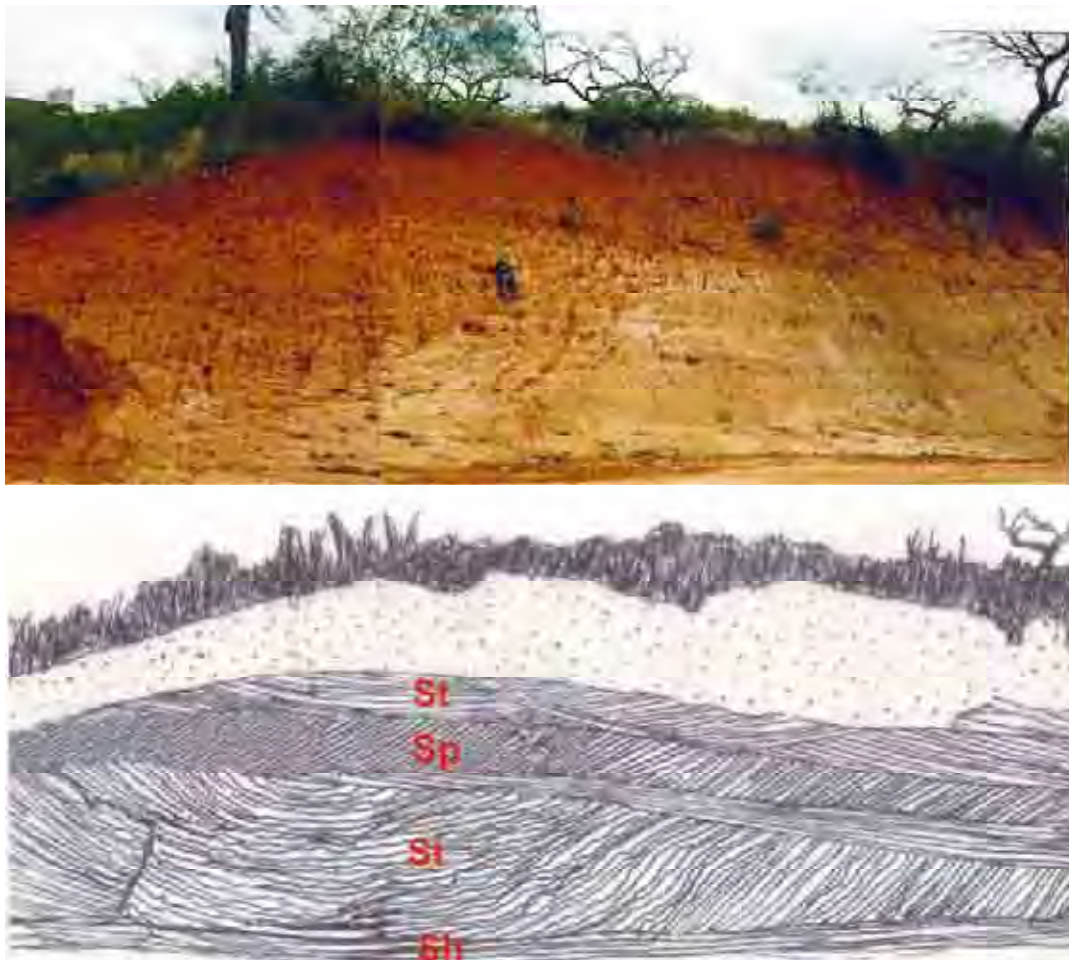


Figura 36 - Arenitos da porção da basal da Formação Barbalha exibindo estratificações cruzadas planares porte (Sp) e acanaladas (St) de grande porte.

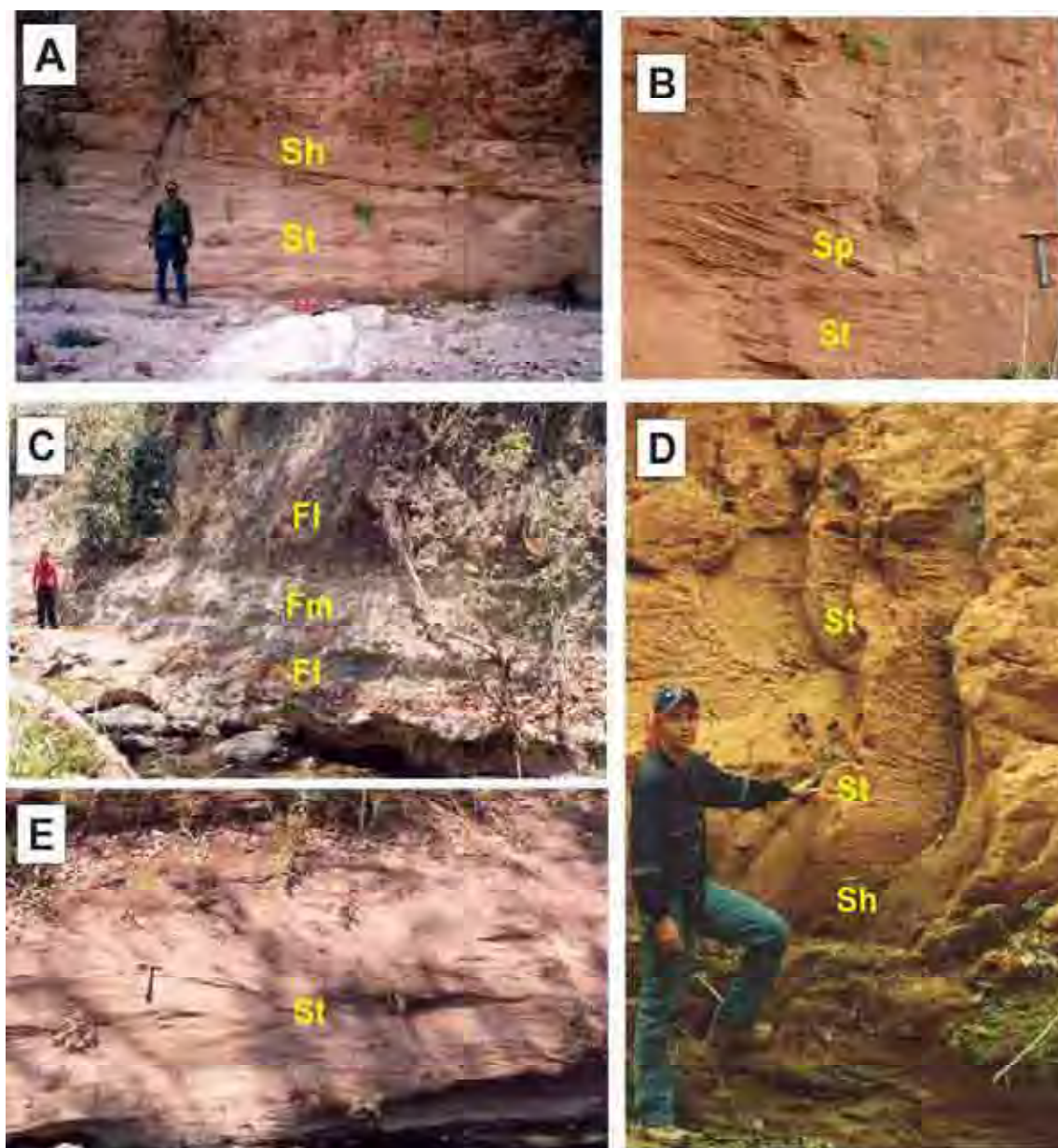


Figura 37 - Fácies sedimentares observadas nos sedimentos das seções levantadas para a Formação Barbalha: A) arenitos com estratificações acanaladas e horizontais; B) arenitos médios com estratificação cruzada planar e planar tangencial na base; C) folhelhos vermelhos e siltitos arenosos da porção inferior da unidade; D) estratificação cruzada acanalada em arenitos finos e E) sets deposicionais decimétricos de arenitos com fácies (St) e (Sh).

Na parte superior da Formação Barbalha, finalizando o segundo ciclo de granodecrescência ascendente, tem-se a presença de folhelhos calcíferos de coloração verde (F1), entremeados aos quais ocorrem níveis centimétricos de arenitos e siltitos. Os arenitos ficam cada vez mais raros até a ocorrência das primeiras camadas de calcários laminados, que marcam o contato com o Membro Crato da Formação Santana.

Em todas as seções-colunares levantadas no vale do Cariri verificou-se a ocorrência das Camadas Batateira, em posição estratigráfica similar, finalizando o primeiro ciclo de granodecrescência da Formação Barbalha. Concluiu-se que se trata de um importante marco estratigráfico para a Bacia do Araripe, podendo ser muito útil na construção de seções estratigráficas.

A seção apresentada na figura 40 foi construída a partir das cinco seções-colunares levantadas, tendo como *datum* as Camadas Batateira. Na seção estratigráfica fica evidente sua continuidade lateral, bem como a repetição do mesmo arranjo faciológico em todas os perfis verticais, comprovando a caracterização dos dois ciclos de granodecrescência ascendente, anteriormente relatados nos trabalhos de Hashimoto et al (1987) e Assine (1992).

5.5.4 – Ambientes de sedimentação

Do ponto de vista paleoambiental a Formação Barbalha apresenta várias fácies sedimentares que podem facilmente indicar o regime de sedimentação de suas litologias, reforçado pelo conteúdo paleontológico presente na unidade.

Nas seções levantadas para a unidade em questão foram observados arenitos de granulometria média a grossa, que indicam claramente um regime de fluxo de alta energia (Fig. 41-A).

No geral os arenitos desta unidade apresentam estruturas sedimentares indicativas de ambiente fluvial, representada por estratificações cruzadas planares, cruzadas planares tangenciais na base (Sp), truncadas por arenitos com estratificação plano-paralela (Sh) (Fig. 41-B), muitas vezes contendo bolas de argila de coloração cinza (Fm) dispersas em meios dos estratos sedimentares, o que pode ser indicativo de ingressões fluviais em lagos onde a energia de fluxo era suficiente para remover fragmentos de pelitos (Fig. 41-C).

Estes arenitos grossos estão em sua maioria posicionados na porção basal da formação, e freqüentemente apresentam intercalações de *sets* deposicionais constituídas de arenitos finos, siltitos e argilitos, o que podem indicar sedimentação em planícies de inundação nos períodos em que os rios ultrapassavam os limites de seus canais (Fig. 41-D).

Os sedimentos pelíticos são compostos por argilitos (Fm) e folhelhos siltosos (Fsc), que representam depósitos de ambiente lacustre raso, enquanto que folhelhos verdes e cinza escuros podem ser indicativos de deposição em ambiente lacustre profundo (Fl) (Fig. 41-E).

Em todas as seções levantadas para esta formação foram verificados os folhelhos pretos pirobetuminos pertencentes às Camadas Batateira. Quanto ao seu paleoambiente de sedimentação é possível afirmar que sua deposição ocorreu em ambiente continental, onde se instalaram lagos com condições de anoxia (Fig. 41-F). Esta afirmação é reforçada pelo conteúdo fossilíferos observado nesses folhelhos, onde são verificados coprólitos, restos de peixes de ambiente fluvio-lacustre (*Dastilbe elongatus*), fragmentos de vegetais carbonizados e palinomorfos.

Em 1984, Lima & Perinotto (1984) verificaram através de seus estudos palinológicos nos sedimentos coletados nas Camadas Batateira que o clima era quente e seco (semi-árido) no período de sua deposição, isto baseado nos grupos vegetais presentes nas amostras estudadas onde estavam contidos os seguintes fósseis que funcionam como indicadores climáticos: *Cheirolepidiaceae*, *Ephedraceae*, *Cycadaceae*, *Schizeaceae* e *Araucariaceae*.

Estes fósseis acima citados, bem as outras espécies de polen e esporos encontrados nos folhelhos e calcários das Camadas Batateira possibilitaram a constatação de ambiente fluvio-lacustre, mas não descartando a proximidade do mar, devido a presença de fósseis eurihalinos e polen rimulados (*Classopolis torosus*).

