

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

DIEGO DA CUNHA SILVESTRE

ANÁLISE FACIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA
FORMAÇÃO BARBALHA (APTIANO SUPERIOR) - BACIA DO ARARIPE

RECIFE

2017

DIEGO DA CUNHA SILVESTRE

ANÁLISE FACIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA
FORMAÇÃO BARBALHA (APTIANO SUPERIOR) – BACIA DO ARARIPE

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em
Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como
parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre
em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental
Linha de pesquisa: Estudo das formações sedimentares do ne
brasileiro e geologia ambiental

Orientador: Profº. Dr. Gelson Luís Fambrini

Coorientador: Profº. Dr. Mário Ferreira de Lima Filho

RECIFE

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

S587a Silvestre, Diego da Cunha.
 Análise faciológica e caracterização de sistemas deposicionais da Formação Barbalha (Aptiano Superior) – Bacia do Araripe / Diego da Cunha Silvestre. - 2017.
 99 folhas, il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini.
Coorientador: Prof. Dr. Mário Ferreira de Lima Filho.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2017.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Geociências. 2. Bacia do Araripe. 3. Formação Barbalha. 4. Fácies Sedimentares.
I. Fambrini, Gelson Luís (Orientador). II. Lima Filho, Mário Ferreira de (Coorientador). III.
Título

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-317

Diego da Cunha Silvestre

ANÁLISE FACIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA
FORMAÇÃO BARBALHA (APTIANO SUPERIOR) - BACIA DO ARARIPE

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em
Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como
parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre
em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental
Linha de pesquisa: Estudo das formações sedimentares do ne
brasileiro e geologia ambiental

Orientador: Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini

Coorientador: Prof. Dr. Mário Ferreira de Lima Filho

Data: 05 de Maio de 2017.

Aprovado:

Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini (UFPE)

Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho (UFC)

Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann (UFPE)

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, energia soberana em todos os planos, que me proporcionou a vida e as experiências de erros e acertos enquanto alço passos em meu caminho.

A Universidade Federal de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Geociências com seu corpo docente e administrativo que propiciaram a oportunidade de construir este trabalho.

Ao Departamento Nacional de Produção Mineral – 4º Distrito do DNPM, em Pernambuco que disponibilizou todo seu acervo científico em prol da realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini, meu orientador, pela determinação, dedicação, paciência e amizade em me guiar neste horizonte, outrora desconhecido.

Aos professores do corpo docente, Prof. Mário, Virgínio, Lúcia, Ricardo, que em encontros no corredor do departamento ou na sala de convivência, durante o café, se dispuseram a tirar dúvidas e discutir propostas para os problemas encontrados.

Aos funcionários do departamento de Geologia, Andréa e Rosa, que sempre se disponibilizaram a ajudar.

Aos laboratórios de Gemologia (Prof. Sandra Brito) e Preparação de amostras e laminação (Fidelis e Maurílio) pela disponibilidade dos equipamentos para confecção e análises petrográficas.

A minha família pelo apoio indispensável neste processo construtivo. Mesmo não entendendo os motivos pelo qual eu estudo rochas, nunca se opuseram aos meus sonhos.

Agradeço também, ao apoio incondicional da minha namorada, Raissa Pimentel, que em momentos difíceis me deu suporte e aturou minhas confissões em momentos de dúvida.

Por último e não menos importante aos meus amigos, de uma vida toda e para vida toda. Aos que me conhecem desde a infância e aos que surgiram junto a graduação. Marcelo Menezes por me acompanhar nas descrições, Ian Cavalcanti por trabalhar em conjunto comigo, Diego Dias, Flávia Araújo, Jefferson Valdemiro, Renan Siqueira, Márcio, Thales, Bruno César, Eduardo Martins, Iraclésia, Diógenes Valença.

Os que me ajudaram direta ou indiretamente neste trabalho e na minha caminhada até aqui, o meu muito obrigado.

Resumo

A Bacia do Araripe, situada na Região Nordeste do Brasil, é uma bacia do tipo rifte intimamente relacionada à ruptura do Supercontinente Gondwana no Eocretáceo. Esta dissertação teve como objetivo principal a caracterização em sub-superfície da Formação Barbalha. As sondagens realizadas pelo Projeto Santana (14 no total) para explorar ocorrências minerais de Pb, Zn e Cu, produziram testemunhos que perfuraram a unidade de estudo. A descrição de todos os poços proporcionou a identificação das fácies presentes no registro estratigráfico e sua correlação segundo a sucessão. Desta forma, a unidade é representada pelas litofácies: Cm-Conglomerados maciços, Ac-Arenitos com estratos cruzados, Al-Arenitos laminados, Am-Arenitos maciços, Acc-Arenitos com estratos cruzados cavalgantes, Ad-Arenitos deformados, Sl-Siltitos laminados, Arl-Argilitos laminados, Arm-Argilitos maciços, Fp-Folhelhos papiráceos e Cp-Calcário pelóidal. O modelo de sucessão destas fácies propiciou a interpretação de sistemas deposicionais para a formação. Sendo assim, a Formação Barbalha encontra-se disposta em duas grandes sequências. A Sequência Inferior sedimentada em dois estágios: um ciclo basal fluvial entrelaçado que evoluiu para um sistema lacustre. Dentro deste ciclo lacustre encontra-se a Camada Batateira que representa um marco estratigráfico para a bacia e conhecida como portadora de níveis mineralizados em sulfetos. A Sequência Superior depositou-se segundo um sistema fluvial em dois estágios: entrelaçado de alta energia que mostrou uma variação do perfil de equilíbrio da bacia transformando-se em um sistema fluvial anastomosado para o topo. As ocorrências de mineralização, antes associadas apenas ao ciclo lacustre da Sequência Inferior, foram observadas em mais níveis dentro dos poços aumentando a amplitude do intervalo denominado “Sequência Plumbífera do Araripe”. Petrograficamente, as fácies arenosas são classificadas como arenitos sub-arcoseanos com maturidade textural moderada. Contudo, a presença de cimentação carbonática em arenitos e as fácies que apresentam estruturas deformadas são indícios de transferência de fluídos dentro da Formação Barbalha.

Palavras Chave: Bacia do Araripe. Formação Barbalha. Fácies sedimentares.

Abstract

The Araripe Basin, located in the Northeast Region of Brazil, is a rift-type basin closely related to the rapture of the Gondwana Supercontinent in the Lower Cretaceous. This dissertation had as main objective the geological characterization of Barbalha Formation in sub-surface, belonging to Post-Rifte Tectono Sequence of Araripe Basin. The Santana Project cored wells (14 in total) to explore Pb, Zn and Cu mineral occurrences produced core samples in the unit of study. The description of all the core samples provided the identification of the present facies in the stratigraphic record and their correlation to the succession. In this way, the unit is represented by lithofacies: Gm-massive conglomerates, Sc-cross-stratified sandstones, Sl-laminated sandstones, Sm-massive sandstones, Scr-sandstones with climbing ripples strata, Sd-deformed sandstones, Fl-laminated argillites, Fm-massive argillites, Fsl-laminated siltstone, Fp-papyraceous shales, and Cp-peloidal limestone. The succession of these facies model led to interpretation of Barbalha Formation depositional systems. Under these circumstances, the Barbalha Formation is arranged in two bigger sequences. The Lower Sequence sedimented in two stages: a fluvial braided cycle that evolved into a lacustrine system. Within this lacustrine cycle is the Batateira Layer that represents a stratigraphic framework for the basin and known as the carrier of sulfides mineralized levels. Higher Sequence was deposited according to a fluvial system in two stages: high energy braided that showed an equilibrium profile variation to the basin turning into a anastomosed fluvial system to the top. The mineralization occurrences, previously associated only with the lacustrine cycle of the Lower Sequence, was observed at more levels in the wells, increasing the extent of the "Araripe Plumbiferous Sequence". Petrographically, the sandstone facies are classified as subarcosean sandstones with moderate textural maturity. However, the presence of carbonate cementation in sandstones and facies with deformed structures are indications of fluid transfer inside the Barbalha Formation.