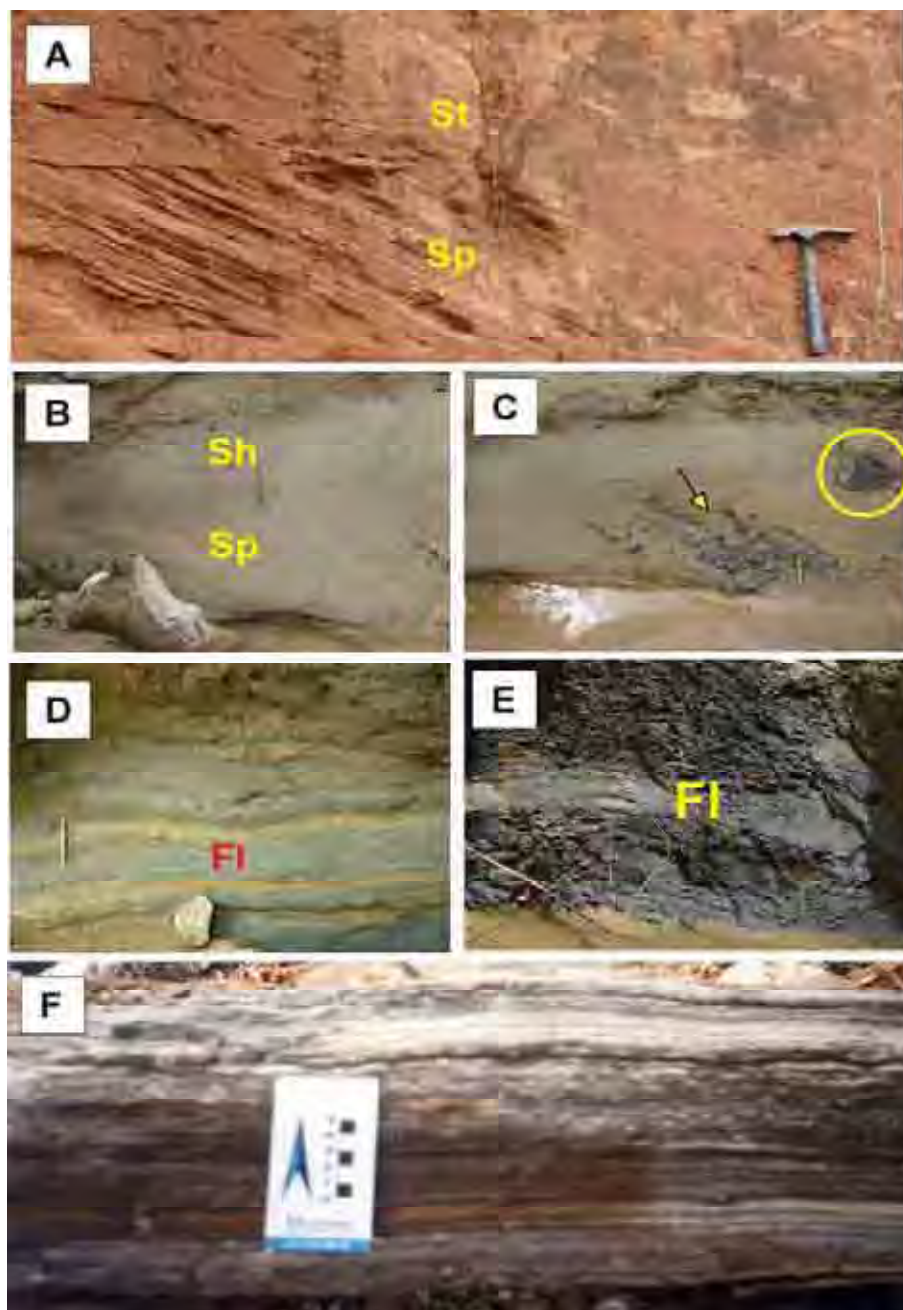


Figura 41 - Feições observadas nos sedimentos da Formação Barbalha que evidenciam ambiente deposicional fluvio-lacustre: A) arenitos grossos indicando alta energia; B) fácies Sp e Sh em arenitos de granulometria média; C) bolas de argilitos em meio a estratos cruzados de arenitos; D) folhelhos (Fl) e siltitos (Fsc) depositados provavelmente em planícies de inundação; E) folhelhos verde escuros de ambiente lacustre euxínico e F) folhelhos pretos pirobetuminosos das Camadas Batateira.

5.5.5 - Paleocorrentes

Foram tomadas medidas de paleocorrentes nos *foresets* das camadas de arenitos da Formação Barbalha num total de 117 medidas. Com base na análise destes dados verificou-se uma tendência no fluxo das correntes em direção a sudeste (azimute 143°). Os diagramas de rosetas produzidos através das medidas de paleocorrentes feitas nos afloramentos da unidade em questão foram plotados em mapa e comparados com o mapa de paleocorrentes da mesma unidade produzido por Assine (1994) (Fig. 42).

Comparando com os resultados obtidos por Assine (1990) constata-se uma similaridade no *trend* preferencial de fluxo para sudeste, visto que este autor calculou uma média de 125° azimute. Assine equiparou o padrão de paleocorrentes da Formação Barbalha com o padrão verificado por Rolim & Mabessone (1982) na Formação Marizal da Bacia do Tucano, que se trata de uma unidade correlacionável com a Formação Barbalha, tanto em termos litológicos quanto cronológicos.

Conclui-se também que a paleodrenagem continental não mudou da época das seqüências pré-ritte (Formação Missão Velha) e rifte (Formação Barbalha) até a deposição da Formação Barbalha, uma vez que os vetores médios são similares, persistindo paleocorrentes fluviais em direção às bacias situadas a sul e sudeste (Tucano/Jatobá e Sergipe-Alagoas)

Desta forma, pode-se afirmar também que os sedimentos da Formação Barbalha procediam das mesmas áreas-fonte da unidade sin-rifte, ou pelo menos estas fontes de sedimentos eram próximas, situadas à norte da Bacia do Araripe, uma região topograficamente mais elevada em relação à Depressão Afro-Brasileira.

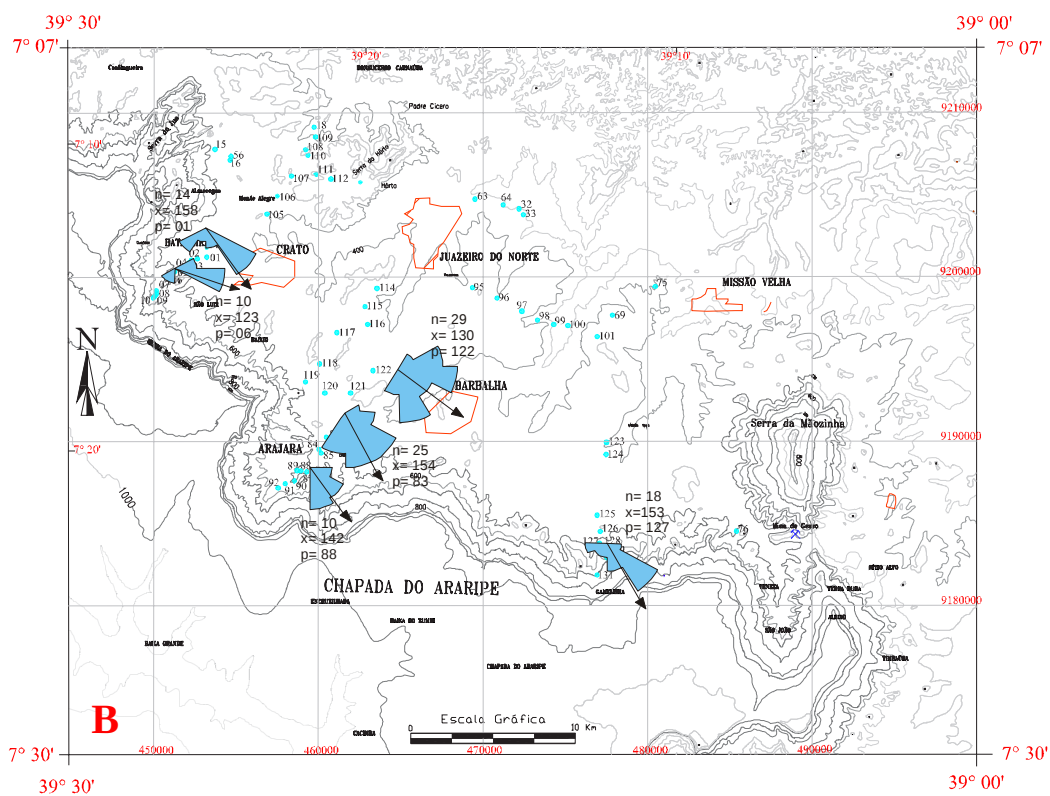
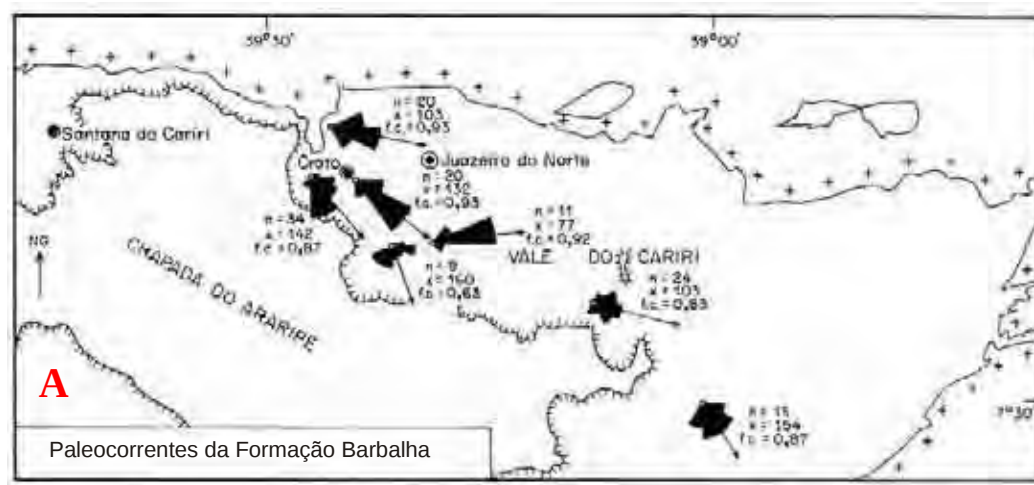


Figura 42 - Mapa de paleocorrentes da Formação Barbalha (seqüência aptiano-albiana). (A) apresentado por Assine (1992 b) e; (B) levantadas no presente trabalho.

5.6 FORMAÇÃO SANTANA

Correspondente à segunda unidade da sequência pós-rifte, a Formação Santana é a unidade mais estudada da Bacia do Araripe devido ao seu rico e abundante conteúdo fossilífero, bem como por sua complexidade litológica.

Esta complexidade de fácies sedimentares levou a uma subdivisão da unidade, com base tanto em diferenças litológicas quanto no conteúdo paleontológico. A subdivisão desta unidade resultou em três membros distintos, denominados de Membro Crato (porção inferior), Membro Ipubi (porção intermediária) e Membro Romualdo (porção superior).

Sua área de ocorrência é em torno de quase toda a Chapada do Araripe no sopé de suas escarpas, tanto na porção norte correspondente ao Estado do Ceará, quanto na porção sul correspondente ao Estado de Pernambuco. Os melhores afloramentos estão na porção centro-norte da Bacia do Araripe, no Município de Santana do Cariri onde ocorrem exposições dos três membros da unidade.

No entanto, nenhuma seção-tipo completa da unidade encontra-se publicada, sendo utilizado como seção-tipo o intervalo de 323 a 514 metros de profundidade do poço 2-AP-1-CE (Fig. 11).

5.6.1 - Nomenclatura Estratigráfica

Os sedimentos desta unidade foram inicialmente individualizados por Small (1913) que os denominou de “Calcáreo Sant’Anna” devido a localidade-tipo situada no arredores da cidade de Santana do Cariri, porção centro-norte da Bacia do Araripe.

O primeiro a propor o desmembramento desta formação em dois membros foi Barros (1963), um inferior, englobando os calcários laminados basais, e um superior compreendendo toda a seção pelítica sobreposta aos calcários. No mesmo ano, Beurlen chamou de Formação Crato toda a porção basal constituída de calcários laminados, restringindo a denominação Formação Santana para o pacote pelítico sobreposto aos carbonatos inferiores.

Beurlen (1973) não considerou as propostas de diversos autores (Moraes et. al. 1963, Anjos 1964; Braun 1966, Santos & Valença 1968) e utilizando a denominação de Formação Santana para todo o pacote pelítico-carbonático, subdividido em três membros: Crato, Ipubi e Romualdo.

O Membro Crato, denominação baseada na localidade-tipo homônima, corresponde aos calcários laminados micríticos da porção inferior da unidade. O Membro Ipubi, assim denominado devido aos bons afloramentos na localidade de Ipubi (porção sudoeste da Bacia do Araripe) corresponde aos evaporitos sobrepostos aos calcários laminados, enquanto que aos folhelhos e margas com concreções carbonáticas foi atribuída a denominação de Membro Romualdo.

Outras denominações foram propostas para subdividir a Formação Santana. Moraes *et al.* (1976) atribuíram a denominação de “ fácies carbonatadas ” para os calcários do Membro Crato e “ fácies argilo-siltica ” e evaporítica para os sedimentos correspondentes aos membros Ipubi e Romualdo.

Lima (1978 a, 1979a) propôs o abandono das denominações dos membros Ipubi e Romualdo alegando grande variação faciológica e recorrência de fácies tornando difícil a delimitação de seus contatos.

Silva (1983, 1986 a, b) denominou de Formação Araripina os calcários do Membro Crato e Formação Santana para os sedimentos correspondentes aos membros Ipubi e Romualdo, admitindo uma descontinuidade erosiva entre as duas formações propostas.

A subdivisão interna da Formação Santana proposta por Beurlen (1971) foi contestada por Assine (1994) devido ao fato de que estas divisões terem sido “ baseadas em critérios ambientais (bioestratigráficos ou paleoecológicos) e não em bases estratigráficas ”.

Neumann (1999) elevou à categoria de formação todos os três membros definidos por Beurlen (1971) em Formação Crato, Formação Ipubi e Formação Romualdo.

Tendo em vista a falta de consenso, optou-se por utilizar neste trabalho a subdivisão proposta por Beurlen (1971) na qual subdivide-se a Formação Santana nos membros Crato, Ipubi e Romualdo, visto a consagração do uso destas definições e pelo fato de que cada um destes membros define um paleoambiente de sedimentação diferente.

5.6.2 - Idade

A Formação Santana em sua totalidade apresenta um rico e abundante conteúdo fóssilífero, com espécimes notavelmente bem preservados, sendo de grande importância para uma análise da paleogeografia, bioestratigrafia e geocronologia dos sedimentos nos quais estão contidos.

No Membro Crato da Formação Santana está preservada uma grande quantidade de fósseis incluindo registros de fauna e flora: invertebrados (ostracodes, conchostráceos, insetos, aracnídeos, bivalves e gastrópodes), vertebrados (actinoptérígios, celacantos, pterossauros, quelônios, crocodilianos, répteis, aves e anuros), insetos (com mais de 200 espécies descritas), vegetais (algas, gimnospermas e angiospermas), além de icnofósseis (coprólitos e pistas de invertebrados), estromatolitos e palinomorfos.. Peixes são muito abundantes (destacando-se o *Dastilbe elongatus*), fossilizados e preservados geralmente por processos de piritização, limonitização ou carbonização (Viana 1990).

Acima dos calcários laminados do Membro Crato está depositado o Membro Ipubí, que é constituído basicamente de evaporitos e folhelhos pirobetuminosos portadores de conchostráceos e ostracodes não-marinhos e fragmentos vegetais carbonizados. Também são observados peixes carbonizados (*Dastilbe elongatus*) e quelônios.

Alguns metros acima dos evaporitos, encontram-se folhelhos e margas calcíferas do Membro Romualdo. Este membro é rico em concreções carbonáticas fóssilíferas dispostas em meio a estes pelitos, nas quais estão contidos fósseis de 18 espécies de peixes (escamas e barbatanas articuladas), ostracodes articulados, dinoflagelados e foraminíferos. Também são verificados níveis portadores de equinodermos e moluscos, dispostos em coquinas posicionadas na porção superior da unidade.

Com base no conteúdo fóssilífero (Figs. 43 e 44) da Formação Santana é possível posicioná-la cronoestratigraficamente no Andar Alagoas (Aptiano Superior/Albiano Inferior)

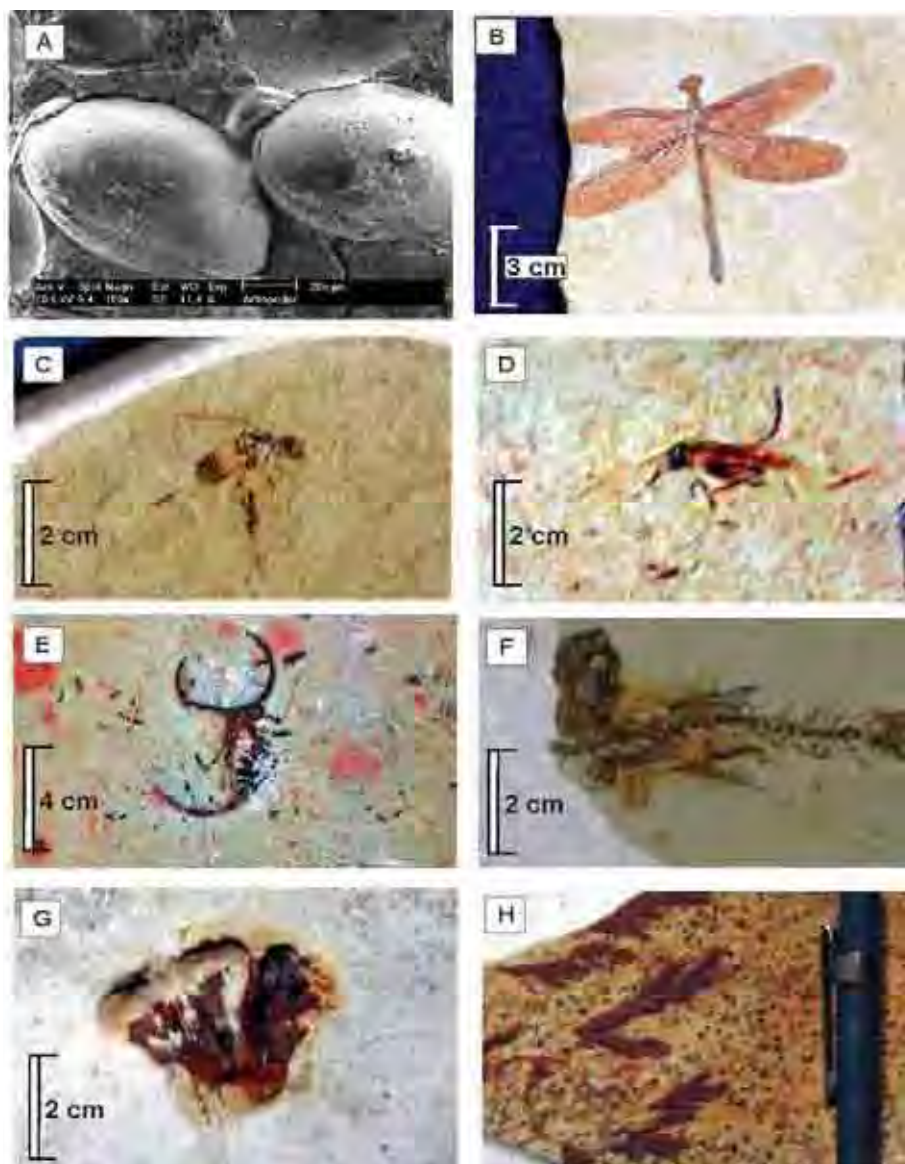


Figura 43 - Fósseis da Formação Santana. A) ostracodes contidos em concreções carbonáticas do Membro Romualdo (imagem produzida em MEV); B) libélula fóssil (Odonata); C) *Hymenoptera*; D) *Cratoelcana*; E) *Araripescorpius ligabue* do Membro. Crato ; F) *Dastilbe elongatus*; G) flor fóssil não identificada (Membro. Crato) e H) filamentos algálicos do Membro. Crato (Exemplares da fotos “B e E” são pertencentes ao Museu do DNPM- Crato).



Figura 44 - Fósseis da Formação Santana. A) *Calamopleurus* sp. do Membro Romualdo; B) Pterossauro encontrado no Membro Crato; C) gastrópodes encontrados na porção superior do Mb. Romualdo; D) imagem produzida em MEV mostrando um ostracode *Cypridea* sp.; E) *Iemanja palma*. (Exemplares “A e E” pertencentes ao acervo do Museu do DNPM- Crato e exemplar “B” pertencente ao Museu de Santana do Cariri.)

5.6.3 - Empilhamento de Fácies Sedimentares

A Formação Santana está representada por um pacote sedimentar carbonato-pelítico de grande variação faciológica lateral e vertical, expressando sua complexidade litológica. Nas seções-colunares levantadas ao longo do Vale do Cariri (Figs 31 a 35) foram levantadas as fácies sedimentares desta unidade.

Esta formação apresenta na porção basal uma camada de aproximadamente 50m de espessura denominada por Beurlen (1971) como Membro Crato. Este membro está superposto aos sedimentos da Formação Barbalha e se inicia com uma passagem gradual de folhelhos (Fl) de cores cinza, verde escura, castanho escura e preta, para calcários laminados (C) de cores variando de cinza claro a creme, finamente estratificados em lâminas paralelas horizontais (Fig. 45-A).

As fácies carbonato-pelíticas da porção basal da unidade apresentam espessuras de alguns decímetros e, em meio a estas fácies, estão intercalados níveis centimétricos a decimétricos de arenitos finos siltosos com estratificação cruzada planar (Sp) de cor cinza esbranquiçada.

Em direção aos níveis superiores da seção, calcários laminados (C) tornam-se mais freqüentes (Fig. 45-B), apresentando-se com espessuras maiores, chegando a medir 2 metros, mas ainda exibindo finos níveis de folhelhos negros esverdeados (Fl).

Bancos de arenitos finos siltosos (Sh) de espessuras decimétricas e estratificação horizontal voltam a se repetir intercalando-se com folhelhos cinza esverdeados (Fl) até culminarem com camadas de calcários laminados (C) de espessuras de até 10 metros, que exibem alguns níveis centimétricos de folhelhos verdes (Fl) (Fig. 45-C). Os calcários muitas vezes encontram-se fraturados com feições de dissolução derivadas de processos de carstificação (Fig. 45-D).

Acima dos calcários do Membro Crato estão os evaporitos do Membro Ipubi, que podem atingir espessuras de até 30m. Este membro é constituído predominantemente por evaporitos (gipsita e anidrita), mas também apresenta subordinadas camadas de folhelhos pirobetuminosos pretos.



Figura 45 - A) Folhelhos (Fl) negros da base da Formação Santana intercalados com calcários laminados; B) calcários laminados de coloração creme clara do Membro Crato; C) calcários finamente estratificados do Membro Crato e D) estruturas de carstificação produzidas por percolação de fluidos de pH baixo por entre as fraturas dos calcários laminados.

Para este membro foi levantado um perfil vertical na mina Pedra Branca, localizada no Município de Nova Olinda (Fig 46). É interessante observar que nesta área, assim como na mina de gipsita existente na localidade de Romualdo (Fig. 33, SC-3), a seção evaporítica sobreposta por uma seção de faciologia complexa, na qual estão presentes arenitos e conglomerados, que apresentam contatos basais erosivos sobre a seção dos evaporitos.

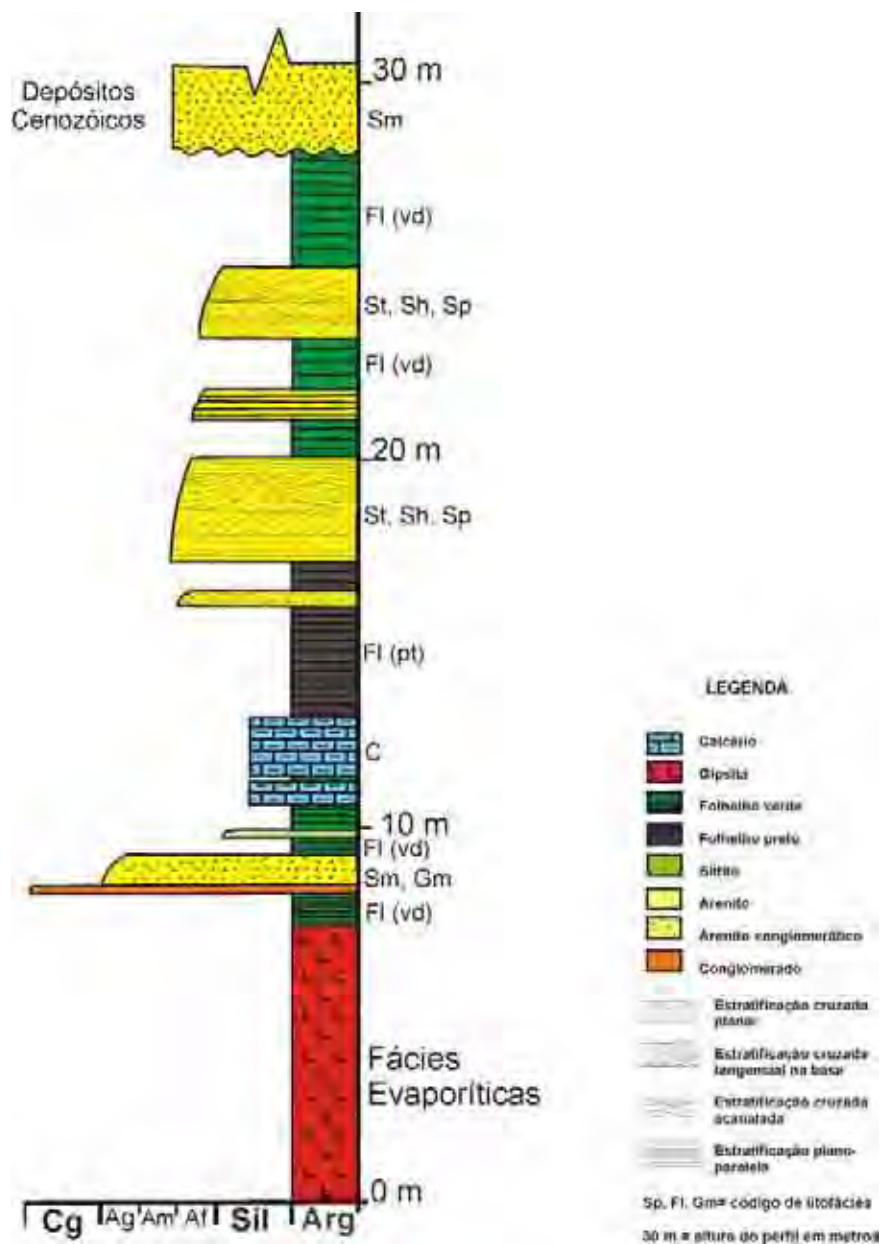


Figura 46 – Seção-colunar levantada na Mina Pedra Branca exibindo associações de fácies do Membro Ipubi e Romualdo. Município de Nova Olinda. (Ponto157)

No perfil levantado na mina Pedra Branca observa-se uma camada lenticular de evaporitos com aproximadamente 8m de espessura, apresentando gipsita laminada primária

com cristais colunares dispostos em *palisade*, e muitas vezes camadas dobradas irregularmente em forma de domos, como já observado por Assine (1990).

Também fazem parte dos sedimentos deste membro níveis de folhelhos pretos pirobetuminosos com alto teor de matéria orgânica contendo minerais de pirita de até 2cm.

Sobreposto aos evaporitos e folhelhos do Membro Ipubí, em contato brusco por meio de uma discordância erosiva regional, está o Membro Romualdo perfazendo a porção de topo da Formação Santana (Fig. 47). Este contato é marcado por arenitos grossos conglomeráticos imaturos, de coloração cinza sem estruturas sedimentares (G), contendo seixos angulosos de quartzo. Estes conglomerados podem ser evidência do início de uma nova sequência deposicional em discordância erosiva.

A camada de arenitos conglomeráticos tem espessura de 1 a 2m e é sobreposta por folhelhos verdes até alcançarem uma camada de calcários (C) laminados de 2,5m de espessura, com coloração creme esbranquiçada e intercalação de delgadas camadas folhelhos (centímetros). Os calcários, por sua vez, são sobrepostos por folhelhos negros (Fl) expostos em uma camada de 3m de espessura, onde também são encontradas piritas de até 1cm.