Keywords: Araripe Basin. Barbalha Formation. Sedimentary facies.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Litoteca do 4º Distrito do DNPM/Recife.....	14
Figura 2 – Atividades dos processos descritivos dos testemunhos: A – caixa de testemunhos; B – espaço para descrições na Litoteca do 4º Distrito do DNPM/Recife.....	14
Figura 3 – Amostras coletadas para confecção de lâminas petrográficas; B – Processo de polimento das lâminas petrográficas; C - Laboratório de Preparação de Amostras e Laminação – DGeo – CTG.....	20
Figura 4 – Quadro esquemático da Série de Goldich.....	21
Figura 5 – Análise petrográfica em microscópio petrográfico de luz polarizada. (LABGEM-Laboratório de Gemologia - UFPE - CTG).....	22
Figura 6 – Diagrama de classificação para Arenitos baseado em Folk (1968).....	23
Figura 7 – Bacia do Araripe – localização sobre a Província Borborema – Zona Transversal (entre os lineamentos Patos e Pernambuco).....	25
Figura 8 – Mapa da Bacia do Araripe e suas Tectono Sequências.....	28
Figura 9 – Localização dos Furos em Mapa Geológico da Bacia do Araripe.....	38
Figura 10 – Exemplos da Fácies Conglomerado Maciço (Cm).....	42
Figura 11 – Exemplos da Fácies Arenito com laminação cruzada (Ac).....	43
Figura 12 – Exemplo da Fácies Arenito laminado (Al).....	44
Figura 13 - Exemplos da Fácies Arenito maciço (Am).....	46
Figura 14 – Exemplos da Fácies Arenito com laminação cruzada cavalgante (Acc).....	47
Figura 15 – Exemplos da Fácies Arenito com estruturas deformadas (Ad).....	48
Figura 16 – Exemplo da Fácies Siltito laminado (Sl).....	48
Figura 17 – Exemplos da Fácies Argilito Laminado (Arl).....	50
Figura 18 – Exemplos da Fácies Argilito Maciço (Arm).....	51
Figura 19 – Exemplo da Fácies Folhelhos Papiráceos (Fp).....	52
Figura 20 – Exemplos da Fácies Carbonato pelóidal (Cp).....	53
Figura 21 – Quadro de fotomicrografias – aspectos do quartzo.....	55
Figura 22 – Quadro de fotomicrografias – aspectos dos feldspatos.....	56
Figura 23 – Quadro de fotomicrografias – fases transicionais entre arenitos e rochas (silte argilosas) com grãos muito finos e a presença de micas orientadas segundo os planos preferenciais.....	57
Figura 24 – Fotomicrografia de grão de mica (biotita) compactado entre grãos de quartzo, sub arredondados a sub angulosos, fraturados e com contatos pontuais e côncavo-convexos (fácies Am).....	58
Figura 25 – Quadro de fotomicrografias – evidências da cimentação carbonática em arenitos preenchendo os poros.....	59
Figura 26 – Quadro de fotomicrografias – texturas mais características das amostras.....	60
Figura 27 - Diagrama de classificação de rochas arenosas baseado em Folk (1968) com as amostras plotadas.....	61
Figura 28 – Base da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS02CE.....	63
Figura 29 – Base da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS09CE.....	64
Figura 30 – Base da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS10CE.....	65

Figura 31 – Topo da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS04CE.....	66
Figura 32 – Topo da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS07CE.....	67
Figura 33 – Sequência Superior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS08CE.....	69
Figura 34 – Sequência Superior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS14CE.....	70
Figura 35 – Diagrama que expressa a variação dos sistemas continentais em função do espaço de acomodação disponível (os pontos representam o deslocamento do ponto de equilíbrio).....	74

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Código de litofáceis de Miall (1978, 1996), a denominação inclui em duas partes: a letra principal (em maiúsculo) referente à granulometria dos sedimentos (C=cascalhosos, A=arenosos, S=siltosos, F=argilosos), e uma ou mais letras secundárias (em minúsculo) referentes à estrutura e textura.....	15
Tabela 2 – Quadro comparativo com as principais propostas estratigráficas formuladas para a Bacia do Araripe (modificada de Lima, 1979, Assine, 1992 e Fambrini et al., 2009, 2011b).....	27
Tabela 3 – Informações técnicas sobre os furos e a Formação Barbalha.....	39
Tabela 4 – Fácies definidas a partir dos testemunhos de sondagem do Projeto Santana e suas estruturas sedimentares determinantes.....	40

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
2.1	Levantamento Bibliográfico.....	13
2.2	Descrição dos Testemunhos.....	13
2.3	Tratamento dos Dados Levantados.....	15
2.3.1	Análise de Fácies.....	15
2.3.2	Sistemas Depositionais e Interpretação.....	16
2.3.3	Estratigrafia de Sequências.....	17
2.3.4	Petrografia Sedimentar.....	19
3	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	24
3.1	Estratigrafia da Bacia do Araripe.....	26
3.1.1	Sequência Pós-Rifte.....	29
3.1.1.1	<u>Formação Barbalha</u>	29
3.1.1.2	<u>Formação Crato</u>	32
3.1.1.3	<u>Formação Ipubi</u>	33
3.1.1.4	<u>Formação Romualdo</u>	34
4	RESULTADOS.....	37
4.1	Caracterização Faciológica.....	40
4.1.1	Conglomerado Maciço (Cm).....	41
4.1.2	Arenito com laminação cruzada (Acc).....	42
4.1.3	Arenito laminado (Al).....	44
4.1.4	Arenito maciço (Am).....	44
4.1.5	Arenito com laminação cruzada cavalgante (Acc).....	45
4.1.6	Arenito com Estruturas Deformadas (Ad).....	47
4.1.7	Siltitos laminados (Sl).....	49
4.1.8	Argilitos laminados (Arl).....	49
4.1.9	Argilitos maciços (Arm).....	51
4.1.10	Folhelho Papiráceo (Fp)	52
4.1.11	Calcário Pelóidal (Cp).....	53
4.2	Estudos Petrográficos.....	54
4.2.1	Textura e Composição dos grãos detríticos.....	54
4.2.2	Classificação litológica.....	61
4.3	Sucessão de Fácies.....	61
4.3.1	Sequência Basal / Inferior – Primeiro Ciclo Fluvial e Ciclo Lacustre.....	62
4.3.2	Sequência do Topo / Superior – Segundo Ciclo Fluvial.....	68
4.4	Modelos de Sistema de Sedimentação.....	72
5	DISCUSSÕES.....	75
6	CONCLUSÃO.....	79
	REFERÊNCIAS.....	80
	Apêndice A – Seção Colunar Vertical do Poço PS01CE.....	86
	Apêndice B – Seção Colunar Vertical do Poço PS02CE.....	87
	Apêndice C - Seção Colunar Vertical do Poço PS03CE.....	88
	Apêndice D - Seção Colunar Vertical do Poço PS04CE.....	89
	Apêndice E - Seção Colunar Vertical do Poço PS05CE.....	90
	Apêndice F - Seção Colunar Vertical do Poço PS06CE.....	91
	Apêndice G - Seção Colunar Vertical do Poço PS07CE.....	92
	Apêndice H - Seção Colunar Vertical do Poço PS08CE.....	93

Apêndice I - Seção Colunar Vertical do Poço PS09CE.....	94
Apêndice J - Seção Colunar Vertical do Poço PS10CE.....	95
Apêndice K - Seção Colunar Vertical do Poço PS13CE.....	96
Apêndice L - Seção Colunar Vertical do Poço PS14CE.....	97
Apêndice M – Perfil de correlação I e II.....	98

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho consistiu em um levantamento estratigráfico da Formação Barbalha com base na descrição detalhada dos poços do Projeto Santana. A Formação Barbalha representa a unidade basal da sequência pós-rifte na Bacia do Araripe. Esta é considerada uma Bacia Interior que se destaca das demais bacias da Margem Atlântica Sul pela evolução pós-rifte (ASSINE, 2007).