Acima das camadas de folhelhos pirobetuminosos é observada uma camada de arenito branco com 2,5m de espessura, granulometria média a grossa, exibindo estratificações cruzadas acanaladas (St) dispostas em *sets* deposicionais decimétricos, apresentando folhelhos (Fl) nos *foresets*.

Em direção ao topo da seção voltam a se apresentar níveis de folhelhos verde escuros (Fl) intercalados com os arenitos brancos com estratificações cruzadas planares (Sp), cruzadas cuneiformes acanaladas (St). Em meio a estes folhelhos estão posicionadas concentrações fossilíferas coquinóides, representadas por tempestitos proximais, tempestitos distais e resíduos transgressivos (Sales 2005). Estes depósitos fossilíferos são descontínuos e constituídos de *packstones* e *wackstones*, onde as concentrações são predominantemente politípicas contendo conchas univalves (gastrópodes), bivalves, ostracodes e equinóides. Estes bioclastos estão distribuídos caoticamente, em pacotes de espessuras variando de centimétrica a decimétricas, mas com característico padrão de gradação normal (Fig. 48).

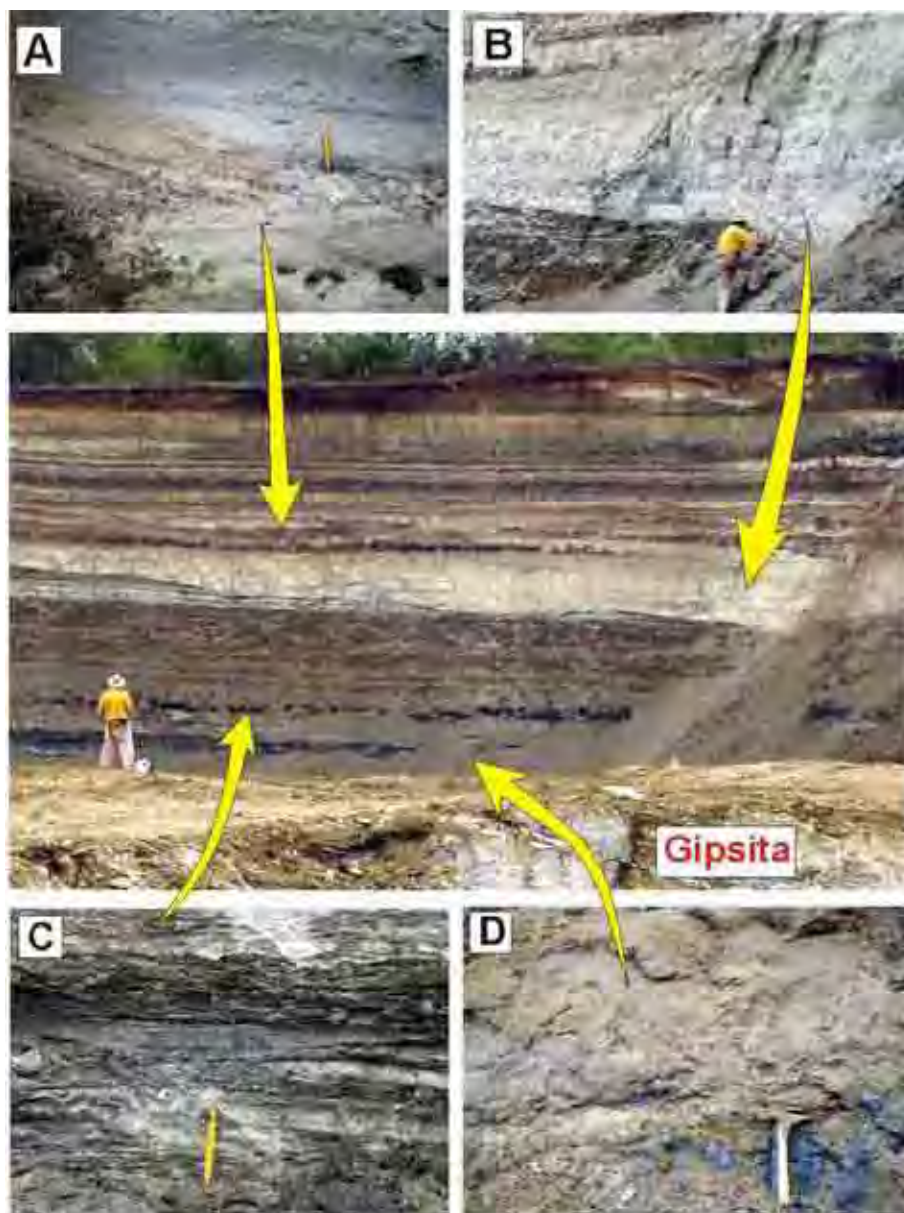


Figura 47 - Fácies sedimentares observadas no perfil da Mina Pedra Branca: A) arenitos finos de coloração esbranquiçada, estratificação cruzada tangencial na base e bolas de pelitos escuros em meio às camadas frontais dos estratos cruzados; B) arenitos brancos com estratificação cruzadas; C) folhelhos negros pirobetuminosos contendo alto teor de matéria orgânica, pirita e ostracodes; e D) arenitos conglomeráticos imaturos da base do Membro Romualdo.

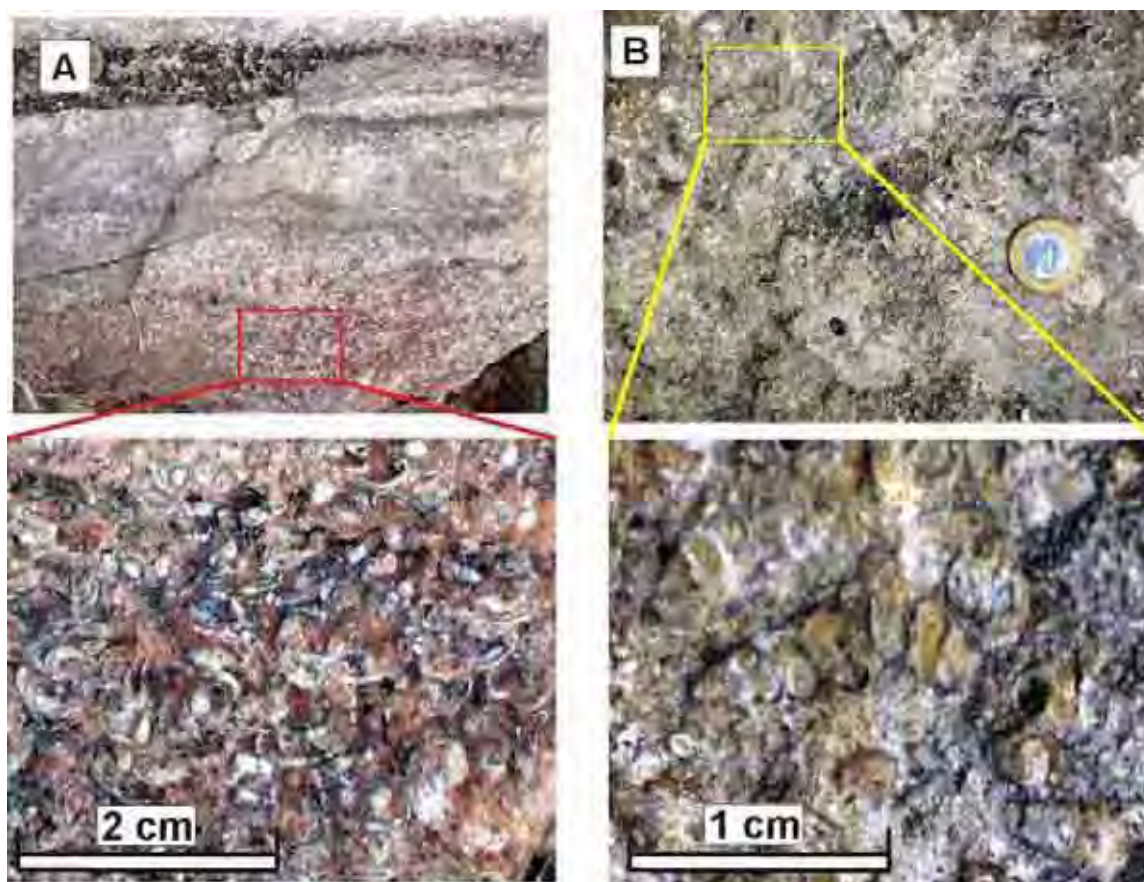


Figura 48 – Coquinas da parte superior do Membro Romualdo: A) níveis centimétricos de bioclastos empilhados, representados principalmente por conchas de gastrópodes e bivalves, como pode ser visto no detalhe da figura e B) concentração de moluscos fósseis, predominando gastrópodes turritelídeos indicativos de ambiente de sedimentação marinha.

A figura 49 exhibe a seção colunar correspondente à Formação Santana, levantada na localidade de Sítio Romualdo, oeste do Crato, onde estão representados todos os membros da unidade.

As coquinas ocorrem na parte superior da Formação Santana, que é encerrada por intercalações de folhelhos e camadas de arenitos médios brancos, que apresentam estratificação cruzada acanalada (St) e cruzada planar (St). O contato com a Formação Exu não pôde ser observado nesta seção uma vez que está encoberto.

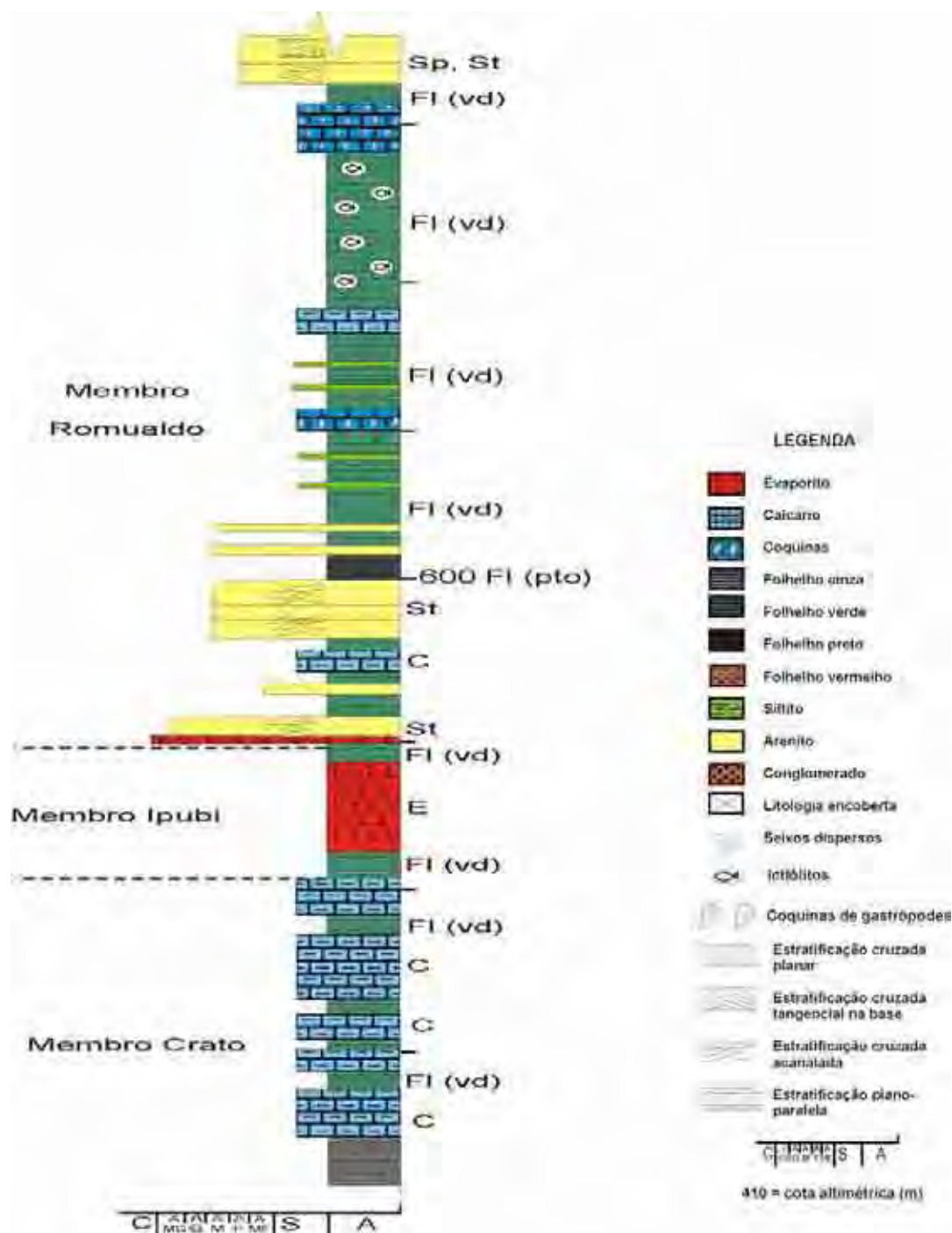


Figura 49 - Seção estratigráfica da Formação Santana levantada no Sítio Romualdo (retirada da figura 38), exibindo todo o empilhamento estratigráfico da unidade.

5.6.4 – Ambiente de Sedimentação

A Formação Santana é alvo de uma grande complexidade litológica e variação faciológica vertical, como pode ser observado nas seções-colunares das figuras 31 a 35. Exemplo disso é a razão da subdivisão desta unidade em membros, os quais particularmente indicam ambientes distintos refletidos na paleontologia e nas associações faciológicas da formação.

O Membro Crato, posicionado na porção basal da unidade, está representado por calcários laminados finamente estratificados, exibindo localmente suaves ondulações com truncamentos por ondas. Estas feições indicam um ambiente deposicional lacustre carbonático, característico de águas calmas com eventos de alta energia episódicos. Representa a ampliação dos sistemas lacustres da Formação Barbalha, ambientes de baixa energia e influxo terrígeno paulatinamente decrescente.

Esta afirmativa é reforçada pelo seu abundante e variado conteúdo paleontológico, explanado no item 5.6.2, onde são descritos exemplares de ambiente lacustre, interpretação devidamente confirmada pela presença de *Botryococcus* e de *Estheria* (Pons *et. al.*, 1990).

Acima do Membro Crato estão depositados os folhelhos e evaporitos do Membro Ipubi, dispostos em lentes descontínuas. Estes sedimentos são interpretados como depósitos de bacias lagunares restritas, evaporíticas, onde ocorriam alimentações periódicas por águas marinhas sujeitas à intensa evaporação o que propiciava a concentração de sais.

Os folhelhos negros betuminosos entremeados aos níveis de gipsita e anidrita apresentam teores elevados de matéria orgânica, podendo alcançar taxas variando de 22 a 25% de COT (carbono orgânico total), o que evidencia um ambiente de deposição anóxico. Estes folhelhos betuminosos são portadores de dinoflagelados comprovando a ocorrência de águas marinhas (PONTE, 1992).

No Albiano ocorreu um pulso transgressivo que causou a interrupção dos evaporitos do Membro Ipubi, diluindo as salmouras hipersalinas e provocando a sedimentação dos folhelhos, carbonatos e margas do Membro Romualdo sobre os evaporitos.

Este pulso transgressivo é marcado pelos arenitos conglomeráticos posicionados na base do Membro Romualdo, interpretados aqui como o início de uma sequência

deposicional por sobre uma discordância erosiva, como mencionado anteriormente e representados no perfil levantado da Mina Pedra Branca (Fig. 46).

O Membro Romualdo é composto por associação de litofácies carbonato-pelíticas, características de ambiente lagunar transicionando para ambientes marinhos rasos de águas muito calmas, evidenciado pela preservação de peixes marinhos nas concreções carbonáticas. Os fósseis terrestres, aéreos e de água doce são indicativos de que estes corpos de águas salgadas situavam-se em condições próximas da costa.

Por sobre este nível pelítico foram verificados sedimentos terrígenos representados por arenitos de coloração branca, granulometria média a grossa contendo seixos polimíticos de quartzo, feldspato e bolas de folhelhos negros dispostos em meio às estratificações cruzadas cuneiformes acanaladas (St), aos quais foi atribuída a denominação de “Formação Arajara” por Ponte e Appi (1990). No entanto, assume-se na presente dissertação que estas fácies arenosas esbranquiçadas de coloração esbranquiçada representam apenas recorrência de fácies sedimentares pertencentes ao Membro Romualdo. Estes canais evidenciados pelas estruturas cruzadas acanaladas são evidência de entrada de sedimentos, possivelmente através de sistemas costeiros (Fig. 50).

No topo do Membro Romualdo estão posicionados fósseis marinhos, como moluscos, dinoflagelados, foraminíferos e principalmente equinóides, acumulados em concentrações fossilíferas interpretadas como depósitos com gênese relacionada a tempestites proximais e distais, concentrações autóctones e resíduos transgressivos (Sales 2005), confirmando inquestionavelmente uma incursão marinha na Bacia do Araripe.

Della Fávera (1987) considera também que eventos de sedimentação episódica de alta energia (tempestades) teriam sido a causa da mortandade em massa dos peixes contidos nas concreções calcárias, devido ao revolvimento dos sedimentos orgânicos lamosos do fundo, provocando envenenamento ambiental. No entanto, as concreções ocorrem num intervalo de cerca de 4,0m de folhelhos posicionados alguns metros abaixo do nível das coquinas, e estão dispersas no folhelho, evidenciando que o processo não envolveu necessariamente eventos episódicos de mortandade em massa. Além disso, não há evidências de estruturas produzidas por ondas no intervalo das concreções, ou abaixo dele.

Uma interessante reconstrução paleoambiental da Formação Santana foi apresentada por Santos (1982), que distinguiu ambientes de sedimentação de lagunas, baixios intermaré, canais de maré e planícies de supramaré.

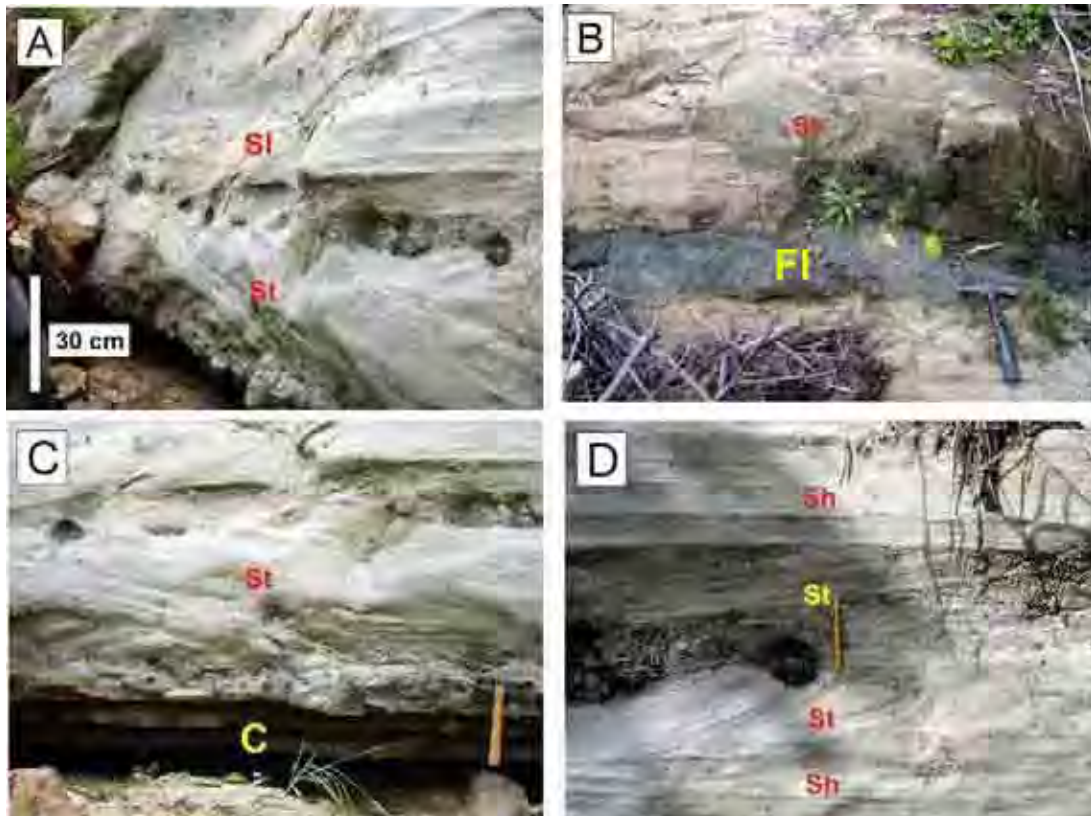


Figura 50 - Arenitos brancos intercalados nos folhelhos do Membro Romualdo. A) arenitos com estratificações cruzadas tangenciais na base (Sp) e cruzadas de baixo ângulo; B) folhelhos escuros (Fl) entremeados a arenitos com estratificações cruzadas acanaladas; C) calcários de coloração creme (C) na base dos arenitos brancos com estratos acanalados (St); e D) estratos horizontais (Sh) sobrepondo estratos com estratificação cruzada planar contendo bolas de argila preta em meio ao *set* deposicional dos arenitos brancos.

5.6.5 - Paleocorrentes

No Membro Romualdo ocorrem arenitos de coloração esbranquiçada exibindo estratificações cruzadas, nos quais foram realizadas algumas medidas de paleocorrentes, sendo encontrado vetor médio para o azimute 198°.

Em relação à Formação Barbalha, que está imediatamente sotoposta e com média de fluxo para o azimute 143°, a Formação Santana apresenta uma tendência maior ao *trend* sul, em direção à Bacia de Tucano, não destoando muito do padrão encontrado para a unidade sin-rifte (Formação Abaiara).

A figura 51 mostra os diagramas de rosetas elaborados com base nos dados de paleocorrentes tomadas nas 3 estações, num total de 156 medidas para as camadas de arenitos com estratificações cruzadas.

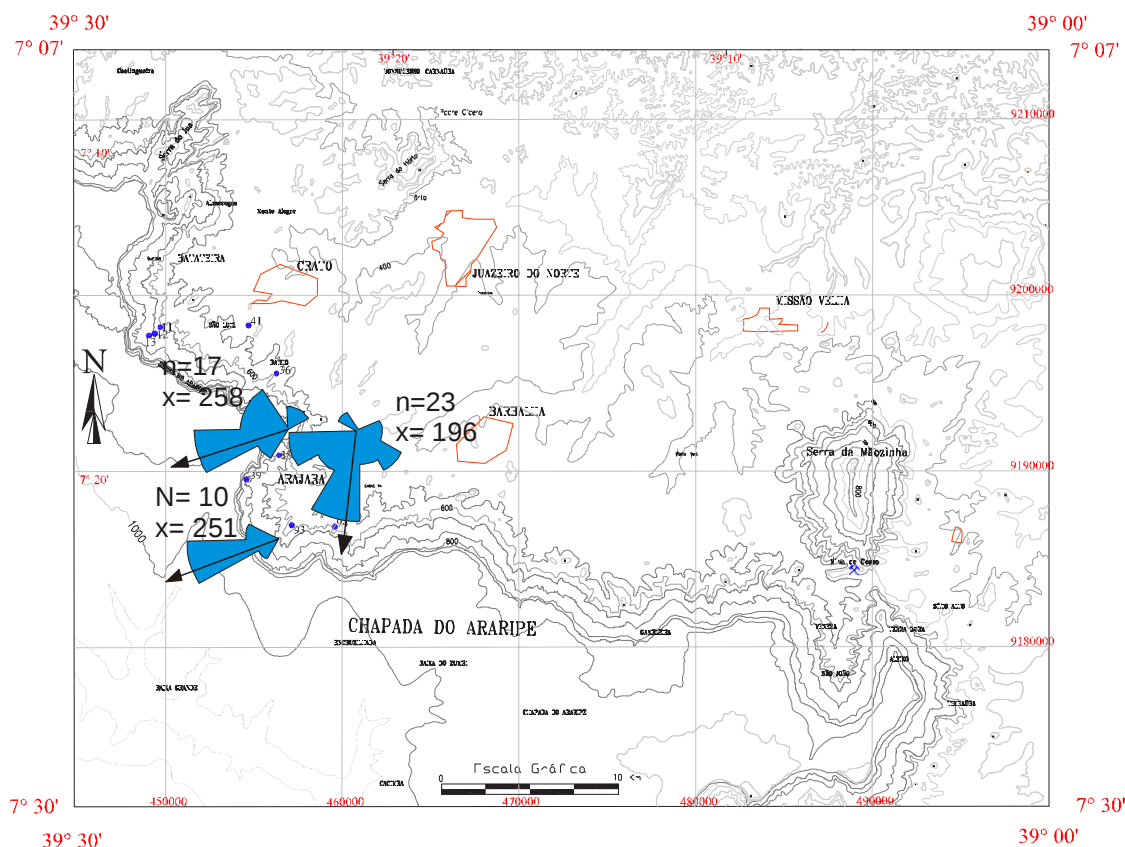


Figura 51 - Mapa de paleocorrentes da Formação Santana no vale do Cariri.

5.7 - FORMAÇÃO EXU

Sobrepostos aos sedimentos da Formação Santana, em contato discordante, ocorrem os arenitos da Formação Exu. Esta unidade perfaz o topo da Bacia do Araripe, aflorando em toda a zona da chapada, modelando o relevo e formando grandes escarpas (Fig. 52). Sua espessura é da ordem de 250m. No perfil estratigráfico do poço 2-AP-1-CE (Fig. 11) esta unidade foi perfurada até 238m de profundidade a partir da superfície.



Figura 52 – Escarpas da Formação Exu na localidade de Arajara (ponto 39).

5.7.1 - Nomenclatura Estratigráfica

Em 1913, Small denominou o pacote superior da bacia de “Arenito Superior”, considerando uma espessura total de 300 metros. Beurlen (1962, 1963) utilizou a denominação “Formação Exu” para estes arenitos. Barros (1963) preferiu utilizar a denominação “Formação Arajara” os arenitos do topo da bacia Estes autores foram contestados por Anjos (1964) que considerou inadequadas as duas denominações por não estarem referidas à localidades-tipo para a unidade.

Silva Santos & Valença (1968) atribuíram a denominação “Formação Feira Nova”, tendo em vista poder esta localidade ser considerada localidade-tipo para a unidade. O nome não foi posteriormente utilizado e Beurlen (1971) continuou a usar a denominação Formação Exu, por ele anteriormente proposta.

Beurlen (1971) desmembraram a Formação Exu de Beurlen (1962) em dois pacotes, sendo a porção inferior da unidade denominada de Formação Exu Inferior e a porção superior de Exu Superior.

Na presente dissertação opta-se pela denominação proposta por Beurlen (1972) de Formação Exu para todo o pacote arenítico da porção superior da Bacia do Araripe, sobreposto as fácies carbonato-pelíticas ricas em fósseis marinhos do Membro Romualdo da Formação Santana, tendo em vista que o membro inferior da Formação Exu não ocorre nas áreas estudadas.