O presente estudo teve por objetivo caracterizar faciologicamente e, conseqüentemente, determinar os sistemas deposicionais da Formação Barbalha. Com isso promoveu a avaliação das fácies presentes na unidade e a sucessão vertical das mesmas elaborando a variação do empilhamento estratigráfico em sequências.

O objeto deste estudo foram os testemunhos do Projeto Santana realizado pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) a pedido do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) entre os anos de 1977 e 1978 (SCHEID et al., 1978) com o intuito de avaliar a ocorrência e viabilidade dos depósitos sulfetados de chumbo (Pb), zinco (Zn) e cobre (Cu) na região da Chapada do Araripe.

O Projeto Santana compreende um registro de 14 poços. Todos os poços foram descritos para se obter maior representatividade da formação, corroborando para uma interpretação bem fundamentada. Tendo em vista o histórico bibliográfico desta formação, por vezes denominada de Rio da Batateira, e acerca da controvérsia presente sobre o intervalo lacustre da unidade (Camada Batateira) que comporta o nível mineralizado, este trabalho é importante para o histórico descritivo científico da formação e, conseqüentemente, da Bacia do Araripe.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado consistiu em três (03) etapas de trabalho: (i) levantamento bibliográfico, (ii) descrição dos testemunhos e (iii) trabalho de tratamento dos dados levantados.

2.1 Levantamento Bibliográfico

A primeira etapa do trabalho resume a pesquisa e releitura das publicações científicas referentes ao intervalo Aptiano da Bacia do Araripe, Formação Barbalha e suas representantes correlatas em bacias próximas na região NE brasileira. Esta fase do trabalho permitiu o conhecimento de conceitos prévios relativos à unidade e a elaboração de importantes questionamentos sobre certas definições já propostas.

2.2 Descrição dos Testemunhos

A etapa de obtenção de dados e análise dos testemunhos do Projeto Santana, que se encontram sob a custódia do 4º Distrito do DNPM/Recife, foi realizada continuamente durante o ano de 2016. Esta fase teve como embasamento literário trabalhos ligados a interpretação de testemunhos, como a exemplo de Borghi (2000).

Para esta etapa, utilizando-se do espaço disponibilizado pelo DNPM para estudo dos testemunhos (Figura 1), foi realizada uma avaliação detalhada dos furos com o auxílio de material essencial para descrição: Caderneta de Campo, lápis, caneta, trena métrica, escala fotográfica, solução de HCl (10%), escala granulométrica e câmera fotográfica digital (Figura 2). Contudo, foi utilizado na etapa descritiva os relatórios originais do Projeto Santana (MORAES et al., 1976; SCHEID et al., 1978) como guia comparativo de interpretação preliminar.

Figura 1 - Litoteca do 4º Distrito do DNPM/Recife.



Fonte: Próprio Autor

Figura 2 - Atividades dos processos descritivos dos testemunhos: A – caixa de testemunhos; B – espaço para descrições na Litoteca do 4º Distrito do DNPM/Recife.



Fonte: Próprio Autor

2.3 Tratamento dos Dados Levantados

2.3.1 Análise de Fácies

A primeira referência ao termo fácies foi introduzida por Steno em 1699, porém o contexto difundido de fácies, atualmente, foi exposto por Gressly por volta de 1830. Dessa forma entende-se como fácies o conjunto de sedimentos com características particulares: textura, estruturas sedimentares, cor e assembleia fossilífera.

Estas fácies são produtos dos processos atuantes no ambiente de sedimentação. Segundo a Lei de Fácies de Walther de 1894, a sucessão de fácies representa a projeção dos ambientes deposicionais contíguos existentes ou a superposição destes.

O estudo de fácies permite a correlação entre as camadas e a interpretação dos sistemas de sedimentação. Segundo Jackson (1978) a sucessão vertical de sistemas fluviais meandantes e entrelaçados tem padrões semelhantes. Deste então são apontadas relações entre a sucessão de fácies com características determinantes para cada sistema de sedimentação segundo suas particularidades, a exemplo dos trabalhos de Miall (1976, 1996, 2014).

Compilando os dados levantados nas etapas precedidas, foram aplicados os conceitos de fácies propostos por Walker & James (1992) segundo o qual fácies sedimentar é um corpo de rocha caracterizado por seus atributos físicos não confinado a uma posição estratigráfica e definido a partir de critérios descritivos. Contudo, foi adotado para padrão de nomenclatura das definidas fácies fluviais o código de Miall (1978, 1996) (Tabela 1).

Tabela 1 – Código de litofácies de Miall (1978, 1996), a denominação inclui em duas partes: a letra principal (em maiúsculo) referente à granulometria dos sedimentos (C=cascalhosos, A=arenosos, S=siltosos, F=argilosos), e uma ou mais letras secundárias (em minúsculo) referentes à estrutura e textura.

CÓDIGO	LITOFÁCIES
Cm	Conglomerados maciços
Ce	Conglomerados com estratificação plano-paralela
Ct	Conglomerados com estratificação cruzada tabular
Aa	Arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas acanaladas

At	Arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas tabulares
Ap	Arenitos grossos a médios com estratificação plano-paralela
Al	Horizontes heterolíticos laminados
Ad	Arenitos finos com estruturas de deformação
Sl	Siltitos e arenitos finos laminados
Fl	Argilitos laminados
Fm	Lamito, siltito/argilito, maciço
C	Carbonato
Coq	Coquinas calcárias

2.3.2 Sistemas Depositionais e Interpretação

O estudo dos modelos de sedimentação corrobora para a interpretação dos sistemas de sedimentação atuantes no ambiente. As interpretações de sistemas de sedimentação se tornou muito popular na década de 70, onde começou a ser questionada segundo os modelos propostos e a variedade de depósitos que divergiam aos modelos devido às características regionais dos ambientes. Desta forma, um modelo de fácies e sucessão faciológica pode ser definido como uma representação de um ambiente sedimentar específico.

No contexto de ambientes continentais, os sistemas Fluviais são considerados os principais meios de sedimentação. Devido ao complexo conjunto de modelos de sedimentação produzidos pelos sistemas fluviais, fez-se necessário uma classificação dos tipos fluviais. Assim Schumm & Khan (1972) classificou os sistemas fluviais segundo a carga transportada pelo rio em; carga de fundo (bed load), carga mista (mixed load) e carga suspensa (suspended load).

Consequentemente, trabalhos posteriores apontaram que os modelos de sedimentação seriam afetados pelo suprimento sedimentar e o gradiente (energia) do sistema (Miall, 1978; Schumm, 1985). Segundo esta nova classificação os sistemas fluviais poderiam ser entrelaçados, meandantes, anastomosados ou retos.

Segundo Miall (1992) um sistema fluvial pode ser representado por um conjunto variável contínuo entre as classes. Assim, um sistema fluvial teria em sua porção proximal um

caráter semelhante ao tipo de canal entrelaçado, enquanto para a montante se comportaria como um meandrante.

Contudo, os fatores que controlam a sedimentação em sistemas fluviais são: aporte de sedimentos, granulometria da carga transportada, coesão dos bancos, vegetação, variabilidade de descarga e inclinação do terreno.

O perfil de equilíbrio em um sistema fluvial determina o nível de base estratigráfico da bacia. Este perfil delimita a superfície imaginária acima da qual promoverá erosão e abaixo da qual haverá sedimentação (Schanley & McCabe, 1994). A inclinação deste perfil é determinada pela descarga e carga sedimentar.

Os fatores controladores do perfil de equilíbrio são a tectônica, o clima e o nível relativo do mar (Miall, 1996). As variações ocasionadas por estes fatores, separadamente ou em conjunto, afetam a inclinação e/ou posição do perfil. Dessa forma, quando o perfil de equilíbrio é elevado provoca o aumento da área disponível para deposição favorecendo os processos de sedimentação. Enquanto que o rebaixamento provoca a erosão (incisão fluvial).

2.3.3 Estratigrafia de Sequências

O modelo de estratigrafia de sequências foi elaborado conforme estudos em bacias de margem ativa (bacias oceânicas), a exemplo da escola Exxon (Exxon Research Company). Sendo assim, o estudo da estratigrafia de sequências tem o objetivo de entender o mecanismo e as causas dos ciclos de sedimentação, seus hiatos e a gênese no tempo geológico.

A abordagem sobre a estratigrafia de sequências em sistemas fluviais foi abordado por Whrighth & Marriot, (1993) e Shanley & McCabe, (1994) onde foi desenvolvida sobre sistemas fluviais costeiros, sob influência de ambientes marinhos e mistos.

A modelagem sob estratigrafia de sequências não condiz com as condições em sistemas fluviais estritamente continentais, longes da margem continental. Nesse contexto, Martinssen et al., (1999) elaboraram um método representativo para identificação de sequências em sistemas fluviais isolados. Segundo este modelo um sistema fluvial pode ser subdividido em dois tratos de sistemas: Trato de Sistema de Baixa Acomodação (TSBA) e o Trato de Sistema de Alta Acomodação (TSAA).

Assim os tratos são definidos em função da razão A/S (Acomodação/Suprimento sedimentar).

- Quando a razão A/S negativo ou igual a zero: representa o rebaixamento do perfil de equilíbrio e consequentemente erosão do substrato (incisão fluvial). Este nível erosivo é determinado o limite de sequências;
- Para valores de A/S positivos e próximos a zero: observa-se uma elevação do perfil de equilíbrio o que favorece a sedimentação de corpos arenosos amalgamados. Trata-se do TSBA;
- Quando a razão A/S cresce rapidamente: acontece uma mudança abrupta na arquitetura deposicional. Este evento configura a Superfície de Expansão;
- Valores da razão A/S entre 0,5 e 1: representam o afogamento das porções distais do sistema fluvial, favorecendo a sedimentação de partículas finas com corpos arenosos isolados. Tratando-se do TSAA.

O modelo de sequências para sistemas fluviais distantes da costa e os perfis morfológicos dos canais mostram uma certa correlação. O TSBA apresenta morfologias típicas de canais entrelaçados de alta energia, enquanto que o TSAA possui semelhanças com os padrões anastomosados e meandrantos.

Tendo em mãos as classificações definidas, separadas furo a furo, foram confeccionados perfis estratigráficos do tipo Selley (2000) e correlacionados adotando um *datum* como premissa equiparável dos furos segundo os conceitos de sequência da escola EXXON (VAIL et al., 1977). Desta forma a interpretação de ambientes e sistemas de sedimentação foi feita de forma comparativa e correlacionada.

Contudo soma-se ao conjunto as análises petrográficas com a finalidade de promover correlações entre feições macroscópicas e microscópicas das fácies areníticas.

Por fim, de posse dos dados levantados, comparando-os com preceitos de Schanley & McCabe (1994), Reading (1996) e Catuneanu (2002, 2006) para mecanismos padrões de sedimentação e evolução deposicional dos sistemas observados.

Observando a limitada representação lateral de um testemunho, optou-se por correlacionar os furos em uma sequência perfilada buscando, assim, um melhor entendimento minimizando os desvios de interpretação para os pacotes sedimentares. Além disso, foram elaboradas lâminas petrográficas de algumas das fácies (Figura 3) para uma caracterização microscópica destes intervalos para a melhor compreensão em diferentes escalas.

2.3.4 Petrografia Sedimentar

Foram realizadas amostragens cortando-se partes do testemunho com o uso de máquina de corte, para obtenção das amostras. As lâminas petrográficas foram observadas sob a perspectiva do microscópio petrográfico de luz polarizada e comparadas às fácies correspondentes.

Os estudos petrográficos realizados tiveram como intuito principal classificar, com maior especificidade, as rochas para auxiliar na correlação estratigráfica.

O arcabouço de uma rocha e seus constituintes dependem diretamente da área fonte, clima e processos intempéricos, transporte e sedimentação das partículas. Contudo, pode-se identificar a maturidade textural/composicional de uma rocha em função de seus componentes detríticos. Estes componentes são avaliados segundo sua capacidade de suportar todos os processos envolvidos desde o intemperismo à diagênese e está intimamente ligada a Série de Goldich (Figura 4).

O Quartzo é considerado o mineral mais estável quimicamente e mecanicamente (SUGUIO, 2003). Por possuir uma dureza relativamente alta, ausência de clivagem e resistência a impactos, este mineral resiste eficientemente aos processos intempéricos e ao transporte sofrido até o sítio de deposição. Pode apresentar duas formas: monocristalino (cristais simples) e policristalinos (agregados de microcristais que se comportam como uma única partícula). Partindo desta característica, considera-se que quanto maior a ocorrência de quartzo policristalino, menor é a maturidade da rocha.

O grupo dos Feldspatos tem uma percentagem composicional geralmente variada dentro das rochas arenosas siliciclásticas. Podem apresentar-se de diferentes formas: feldspato potássico e as soluções sólidas (Na-Ca), sendo os K-feldspatos mais comuns. O nível de alteração dos cristais é um indicativo de maturidade, uma vez que estes minerais são susceptíveis a processos de alteração química *in situ*. Apresentam clivagem e dureza inferior ao quartzo o que compromete a resistência mecânica das partículas. Tal característica confere aos sedimentos portadores de concentrações consideráveis de feldspato um certo nível de imaturidade.

As fases minerais discutidas acima, representam a grande maioria das partículas constituintes das rochas arenosas siliciclásticas. No entanto, as demais partículas presentes no

arcabouço são importantes para o estudo de proveniência dos sedimentos e os processos diagenéticos.

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

Figura 3 – A - Amostras coletadas para confecção de lâminas petrográficas; B – Processo de polimento das lâminas petrográficas; C - Laboratório de Preparação de Amostras e Laminação – DGeo – CTG.



Fonte: Próprio Autor

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

Figura 4 - Quadro esquemático da Série de Goldich.

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

Fonte: Modificado do Decifrando a Terra (2008).

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

Por fim, optou-se por descrever 9 das 10 amostras coletadas (Figura 5), uma vez que o processo de preparação não obteve resultado satisfatório para descrição em uma das lâminas petrográficas. O processo descritivo seguiu os seguintes métodos:

Composição – identificar os principais constituintes detríticos da rocha (arcabouço) e os minerais acessórios com modalidade (%) estimada de cada componente.

Textura – determinar através da granulometria (FOLK, 1968), seleção (PETTIJOHN et al., 1973), arredondamento (POWERS, 1953).

Maturidade – através da interação entre concentração de matriz, grau de seleção e arredondamento dos grãos (FOLK, 1974).