5.7.2 Idade

De acordo com a literatura, até os dias atuais não foram encontrados fósseis na Formação Exu, sendo assim considerada estéril. No entanto foram verificadas algumas evidências da presença destes, como estruturas formadas por bioturbação nos arenitos da unidade (Fig. 53).

Essas escavações (*burrows*) possivelmente foram construídas por organismos invertebrados, que pelo fato de possuírem o corpo mole, não tiveram suas partes conservadas. Nos sedimentos arenosos da unidade, estas estruturas apresentam conexões múltiplas e diâmetro de até 1 centímetro.

A não conservação destes organismos dificulta sobremaneira a atribuição de uma idade relativa. De qualquer maneira, considera-se necessário um estudo paleoicnológico detalhado para melhor caracterizar as ocorrências. Desta forma recorre-se às correlações litológicas da formação em questão com outras unidades que apresentem os mesmos aspectos faciográficos e geométricos.

Com base na posição estratigráfica da Formação Exu, (Ponte & Appi, 1990) atribuíram idade neo-albiana a eo-cenomaniana para a unidade, reforçada por correlações lito-cronoestratigráficas com a Formação Açu da Bacia do Potiguar.

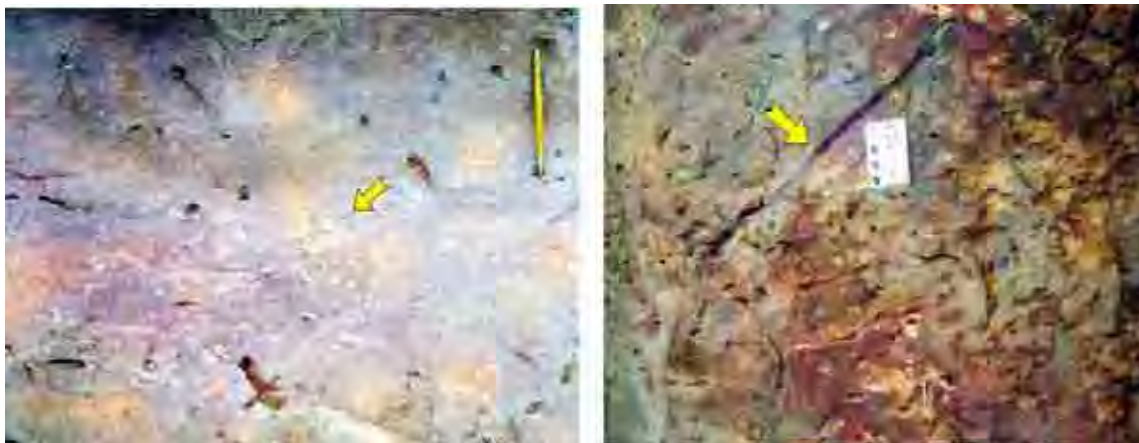


Figura 53 - Estruturas formadas por bioturbação nos arenitos da porção superior da Formação Exu (icnofósseis), onde são observadas perfurações e construídas por organismos invertebrados indicadas pelas setas.

5.7.3 – Empilhamento de Fácies Sedimentares

A Formação Exu apresenta uma associação de fácies sedimentares composta essencialmente por arenitos de coloração vermelha alaranjada, de granulometria média à grossa. Os arenitos são comumente friáveis, por vezes contendo clastos angulosos com até 3,5cm, dispostos aleatoriamente em meio aos estratos sedimentares ou até compondo níveis posicionados nos limites dos sets deposicionais. No topo da chapada, arenitos encontram-se muitas vezes silicificados e/ou cimentados por óxidos de ferro, resultado de eventos pedogenéticos muito posteriores (Fig. 54).

Para esta unidade foi levantada uma seção estratigráfica vertical na localidade de Santana do Cariri, mais precisamente no “Pontal de Santa Cruz”, onde está aflora uma seção representativa da formação (Fig. 56).

Na base da unidade é comum a presença de níveis conglomeráticos (G) de espessuras centimétricas, limitando os sets deposicionais dos arenitos. Estes arenitos exibem estratificações cruzadas planares (Sp) e estratificações horizontais, estando dispostos em sets de espessura variando de centimétricas a métricas e apresentando

granulometria média a grossa. Para o topo verificam-se camadas de arenitos sem estruturas sedimentares evidentes, contendo apenas incipientemente algumas leves estruturas horizontais. Estes bancos de arenitos homogêneos exibem seixos de quartzo, com dimensões que podem alcançar 6 centímetros de diâmetro, dispersos aleatoriamente em meio aos pacotes,.

Na porção intermediária da unidade, a granulometria é variável entre fina e média, apresentando estratificações cruzadas planares (Sp), cruzadas acanaladas (St) e estratos horizontais (Sh). Estas fácies são intercaladas por fácies areníticas sem estruturas sedimentares, ainda contendo seixos de quartzo dispersos aleatoriamente pelos *sets* deposicionais, neste setor foram medidas várias direções de paleocorrentes.

Na porção superior da unidade comparecem novamente níveis de conglomerados, destacando-se também a presença de icnofósseis nos arenitos (item 5.7.2).

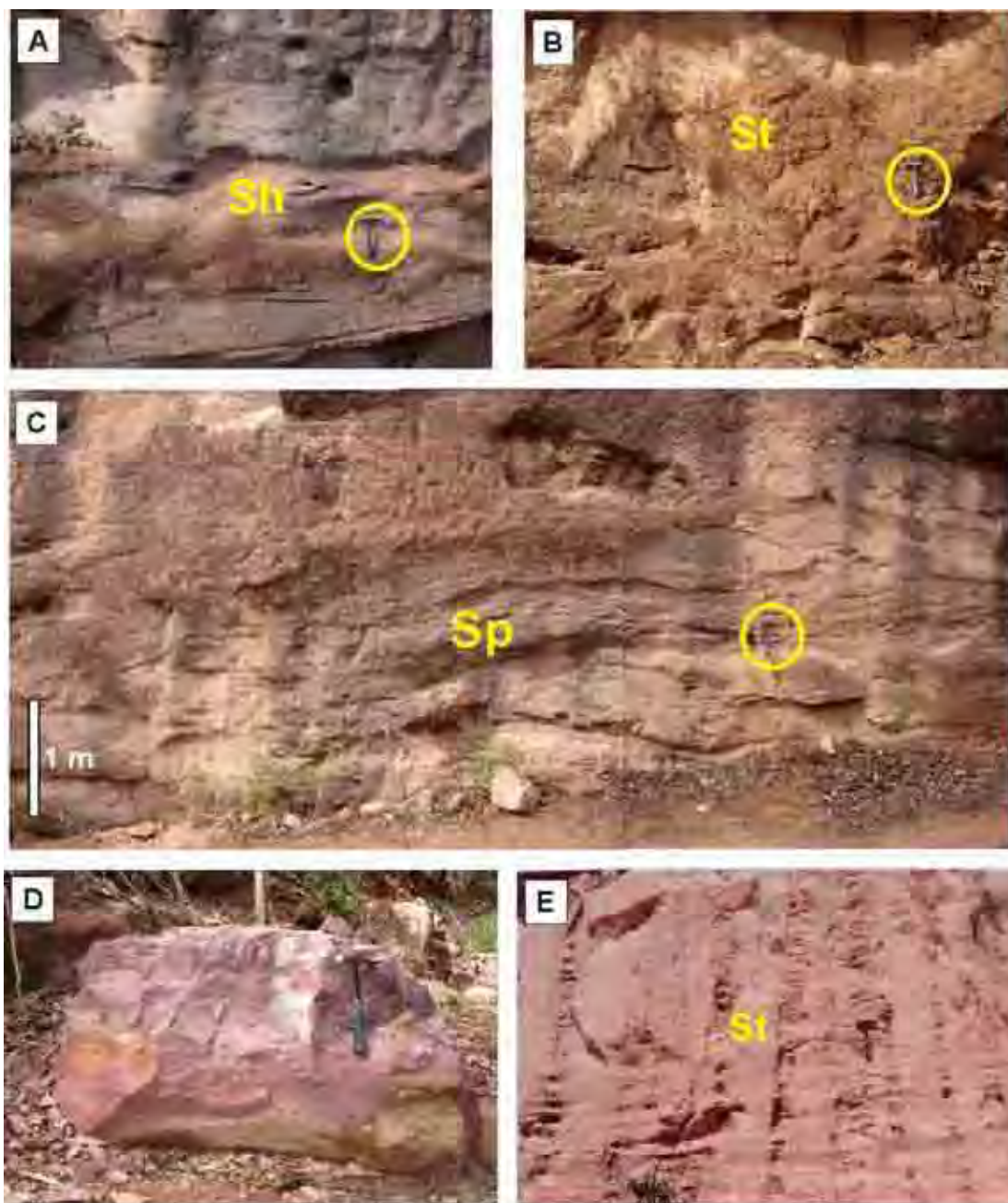


Figura 54 - Fácies sedimentares da Formação Exu: A) arenito com estratificação horizontal (Sh), contendo seixos de quartzo dispersos em meio às estruturas sedimentares; B) arenito de granulometria média contendo estratificação cruzada acanalada (St); C) pacote arenítico com estratificações cruzadas planares (Sp); D) bloco de arenito cimentado por sílica e óxido de ferro na Formação Exu no topo da Chapada; e E) arenitos com estratificações cruzadas acanaladas de médio porte (St).

5.7.4 - Ambientes de Sedimentação

A interpretação de ambiente fluvial entrelaçado, para a Formação Exu na parte leste da Chapada do Araripe, é praticamente consenso entre os diversos autores. Tal interpretação é corroborada neste trabalho, no qual foram constatados unicamente arenitos e conglomerados com estruturas sedimentares compostas basicamente por estratificações cruzadas planares, cruzadas acanaladas e estratos horizontais.

5.7.5 - Paleocorrentes

Na área estudada esta formação só se apresenta nas escarpas da Chapada do Araripe, que são áreas de difícil acesso, ou em afloramentos oriundos da queda de grandes blocos na borda da chapada, obviamente rotacionados pelo processo de escorregamento, o que torna inviável uma análise de paleocorrentes nestes afloramentos. Devido a isso, foram realizadas medidas em um número bastante reduzido de estações (total de 2 estações), o que não permitiu a análise de paleocorrentes. Destaca-se, de todo modo, que as duas estações analisadas mostraram resposta concordante com as paleocorrentes para WSW (Fig. 55), obtidas Assine (1994).

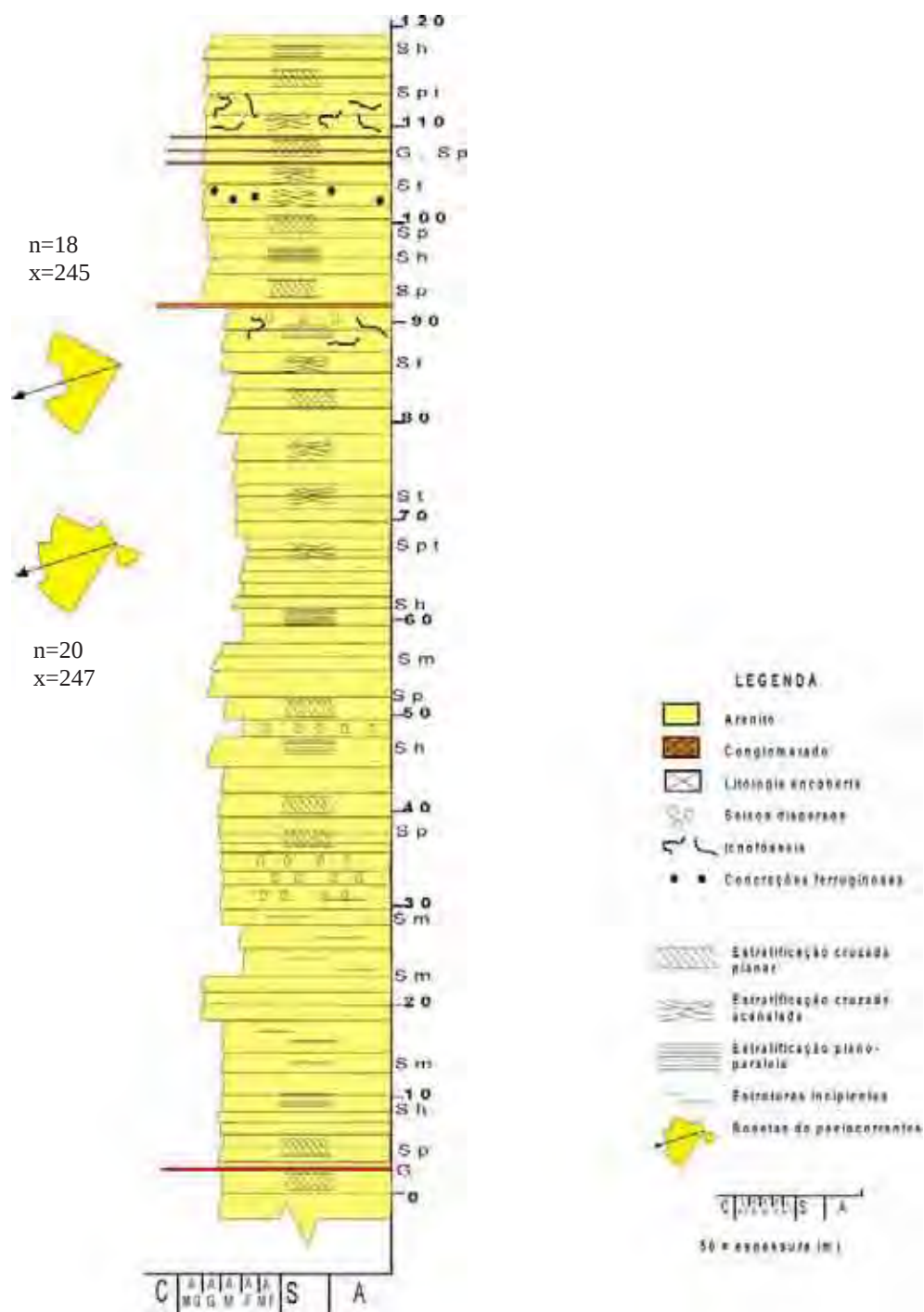


Figura 55 – Seção-colunar da Formação Exu, levantada no “Pontal de Santa Cruz”, Município de Santana do Cariri.