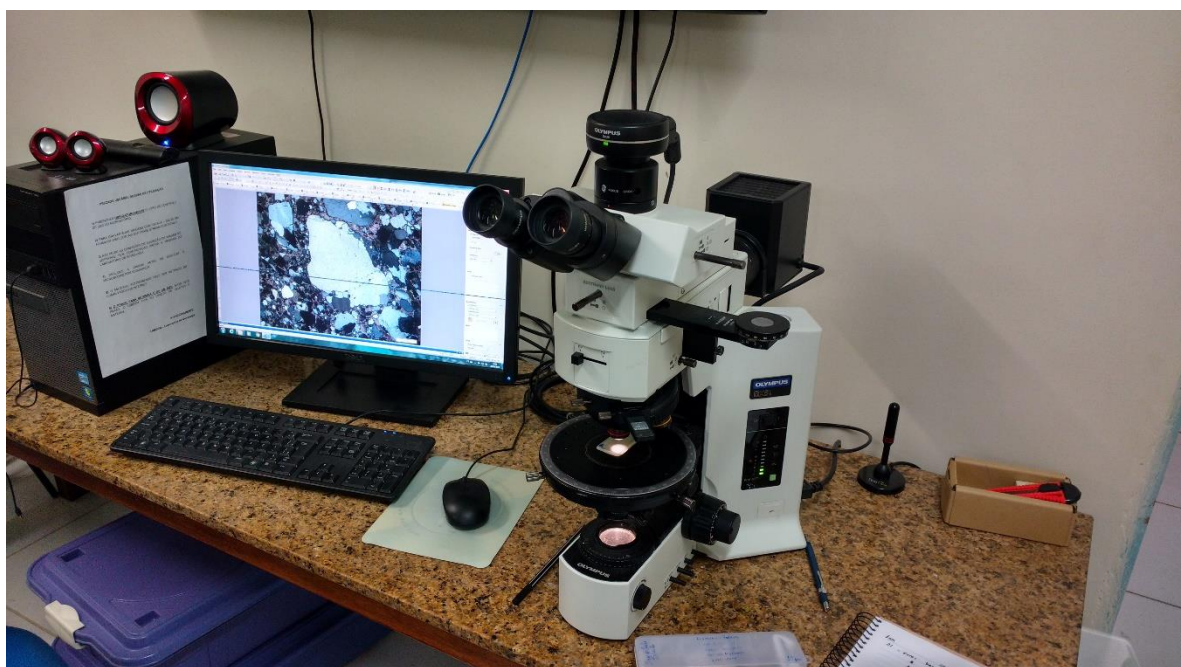
Matriz/Cimento – identificar e diferenciar as partículas fração silte e argila presentes entre os grãos (pseudo matriz, sindeposicional e infiltrada), enquanto o cimento é um composto químico precipitado no decorrer dos processos diagenéticos.

Maturidade mineralógica – considerando os constituintes principais das rochas em função de suas características de estabilidade, pode-se quantificar de forma empírica o nível de maturidade de uma rocha em função da modalidade de seus constituintes: utiliza-se dos índices de quartzo, chert, feldspatos e fragmentos líticos. Conforme expresso na equação abaixo, tem-se o quartzo diretamente proporcional à maturidade em contra-partida à concentração de feldspatos e outros constituintes:

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

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

Figura 5 - Análise petrográfica em microscópio petrográfico de luz polarizada. (LABGEM-Laboratório de Gemologia - UFPE - CTG)

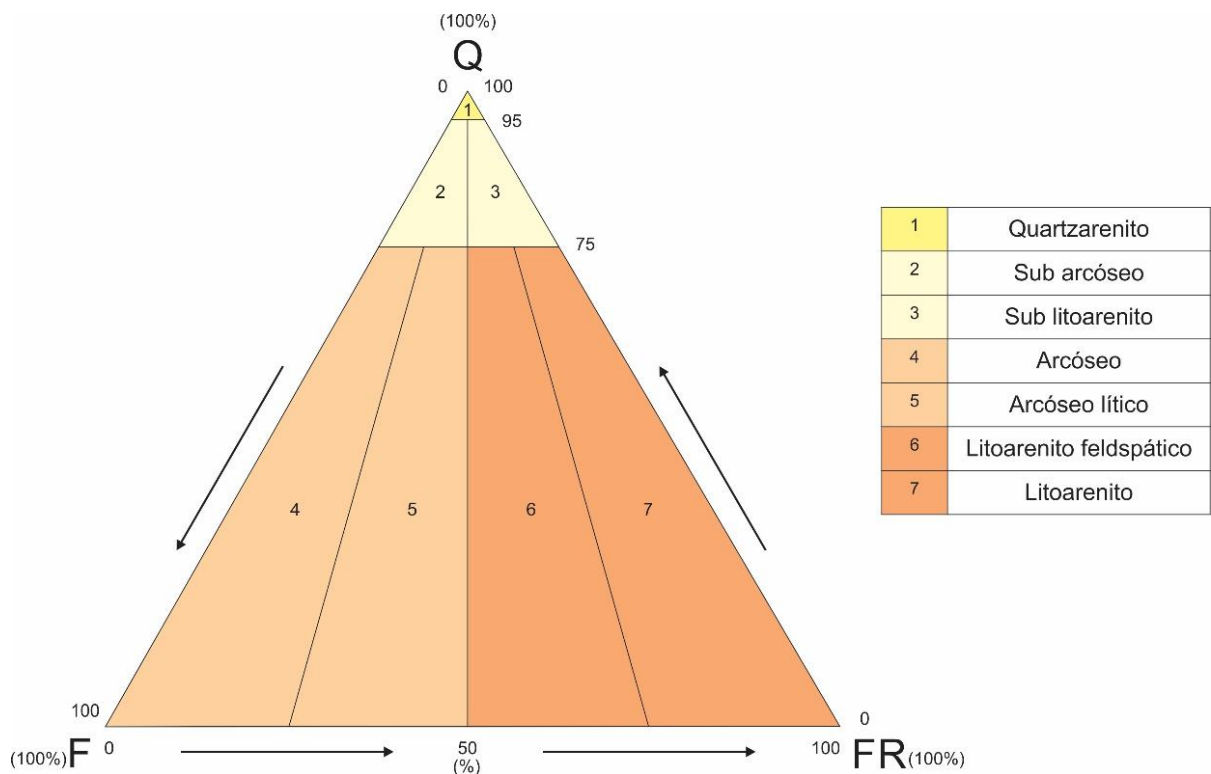


Fonte: Próprio Autor

Classificação da Rocha – segundo a classificação textural de Folk (1968) (Figura 6) utilizando o diagrama de classificação de rochas sedimentares onde determina-se a composição da rocha em termos dos constituintes quartzo, feldspatos e fragmentos de rocha.

Após esta etapa teórica, reflexiva e comparativa, deu-se por fim a redação desta dissertação como um registro do estudo comparativo entre o histórico bibliográfico da Formação Barbalha e as características levantadas, definidas e propostas neste trabalho. Foram utilizados softwares de carácter gráfico e de redação como o Corel Draw® Suite X6, Google Earth Pro® e Microsoft Office® 2013.

Figura 6 - Diagrama de classificação para Arenitos baseado em Folk (1968).



Fonte: Próprio Autor

3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

O supercontinente Gondwana Ocidental, o qual era composto por massas continentais que hoje conhecemos como África e América do Sul, sofreu uma ruptura tectônica na era Mesozoica por processo Rifte dando origem ao oceano Atlântico. Tamanho evento tectônico, por sua vez, acarretou transferência de esforços, sobre estruturas prévias, em todo bloco continental sul americano, como por exemplo Zonas de Cisalhamento na Província da Borborema – Região Nordeste do Brasil (BRITO NEVES et al., 2000). As tensões geradas vieram a moldar novas feições na superfície, como ao exemplo de bacias sedimentares.

A Bacia do Araripe tem sua origem atrelada ao momento Rifte de ruptura de Gondwana e instalação do Oceano Atlântico, sendo correlata às Bacias Marginais brasileiras. No entanto, apesar de representar a bacia interior com o maior e mais completo registro sedimentar, a bacia do Araripe tem uma evolução estratigráfica que difere das bacias marginais já que não culminou em um oceano.

Representa a maior bacia, dentre às interiores, com área aproximada de 9.000 km² limitada segundo as coordenadas 38,5° a 41° W e de 7° a 8° S. Com forma alongada leste a oeste com leve mergulho da chapada para W.

A bacia repousa sobre um embasamento no domínio da Zona Transversal da Província da Borborema, sobre os Terrenos Piancó – Alto Brígida e Granjeiro. Desta forma encontra-se limitada a Norte pelo Lineamento Patos e a Sul pelo Lineamento Pernambuco (Figura 7).