5.8 – DEPÓSITOS CENOZÓICOS

Nas regiões próximas ao sopé da Chapada do Araripe foram observados sedimentos com texturas semelhantes aos arenitos da Formação Exu, os quais são atribuídos freqüentemente a esta unidade. No entanto, foi constatado que estes depósitos não pertencem à Formação Exu.

Os sedimentos em questão constituem depósitos mas recentes, de idade cenozóica. Estes sedimentos são imaturos e inconsolidados. A maior parte é constituída por depósitos arenosos com bolas de argila de variadas dimensões e matações de arenitos silicificados da Formação Exu.

Apresentam coloração variável entre o laranja, amarelo e por vezes vermelho, provavelmente produzida por percolação de fluidos e ação de processos diagenéticos e intempéricos (laterização/plintificação) (Fig. 56).

Estes sedimentos são interpretados como depósitos de leques aluviais (Terciário ?) formados por fluxo de detritos oriundos das porções superiores da chapada (Formação Exu), em sistema de transporte e deposição com pouca água envolvida.

A presença destes depósitos de detritos polimíticos, contendo clastos variando em tamanho de seixos a blocos, caracteriza um ambiente de leque aluvial proximal de clima semi-árido. Este tipo de depósito é desenvolvido em locais de grande declividade, como é o caso das regiões de borda da chapada do Araripe, com abundante suprimento de detritos, requerendo descargas muito fortes para seu início, condições essas mais típicas de climas árido e semi-áridos.

Devido a este tipo de clima, caracterizado por longos períodos secos, a desagregação mecânica produz detritos em abundância, os quais são remobilizados durante as chuvas torrenciais que ocorrem de forma esporádica.

Nas porções distais a intermediárias destes sistemas, predominam depósitos originados por corridas-de-lama, compostos principalmente por lamitos arenosos, em ciclos granodecrescentes.

As correntes retributam os sedimentos dos fluxos gravitacionais, produzindo arenitos com estratificação cruzada e conglomerados com imbricação (Fig. 57).



Figura 56 – Sedimentos Recentes (Terciário ?): A) e B) Arenitos com blocos de argila incorporados e sem estruturas sedimentares definidas (ponto 71); B) arenito maciço de coloração vermelha, sem estruturas sedimentares, com fraturas indicativas de atividade tectônica (ponto 70).

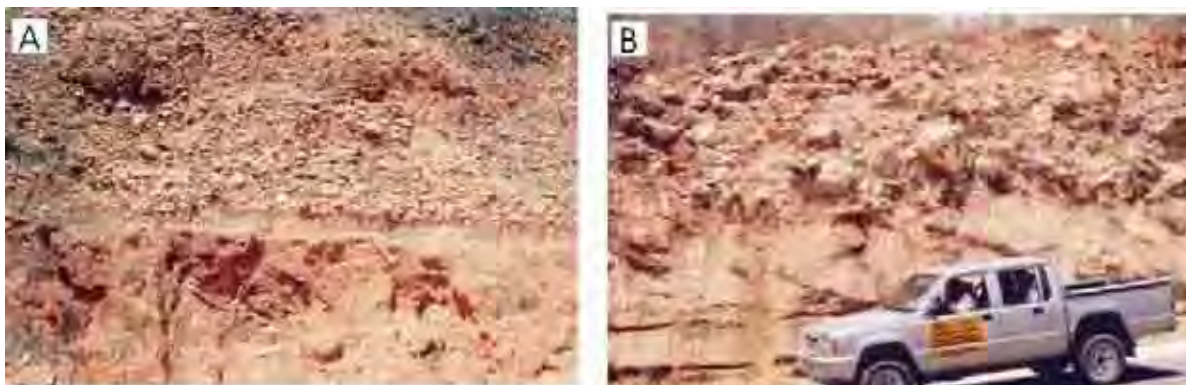


Figura 57 – Depósitos produzidos por correntes (fluvial). A) seixos e blocos imbricados depositados sobre camada de arenito terciário (?) e B) depósitos de fluxo de detritos contendo blocos e matacões de arenitos silicificados desagregados da Formação Exu, porção proximal do leque aluvial. (Município de Barbalha, CE).

CAPÍTULO 6- DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que a pesquisa permitiu a caracterização de alguns dos processos geológicos que atuaram durante a sedimentação da Bacia do Araripe, possibilitando assim a reavaliação estratigráfica de suas unidades e permitindo a lançamento de algumas propostas para revisão acerca das mesmas.

É adotada neste trabalho a denominação “Formação Cariri” para os arenitos basais da bacia considerando-se o seu uso prioritário. Estratigraficamente não apresenta relação genética com a Bacia do Araripe, sendo esta unidade correlacionada com a Formação Ipu, pertencente ao Grupo Serra Grande da Bacia do Parnaíba.

Esta comparação se dá mediante a semelhança litológica entre estas duas unidades, reforçada pelo padrão de paleocorrentes verificado para a Formação Cariri, o qual exhibe fluxo deposicional seguindo para NNW, em direção à Bacia do Parnaíba.

Acima da Formação Cariri inicia-se uma seqüência de sedimentos depositados em sistema lacustre representado pelos pelitos vermelhos da Formação Brejo Santo, sobrepostos gradacionalmente pelos arenitos da Formação Missão Velha.

A partir das informações obtidas com o levantamento da seção estratigráfica vertical de referência (ver item 5.3.3) é possível afirmar que o ambiente deposicional da Formação Missão Velha é de origem fluvial, mas exibindo fácies de sedimentação lacustre.

Paleontologicamente esta unidade não tem relação com a Formação Cariri, descartando-se aqui a idéia de um reposicionamento estratigráfico. A análise de paleocorrentes desta formação indicou direção de fluxo médio para 230° Azimutes, afastamento também qualquer relação genética com a Formação Cariri.

A Formação Abaiara caracteriza-se por grande variação faciológica vertical, conforme observado na seção estratigráfica vertical de referência levantada para a unidade, através da qual foi possível concluir que tratos de sistema lacustres, comprovados pela grande quantidade de ostracodes, foram dominados por sistemas fluviais em períodos de inundação.

Outra afirmativa pertinente é que os troncos fósseis silicificados são oriundos do retrabalhamento dos pacotes sedimentares da Formação Missão Velha, baseado na maior

fragmentação destes clastos bem como pela maneira em que estão dispostos nos *sets* deposicionais.

A Formação Barbalha marca o retorno dos ciclos deposicionais de relativo equilíbrio faciológico na Bacia do Araripe, conforme demonstrado nas seções estratigráficas de referência levantadas ao longo do Vale do Cariri.

Estas seções revelam que as fácies apresentam grande continuidade lateral, sendo utilizado como *Datum* estratigráfico as “Camadas Batateira”.

As Camadas Batateira mostram-se com marcante restrição a um nível característico e com ampla distribuição horizontal, detectada em todas as seções levantadas para a Formação Barbalha, marcando o registro de um evento climático e tectônico de grande magnitude regional.

Pode-se afirmar que o ambiente de sedimentação deste nível era de baixa energia (lacustre). A mineralização de sulfetos presente nestas camadas é de origem singenética, resultado da ação de bactérias anaeróbicas geradoras de sulfetos, condizente com a ausência de fatores externos, tais como condutores tectônicos e pelo seu confinamento entre camadas de baixo gradiente de permeabilidade. Deve-se atentar para teores consideráveis de betume matéria carbonosa.

A Formação Santana juntamente com a Formação Barbalha representam um ciclo transgressivo-regressivo na Bacia do Araripe, onde a ingressão marinha teria ocorrido de sul para norte, visto que ingressões se dão através dos vales fluviais, no sentido contrário ao observado na análise das paleocorrentes.

Os calcários laminados do Membro Crato não se mostram como camadas de grande continuidade lateral, nem tampouco apresenta números definidos de recorrências verticais, conforme observado nas seções estratigráficas levantadas para a formação.

Desta forma o desaconselha-se a interpretação de um “grande lago” que cobria toda da região da bacia, mas sim a idéia de vários lagos, de dimensões de profundidade e superfícies oscilatórias em toda a região da bacia.

Através das seções verticais levantadas pode-se concluir que camadas de arenitos brancos, bem estratificados são freqüentes na porção superior do Membro Romualdo, sendo interpretadas aqui como recorrência de fácies ainda da Formação Santana, descartando a atribuição da denominação “Formação Arajara” para estes pacotes.

Os arenitos da Formação Exu são interpretados como indicadores do retorno às condições de sedimentação exclusivamente continental na Bacia do Araripe, mais precisamente de ambiente de fluvial de rios entrelaçados passando a meandranes, conforme observado pela análise de fácies nos afloramentos e na seção estratigráfica levantada para a unidade.

Vale salientar o registro de escavações e marcas de rastejamento de origem biogênica verificadas nestes arenitos, mas que ainda necessita de estudos mais detalhados.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque P. R. F., Sales A. M. F. & Andrade J. A. F. G. 2000. Trace fossils in the Cariri Formation, Araripe Plateau, Ceará, NE, Brasil. *In* International Geological Congress, 31. Abstracts...Rio de Janeiro, Brazil.
- Almeida F. F. M. de 1967. Origem e evolução da plataforma brasileira. DGM / DNPM, Boletim 236. Rio de Janeiro, p. 1-36.
- Anjos N. da F. R. dos 1963. Novos elementos sobre hidrogeologia do Alto Jaguaribe. Ceará. Recife, SUDENE-Serie *Hidrogeologia*, Nº 1.. 19p.
- Anjos N. F. R. 1964. Mise em Valeur du Bassin du Jaguaribe. Ver. Conv. ASMIC/SUDENE, 180p.
- Appi C. J., Hashimoto A. T., Freitas E. L. 1986. Fácies sedimentares e sequências deposicionais no neo-Alagoas da Chapada do Araripe. *In*: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 3. . Goiânia, 1986. Boletim de Resumos ... Goiânia, 47p.
- Arai M., Coimbra J. C. 1990. Analise paleocologia do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana. *In*. Seminário Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1. Crato, 1990. DNPM, Atas..., p 225-239.
- Arai M., Coimbra J. C. , Silva-Telles Jr. A. C. 1997. Síntese bioestratigráfica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). *In*. Seminário Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 2. Crato, 1997. DNPM, Atas... 21p.
- Asmus H. E. 1984. Geologia da margem continental brasileira. *In*: Schobenhau C., Campos D. A., Derze G. R., Asmus H.E. (coords.). Geologia do Brasil. Texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil e área oceânica adjacente. Incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília, MME/DNPM, p 443-472.
- Assine M. L. 1990. *Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. Rio Claro , SP. Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP. 124 p.
- Assine M. L. 1992 a. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. 22 (3) p 298 – 300.
- Assine M. L. 1992 b. Paleocorrentes na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *In*: 2º *Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras*. Rio Claro, 1992. *Resumos Expandidos...* Rio Claro, UNESP/IGCE, p. 59–60.
- Assine M. L. 1994. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 24(4): p 223-232.
- Berthou P-Y., Viana M. S. S., Campos. D. de A. 1990. Coupe de la formation Santana dans le secteur de “Pedra Branca” (Santana do Cariri) (Bassin d’Araripe, NE du Brésil). Contribution a l’étude de la sédimentologie et des paleoenvironments. *In*: Seminário Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1. Crato, 1990. Atas... Crato, DNPM. p 225-239.

- Beurlen K. 1971. As Condições Ecológicas e Faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). *An. Acad. Bras. Ciênc.*, v. 43. Suplemento, p. 411-415.
- Beurlen K. 1971. A Paleontologia na Geologia do Cretáceo no Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.*, , 43, DNPM, RJ. p. 89- 101.
- Beurlen K. 1963. Geologia e Estratigrafia da Chapada do Araripe. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 17, Recife, *Anais*. Recife, SBG/SUDENE, suplemento 47 p.
- Beurlen K. A 1962. Geologia da Chapada do Araripe. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, v. 34, nº 3, p. 365-370.
- 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, DNPM/DGM, (Bol. 236), 75p.
- Brito I. M. 1990. Breve Histórico Sobre a Estratigrafia da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: 1º Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste. Crato, *Atas*, DNPM/PICG/CPGA/SBP-NF, p. 01 - 18.
- Brito-Neves B. B. 1990. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: 1º Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste. Crato, *Atas*, DNPM/PICG/CPGA/SBP-NF, p. 21 - 33.
- Bueno G. V. 1996. Serra do Tonã: um elo estratigráfico entre as bacias do Tucano Norte (BA) e Araripe (CE), Nordeste do Brasil. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 4., 1996..Rio Claro, UNESP/IGCE, *Boletim..* p 143-146.
- Caldasso A. L. S. 1967. Geologia da Quadrícula 094 - E - Folha de Crato. Recife. SUDENE. (*Série Geologia Regional nº 4*). 35p.
- Campos M. de, Braga A. de P. G., Souza E. M. de; Silva, F.A. F. da , França J. B. de 1976. *Projeto Rio Jaguaribe: Relatório Final*. Recife, DNPM/CPRM.
- Caputo M. V., Lima E. C. 1984. Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande - Bacia do Parnaíba. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, SBG, v. 2, p. 740-753.
- Carvalho I. S., Viana M.S.S., Lima Filho, M. F. 1995. Os icnofósseis de dinossauros da bacia do Araripe (Cretáceo Inferior, Ceará – Brasil). *A. Acad. Bras. Ci.* , 67(4): p 433-442.
- Carvalho I. de S. & Viana M. S. S. 1992. Os conchostráceos da Bacia do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.* 65(2): p181-188.
- Cavalcanti V. M. M., Viana M. S. M. 1990. Faciologia dos sedimentos não lacustres da Formação Santana (Cretáceo Inferior do da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil). In: Seminário Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1. Crato, 1990. *Atas...* Crato, DNPM. p. 193-207.
- Chagas D.B. 2003. Geologia e Estratigrafia da Porção Centro-Norte da Bacia do Araripe, Folha Santana do Cariri, CE. Relatório de Graduação. UFC, CC, DEGEO, 155p.