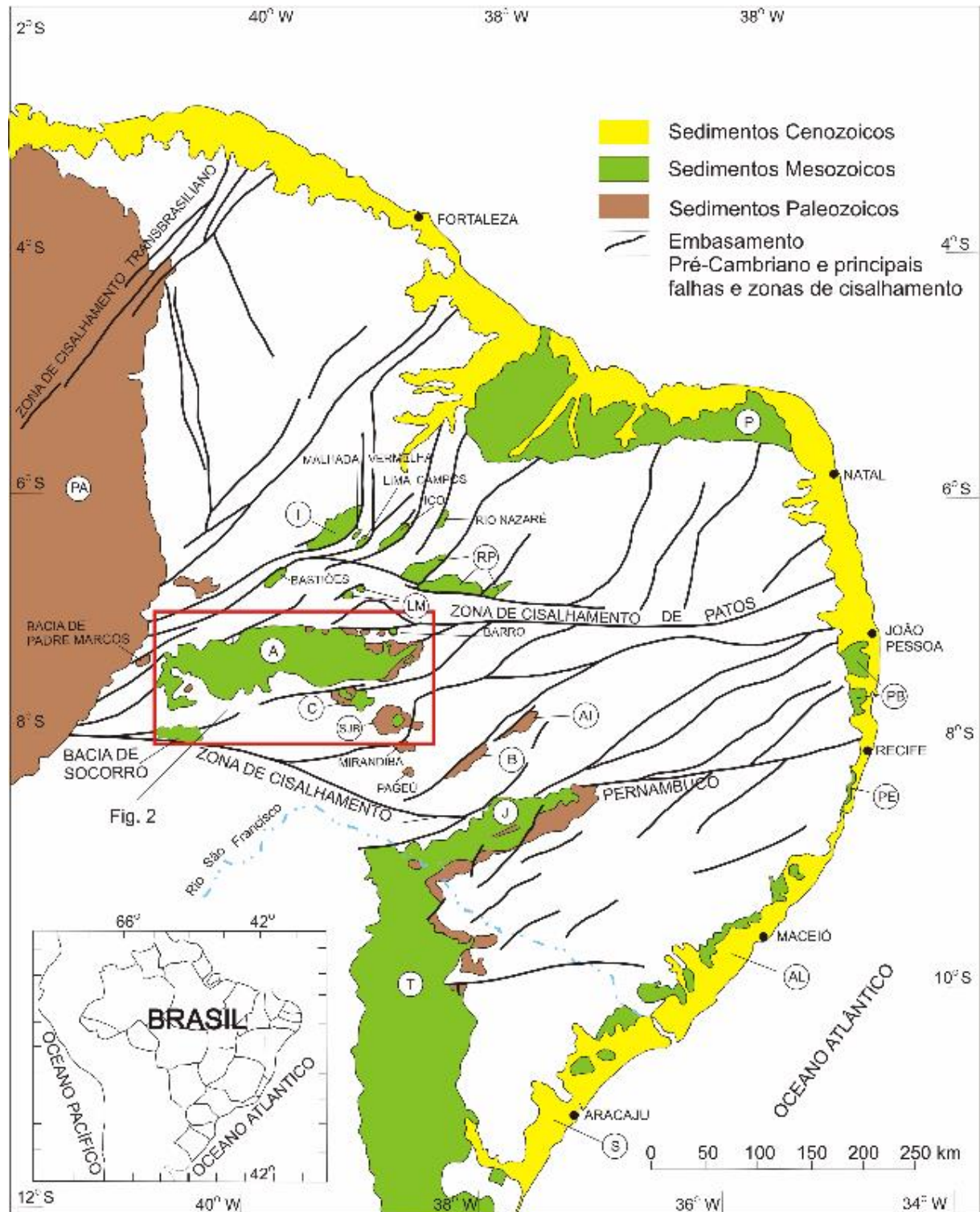
Segundo os registros bibliográficos, as produções pioneiras no âmbito da Bacia do Araripe foram representadas por Small (1913). Segundo a obra de Small, a estratigrafia da bacia era resumida em 4 unidades principais: Conglomerado Basal, Arenito inferior, Pacote de camada Calcária (também denominado de “calcário de Sant’Anna), e um Pacote de Arenito Superior, nesta sequência da base para o topo.

No entanto, apesar de representar o início fundamental da produção científica da bacia, a classificação se apresenta de forma muito geral o que motivou diversos outros trabalhos com a finalidade de refinar e compartimentar melhor os pacotes e a configuração dos sedimentos da bacia.

Contudo, em iniciativa promovida pelo departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco (por volta da década de 60), promoveu a produção de diversas publicações, a exemplo de Beurlen (1962, 1963). O referido autor propôs uma redefinição da estratigrafia proposta por Small (1913), onde atribuiu à bacia uma estratigrafia segundo as

formações Cariri, Missão Velha, Santana e Exu, respectivas à sequência de Small, da base para o topo.

Figura 7- Bacia do Araripe – localização sobre a Província Borborema – Zona Transversal (entre os lineamentos Patos e Pernambuco). Legenda: A = Araripe; IG = Iguatu; J = Jatobá; P = Potiguar; PB = Parnaíba; PP = Pernambuco-Paraíba; RP = Rio do Peixe; SA = Sergipe-Alagoas; T = Tucano.



(Modificado de Fambrini et al., 2011b).

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

Contudo, ainda hoje não existe um consenso entre os modelos de classificação estratigráfica para a bacia. Trabalhos consagrados pelo uso e considerações como: Ponte & Appi (1990), Assine (1992, 2007), Neumann & Cabrera (1999), ainda têm suas propostas amplamente discutidas no meio acadêmico.

Tal indefinição se sustenta sobre as dúvidas pertinentes sobre alguns limites de sequências, classificações hierárquicas dos pacotes sedimentares, nomenclatura de algumas unidades, entre outras questões. A configuração da estratigrafia em função dos anos de produção literária é ilustrada na Tabela 2.

3.1 Estratigrafia da Bacia do Araripe

Considerado o trabalho pioneiro, Small (1913) propôs uma configuração estratigráfica generalizada e norteadora para o futuro descritivo da bacia do Araripe. Apesar de muito abrangente e pouco refinada, ela direcionou os estudos subsequentes que vieram a compartimentar e elucidar as características, por vezes, peculiares desta bacia.

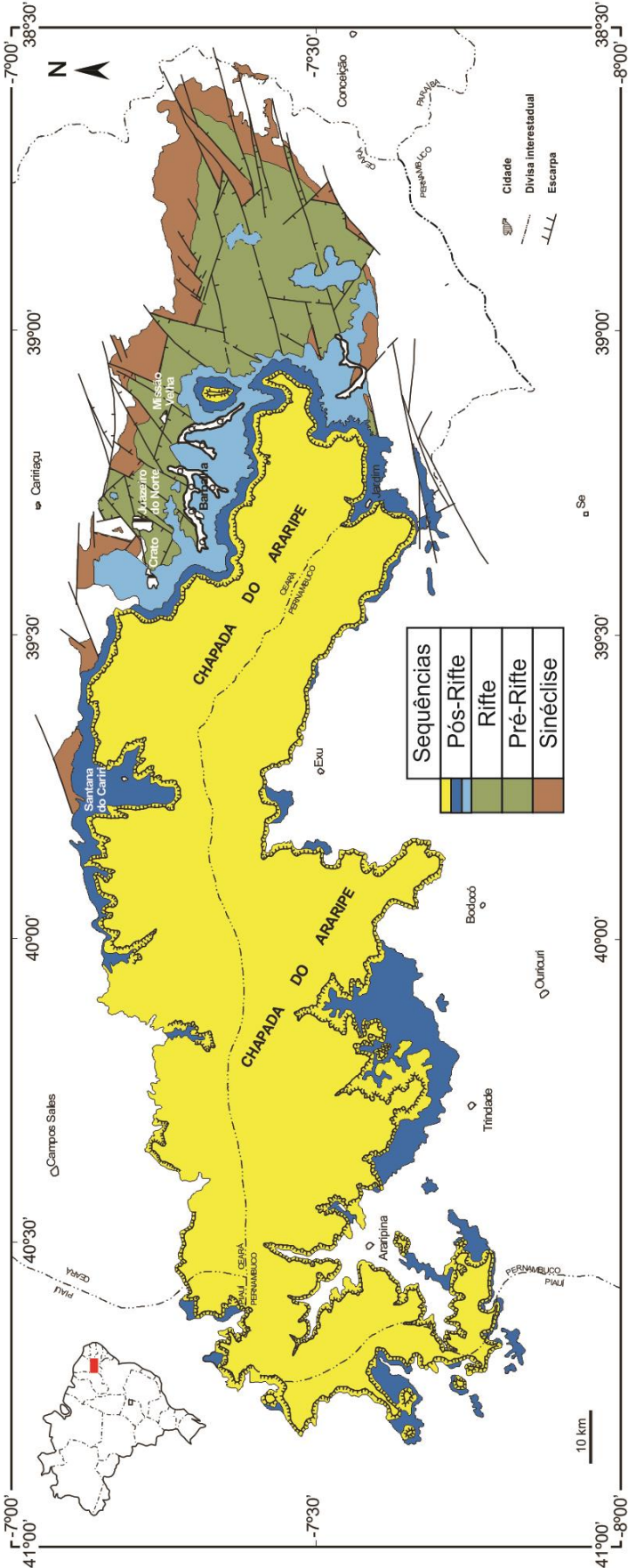
Assim como explanado na Tabela 2, a configuração da estratigrafia bacinal foi moldada no decorrer dos anos segundo propostas significativas corroborando segundo Assine (2007) uma estruturação em quatro sequências: Sinéclise, Pré-Rifte, Rifte e Pós-Rifte (Figura 8).

No entanto, produtos de estudo segundo Fambrini et al., (2010a, 2010b, 2011b, 2013b, 2015b), indicam uma reconfiguração das sequências Pré-Rifte e Rifte em Início de Rifte e Clímax de Rifte, respectivamente.

Tabela 2 - Quadro comparativo com as principais propostas estratigráficas formuladas para a Bacia do Araripe (modificada de Lima, 1979, Assine, 1992 e Fambriani et al., 2009, 2011b).

Small 1913	Beurlen 1962	Barros 1963	Beurlen 1963	Gaspary & Anjos 1964	Braun 1966	Silva Santos & Valença 1968	Beurlen 1971	Mabesoone & Tinoco 1973	Morales et al. 1976	Lima 1978a, 1979	Silva 1983, 1986a, b	Assine 1990, 1992	Ponte & Appi 1990	Neumann 1999	Assine 2007
											Fm. Barreiras	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu
Arenito Superior	Formação Exu	Formação Arajara	Formação Exu	Formação Feira Nova	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu	Formação Exu
Calcários Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana	Formação Santana
Arenito Inferior	Formação Missão Velha	Formação Missão Velha	Formação Missão Velha	Formação Missão Velha	Formação Sergi	Formação Missão Velha	Formação Missão Velha	Formação Sergi	Formação Superior	Formação Sergi	Formação Sergi	Formação Abaiaira	Formação Abaiaira	Formação Abaiaira	Formação Abaiaira
Conglomerado Basal	Formação Cariri	Formação Cariri	Formação Cariri	Formação Cariri	Formação Tacarutu	Formação Cariri	Formação Cariri	Formação Tacarutu	Formação Cariri	Formação Tacarutu	Paleozóico	Formação Cariri	Formação Mauriti	Formação Mauriti	Formação Cariri

Figura 8 - Mapa da Bacia do Araripe e suas Tectono Sequências.



Fonte: Modificado de Assine (2007).

Contudo, hoje dão-se por conhecidas 8 formações presentes dentro da bacia do Araripe, com algumas ressalvas por propostas de mudanças hierárquicas de camadas e formações. Dessa forma a sequência Sinéclise é formada pela Formação Cariri, a sequência Pré-Rifte comporta as formações Brejo Santo e Missão Velha, a sequência Rifte composta pela formação Abaiara, enquanto todas as formações supra sequentes representam a sequência Pós-Rifte, Barbalha, Crato, Ipubi, Romualdo, Araripina e Exu, nesta ordem da base para o topo (ASSINE et al., 2014).

A Bacia do Araripe repousa sobre um arcabouço estruturado segundo falhamentos de direção NE e WNW resultantes dos esforços tectônicos do rompimento de Gondwana (ASSINE, 1990; MATOS, 1992; PONTE & PONTE FILHO, 1996a). Esta configuração de falhas construíram um sistema de grabens e horsts segundo o padrão Rifte, que para Matos (1992) secciona a bacia em duas sub bacias: Feira Nova e Vale do Cariri.

3.1.1 Sequência Pós-Rifte

Esta sequência representa o ciclo de sedimentação marcante para a evolução estratigráfica da bacia do Araripe, uma vez que a partir deste ponto as sequências sedimentares divergem dos padrões de sedimentação atuantes na margem.

Segundo Assine et al., (2014) esta sequência pode ser subdividida em duas sub sequências, pós rifte I e II. A sub sequência pós rifte I é composta das formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo, enquanto a pós rifte II das formações Araripina e Exu.

Proposto originalmente por Neumann & Cabrera (1999), o “Grupo Santana” é composto pelas formações Rio da Batateira (equivalente da Barbalha), Crato, Ipubi e Romualdo, este grupo seria o equivalente à sub sequência pós rifte I de Assine (2007) e Assine et al., 2014.

3.1.1.1 Formação Barbalha

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

Definido, segundo Assine (1992), como Formação Barbalha os mesmos sedimentos correspondentes à Formação Rio da Batateira de Ponte & Appi (1990) que atribuíram esta denominação devido à “*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”.

Porém, Hashimoto et al. (1987) utilizaram a designação de “Camadas Batateira” para separar um intervalo de folhelhos pirobetuminosos e brechas carbonáticas encontrados no perfil do Rio da Batateira, que constituem importante marco estratigráfico regional em toda a Bacia do Araripe (ASSINE, 1992, 2007; ASSINE et al, 2014).

Por isto, tendo em vista a importância de manter a denominação Camadas Batateira para o marco estratigráfico, Assine (1990, 1992, 2007) optou por empregar a denominação Formação Barbalha, adotada aqui.

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

A Formação Barbalha é composta por dois ciclos fluviais granodecrescentes que se encerram em níveis pelíticos lacustres ou fluviais (ASSINE, 2007; FAMBRINI et al., 2015a). O primeiro comporta na base arenitos grossos, geralmente conglomeráticos, com estratificações cruzadas tabulares, cruzadas e acanaladas, feições de corte e preenchimento de canal e crostas ferruginosas (PONTE & APPI, 1990; FAMBRINI et al., 2015a, b).

A sucessão exibe nítida tendência granodecrescente ascendente com níveis pelíticos no topo. Tal tendência foi notada por Hashimoto et al. (1987), Assine (1992), Neumann (1999) e, mais recentemente, por Chagas et al. (2007), Menezes-Filho et al. (2011), Fambrini et al. (2015a, b) e Scherer et al. (2015).

Estes autores identificaram dois ciclos granodecrescentes, e o ciclo inferior termina com uma camada de folhelhos pretos pirobetuminosos, que foi denominada como Camadas Batateira (HASHIMOTO et al. 1987).

Definido por Farina (1974) como “Sequência Plumbífera do Araripe” o pacote de folhelhos negros que comporta um horizonte decimétrico de calcários com feições de exposição que Hashimoto et al. (1987), denominaram este horizonte como “Camada Batateira”.