- Coimbra J. C., Arai M., Correño A. L. 2002. Biostratigraphy of lower cretaceous microfossils from the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Geobios* 35, p. 687-698.
- Cordani U. G., Brito-Neves B. B., Fuck R. A., Porto, R.; Thomaz Filho A., Cunha F. M. B. 1984. *Estudo Preliminar da Integração do Pré-cambriano com os Eventos Tectônicos das Bacias Sedimentares Brasileiras*. Rio de Janeiro. Petrobrás/Cenpes, (Série Ciência-Técnica-Petróleo, Serv. Explor. Petróleo nº 15). 70 p.
- Dantas e Lopes 1996. A Bacia sedimentar do Araripe. Recife. MME/DNPM/4º DR. 134 p.
- Dantas J. R. A. 1977. Texto explicativo. In BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo; Folha Jaguaribe. (SB-24), Folha Fortaleza (SA-24) Brasília, 95p.
- Della Fávera J. C. 2001. *Fundamentos de Estratigrafia Moderna*. Rio de Janeiro. EdUERJ., 264 p.
- Della Fávera J. C. 1987. Tempestades como agente de poluição ambiental e mortandade em massa no passado geológico: casos da Formação Santana (Bacia do Araripe) e Iratí (Bacia do Paraná). *Boletim de Geociências da Petrobrás*, n.1 , v.2, p. 239- 240.
- DNPM/SUDENE/ Serviço Geográfico do Exército 1982. Carta Topográfica Crato (SB-24-Y-D-III), Escala 1:100.000.
- DNPM/SUDENE/ Serviço Geográfico do Exército 1982. Carta Topográfica Santana do Cariri (SB-24-Y-D-II), Escala 1:100.000.
- Feitosa M. C. 1987. *Fácies sedimentares e modelo deposicional dos arenitos inferiores do vale do Cariri*. Dissertação de mestrado. UFPE, 73 p.
- Fisher W. L., Broun Jr., L. F. 1972. *Clastic Depositional Systems: Genetic Approach to Facies Analysis*. Austin, Univ. Texas/Bur. Econ. Geol. , 211p.
- Gasparly J. & Anjos N. da F. R. dos 1964. Estudo hidrológico de Juazeiro do Norte, Ceará. Recife, SUDENE/DRN. (*Série hidrogeologia* 3). 25p.
- Ghignone J. I., Couto E. A., Assine M. L. 1986. Estratigrafia e estrutura das bacias do Araripe, Iguatu e Rio do Peixe. In. Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia, *Anais...* Goiânia, SBG, v. 1, p. 271-285.
- Ghignone J. I. 1972. Ensaio de paleogeografia do Nordeste e as seqüências sedimentares. In. Congresso Brasileiro de Geologia, 26, Belém, SBG, v. 3. p. 21-28.
- Ghignone J. I. 1979 Geologia dos sedimentos fanerozóicos do Estado da Bahia. In. INDA, H. A (ed.) *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia. Textos básicos*. Salvador, Secretaria do Estado e Energia da Bahia, v. 1, p. 24-117.
- Gomes J. R. C., Gatto C. M. P. P, Souza G. M. C., Luz D. S., Pires J. L.; Teixeira W. 1981. Mapeamento Regional: Geologia. In: *Projeto RADAMBRASIL*. Folhas SB. 24/25, Jaguaribe/Natal. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Brasília, MME/SG, (Lev. Rec. Nat. 23).
- 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. *Brás. Geoc.*, 17(2): p118-122.

- Lima M. R. 1978 a. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil). Tese de Doutorado. São Paulo. Universidade de São Paulo. 335 p.
- Lima M. R. 1978 b. Microfósseis da Formação Exu – Cretáceo do Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife, SBG, v. 2, 335 p.
- Lima M. R. 1978 c. O paleoambiente deposicional da Formação Santana (Grupo Araripe) segundo evidências palinológicas . In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife, SBG, v. 2, p 970-974.
- Lima M.R. de & Perinotto, J.A.J. 1984. Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe. *Geociências*, São Paulo, 3,: p 67-76.
- Mabesoone. J. M., Viana M. S. S. & Lima Filho M. F. 1999. Late Mesozoic history of sedimentary basins in the brazilian Borborema Province before the final separation of South America and Africa 3: Paleogeography. *Boletim* do 5º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil:. UNESP – Campus de Rio Claro, SP, p 326-621.
- Mabesoone J. M., Tinoco I. M. 1973. Paleocology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeografia, Paleoclimatologia e Palaeoecologia* , v. 14, n. 2, p. 87-118.
- Martill D. M. 1990. The significance of the Santana Biota. In: Atas do I Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1, p. 253 – 265.
- Miall A. D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: A. D. Miall (Editor), *Fluvial sedimentology*. Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5: 597-604.
- Miall A. D. 1990. *Principles of Sedimentary basin analysis*. New York, Springer-Verlag, - 2 ed. 668 p.
- Miranda L. S., Assine M. L. 1986. Prospecção sísmica de reconhecimento – Bacia do Araripe. Belo Horizonte, Andrade Gutierrez Energia (rel. inédito). 23 p.
- Moraes L. J., Barros F. C.; Ramos, E. 1964. Reconhecimento fotogeológico da região Nordeste do Brasil - DNPM/DGM, Escala 1:250.000.
- Neumann V. H. de M. L. 1999. Estratigrafia, Sedimentologia, Geoquímica y Diagénesis de los Sistemas Lacustres Aptienses-Albienses de lá Cuenca de Araripe (Nororeste do Brasil), Barcelona, 1999.. (Tese de Doctorado) – Facultat de Geologia – Universitat de Barcelona, 225 p
- Petri S. 1987. Cretaceous paleogeographic maps of Brazil. Amsterdam, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Ppalaeoecology*, 59: p 117-168.
- Pons D., Berthou P-Y., Campos D. A. 1990. Quelques observations sur la palynologie de l'A Supérieur et de l'A du bassin d'Araripe (NE du Brésil). In: Seminário Sobre A Bacia do Araripe E Bacias Interiores Do Nordeste, 1. Crato, 1990. Atas...Crato, DNPM.. p 241 –252.
- Ponte, F. C. 1992a. Sistemas Depositionais da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: 2º Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras. Rio Claro, 1992. *Resumos Expandidos...* Rio Claro, UNESP/IGCE, p 81-84.

- Ponte F. C. 1992b. Origem e Evolução das Pequenas Bacias Cretácicas do Interior do Nordeste do Brasil. In: 2º Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras. Rio Claro, 1992. *Resumos Expandidos...* Rio Claro, UNESP/IGCE, p 55-58.
- Ponte F. C. 1996. Arcabouço estrutural da Bacia do Araripe. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 4. Águas de São Pedro, 1996. *Boletim...* Rio Claro, UNESP / IGCE. p 169-177.
- Ponte F. C. & Appi C. J. 1990. Proposta de Revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: Congresso Brasileiro de Geologia., 36. Natal, 1990, *Anais...* Natal, SBG. v.1, p.211 - 226.
- Ponte F. C & Ponte Filho F. C. 1996. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 4. Águas de São Pedro, 1996. *Boletim...* Rio Claro, UNESP / IGCE, p.123 - 133.
- Ponte Filho F. C. 1992. Análise Geohistórica do poço 2Ap-1-CE. Bacia do Araripe. In: 2º Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras. Rio Claro, 1992. *Resumos Expandidos...* Rio Claro, UNESP/IGCE, p. 85 - 89.
- Ponte Filho F. C. & Ponte F. C. 1992. Caracterização Estratigráfica da Formação Abaiara, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe. In: 2º Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras. Rio Claro, *Resumos Expandidos...* Rio Claro, UNESP/IGCE, 1992. p 61 - 64.
- Rand H. M. & Manso V. A. V. 1984. Levantamento Gravimétrico e Magnetométrico da Bacia do Araripe. In: Cong. Bras. Geol., 33, Rio de Janeiro, *Anais...*, SBG, v. 4, p. 2011 - 2016.
- Rolim J. L., Mabesoone J. M. 1982. Um modelo de grande rio para as bacias rifte do Recôncavo-Tucano-Jatobá (Purbeckiano-Aptiano, Nordeste do Brasil). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador, *Anais...*SBG, v. 4, p. 1406-1412.
- Sales A. M. F. 2005. Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado estratigráfico e paleoambiental. São Paulo, 2005. (Tese de doutorado, USP-IGC), 131 p.
- Sales A. M. F., Simões M. G. 2003. Análise tafonômica das concentrações fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado estratigráfico, temporal e paleoambiental. In: II Workshop Científico de Pós-Graduação do IGC-USP. São Paulo, SP. ...*Boletim de Resumos*. São Paulo, p. 08. 2003.
- Sales A. M. F. & Leal Neto A. 1995. Petrografia das Rochas do Embasamento Adjacente à Bacia do Araripe. In: XIV Encontro Universitário de Iniciação Científica. *Boletim de Resumos...*UFC, Fortaleza. Res. 33, p. 17.
- Sales A. M. F. & Leal Neto A. 1996. *Mapeamento Geológico da Porção Centro Norte da Bacia do Araripe e Embasamento Cristalino Adjacente (Área 01)*. Relatório de Graduação. UFC, CC, DEGEO, 155p.

- Santos M. E. M. 1982. Ambiente Depositional da Formação Santana, Chapada do Araripe (PE/PI/CE). In: Congresso Brasileiro Geologia, 32, Salvador. *Anais. SBG*, v.4, p. 1412-1426.
- Santos A. C., Manoel Filho J., Costa Filho W. D. 1993. Estudo hidrogeológico da Região entre Araripina e Feitoria na Bacia Sedimentar do Araripe. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 15. Natal, 1993. *Boletim de Resumos ...* Natal, SBG, Núcleo Nordeste. n° 13, p. 77-78.
- Schobbenhaus C., Campos D. A., Queiroz E. T., Wuingue M. & Berbert-Born M. L. C. (EDS) 2002. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. MME/DNPM/CPRM/SIGEP, Brasília, 540 p.
- Silva M. A. M. da 1988. Evaporitos do Cretáceo da Bacia do Araripe; Ambientes de Deposição e História Diagenética. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 2(1), p 311 - 319.
- Silva M. A. M. 1988. Evaporitos do Cretáceo da Bacia do Araripe: Ambientes de Deposição e História Diagenética. *Boletim Geociências PETROBRAS*. Rio de Janeiro, 2 (1):p 53 - 63.
- Silva Santos R., Valença L.G. 1968. A Formação Santana e sua Paleoiçtiofauna. *As Acad. Brás. Ci.*, Rio de Janeiro, 40(3): p 339-360.
- Silva Telles Jr. A. C. da; Arai M. & Coimbra J. C. 1991. Biocronoestratigrafia e paleoecologia da Bacia do Araripe. In: F.C. Ponte *et alii* (cords.). *Geologia das Bacias Sedimentares Mesozóicas do Interior do Nordeste do Brasil*. Rio de Janeiro. Petrobrás/ CENPES/SUPE/DIVEX/SEBIPE. (Inédito).
- Small A. L. 1913. Geologia e suprimento de água subterrânea no Ceará e parte do Piauí. Insp. Obras Contra Secas, (Publicação n°25), 80p.
- Spix J. B. & Martius C. F. Von Reise in Brasilien in 1817 bis 1820 gematch und bescieben. Gedruckt bei M. Lindauer. München, Germany, vol. 3. p 1823–1831.
- Veiga P. M. 1966. Geologia da Quadricula de Juazeiro do Norte (E-082) Folha Crato - CE. (*Série Geologia Regional n°1*). Recife, SUDENE, 57p.
- Viana S. M. S. 1999. *Estudo Paleoambiental na parte Superior da Formação Santana (Cretáceo da Bacia do Araripe. Nordeste do Brasil): natureza dos sedimentos e tafonomia*. Tese de doutorado, Porto Alegre, Geociências, UFRS, 124p.
- Viana M. S. S. & Cavalcanti, V. M. M. 1990. Faciologia dos sedimentos não-lacustres da Formação Santana (Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil). In: Atas do I Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Crato, p. 193-208.
- Viana M. S. S. 1990. *Estratigrafia e Paleontologia da Formação Santana, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. (Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Instituto de Geociências, Dissertação de Mestrado, 107p.
- Walker R.G.. 1992. Facies models. Geoscience Canada Reprint Series 2, 317p.