Conforme Assine (1992, 2007), o segundo ciclo da Formação Barbalha encontra-se caracterizado por arenitos grossos na base em sequência granodecrescente, ligeiramente mais finos que o ciclo sotoposto. Encontra-se em contato erosivo à camada Batateira, intercalam-se com folhelhos calcíferos esverdeados que tendem dominar o topo da formação. O ciclo é encerrado por uma camada de calcários micríticos laminados que se interdigitam a folhelhos verdes.

Análise de trato de sistemas para ambientes continentais promovida por Scherer et al. (2015) propõe que os dois ciclos, aos quais designaram de duas sequências, configuraram-se em tratos de sistemas: (i) Trato de Sistema de Baixa acomodação representado pelos depósitos de canais amalgamados; (ii) o Trato de Sistema de Alta acomodação que representam os depósitos de *overbank* e/ou lacustrinos. Desta forma os autores compreendem os dois grandes ciclos da formação em função da inflexão destes tratos, onde cada um dos ciclos contém os tratos em seu empilhamento.

Promovendo a interpretação dos sistemas deposicionais da Formação Barbalha, Fambrini et al. (2015b) propuseram que a seção inferior (primeiro ciclo) é representada por sistemas de barras em canais efêmeros rasos, lateralmente extensos, com menor proporção de planície de inundação, cujo processo de sedimentação deu-se por caráter episódico. Separada pela sucessão lacustre (Camada Batateira), a seção superior (segundo ciclo) constitui um sistema fluvial meandrante com pacotes pelíticos mais espessos no topo do perfil. No topo do perfil encontram-se corpos arenosos subordinados aos pacotes pelíticos em forma de deltas arenosos.

A Camada Batateira, constituída por folhelhos pretos pirobetuminosos e aglomerados de pelóides encontradas no perfil do Rio da Batateira, foi interpretada como originada em ambiente continental, onde se instalaram lagos com condições de anoxia (PONTE & APPI, 1990; ASSINE, 1992, 2007; CHAGAS, 2006). Esta afirmação é reforçada pelo conteúdo fossilífero encontrado nesses folhelhos, onde são verificados coprólitos, restos de peixes de ambiente fluvio-lacustre (*Dastilbe elongatus*), fragmentos de vegetais carbonizados e palinomorfos (ASSINE, 1992, 2007).

Em 1984, Lima & Perinotto (1984) verificaram através dos estudos palinológicos com base nos grupos vegetais presentes nos sedimentos coletados nas Camadas Batateira que o clima era quente e seco (semi-árido) no período de sua deposição. Ponte & Appi (1990) interpretaram estes estratos como sendo depositados em águas doces a mixohalinas, em ambiente lacustre de baixa energia.

Segundo a assembleia fossilífera, dotada exclusivamente de biomassa não marinha, o sistema de sedimentação converge para uma interpretação exclusivamente continental de ambiente lacustre (NEUMANN, 1999).

Contudo, segundo Assine et al., (2014) o intervalo compreendido pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo é considerado como um conjunto de sequências transgressivas e regressivas, com interferência marinha dentro dos domínios da bacia desde o Aptiano.

Assine (1994) obteve resultados de paleocorrentes que configuram padrão segundo SE. Este correlaciona-se ao padrão da Formação Marizal (Bacia do Tucano) de acordo com dados obtidos por Rolim e Mabesoone (1982).

Lima & Perinotto (1984) realizaram excelentes 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 varrивerrucata*, entre outros. Estes polens, principalmente o *Sergipea varrивerrucata* permitiram posicionar o nível de folhelhos em questão (Camada 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 do intervalo superior do Andar Alagoas, de idade neo-aptiana. Ponte & Appi (1990) atribuíram esta porção à palinozona P-270 da Petrobras.

Syrio & Rios-Netto (2002) estudaram a associação de ostracodes existente na porção superior da Formação Barbalha, próximo ao contato com a Formação Crato, identificando seis espécies que distinguiram a biozona da Petrobras NRT-11 correspondente ao Andar Alagoas.

A idade obtida para a Formação Barbalha decorrente de análises de palinomorfos foi aptiana superior, Andar Alagoas biozona P-270 (LIMA, 1978a; LIMA & PERINOTTO, 1984; HASHIMOTO et al., 1987; ARAI et al., 1989; RIOS-NETTO et al., 2012). De acordo com Coimbra et al. (2002) os microfósseis encontrados nesta formação sugerem uma idade aptiana para estes estratos.

Barbosa et al. (2006) identificaram a presença de *Taenidium barreti* em siltitos da Formação Barbalha (Aptiano), Bacia do Araripe. *Taenidium barreti* ocorre junto com *Planolites* e *Skolithos*, caracterizando uma associação da icnofácies *Scoyenia*. Organismos geradores de *T. barreti* normalmente eram adaptados a condições de baixa energia de ambientes transicionais, frequentemente inundados ou expostos, provavelmente relacionadas a fácies distais de planícies de inundação, interfácies flúvio-lacustres ou áreas de espriamento de distributários deltaicos.

3.1.1.2 Formação Crato

Repousando sobre os pelitos do topo da Formação Barbalha, encontra-se uma camada carbonática, definidas por Small (1913) como “Calcáreo de Sant’Anna”. Porém a sucessão

desses sedimentos carbonáticos e os sedimentos sobrepostos de evaporitos e folhelhos, foi definido como Formação Santana (BEURLIN, 1971) que comporta os Membros Crato, Ipubi e Romualdo, assim como defendido por Ponte & Appi (1990).

No entanto foram propostas novas configurações para este intervalo, a exemplo de (SILVA, 1988; MARTILL, 1993) que especulam a elevação de categoria estratigráfica de alguns membros (NEUMANN, 1999; NEUMANN & CABRERA, 1999) ou pela supressão de alguns membros (MORAES et al., 1976; LIMA, 1979; ASSINE, 2007). A formação aflora nos paredões das escarpas da chapada, assim como a formação sotoposta.

Apresentam uma espessura máxima é de 45 m e são compostos por folhelhos papiráceos calcíferos, interestratificados com calcários micríticos laminados, argilosos, formando bancos extensos, depositados durante o Aptiano (PONS et al., 1990). Tem-se recentes análises realizadas nos calcários laminados expressam no geral $COT > 1\%$ (CATTO et al., 2016).

Segundo Neumann et al. (2003) os carbonatos são de origem bacteriana em condições anóxicas, contudo, existem evidências de fácies similares por mecanismos de sedimentação química (não biogênicos). No entanto Catto et al. (2016) inferiram que ao menos 90% da sequência carbonática da formação foi proveniente de atividade orgânica que reduzia sulfatos o que promoveu uma concentração atípica de sulfetos por indução biológica. O registro fóssilífero é extremamente significativo e diversificado.

A sequência carbonática descrita é compatível com a interpretação de sistemas lacustres para esta unidade (SILVA, 1983). Segundo Assine (1990, 1992), o sistema é de baixa energia com influência de aporte terrígenos decrescente para o topo, observando-se ocorrência de filamentos algálicos.

Segundo Lima (1978a), a Formação Crato é interpretada como de idade albiana. No entanto, estudos posteriores revelaram que a sequência compreende o intervalo Aptiano Superior/Albiano Inferior (REGALI, 1989). Para Viana & Neumann (2002) os sedimentos desta unidade foram sedimentados no Cretáceo Inferior. Corroborando para o refinamento da datação relativa, Assine (2007) interpreta idade neoptiana para este intervalo.

3.1.1.3 Formação Ipubi

O Grupo Santana segue representado por um pacote evaporítico (PONTE & APPI, 1990, ASSINE, 1992) composto de Gipsita. Segundo Assine (1994) este intervalo é resultado de um evento de máxima ingressão marinha onde as encontraram vasta planície arrasada e sedimentou as fácies de superfície de máxima inundação, onde se depositaram as camadas de gipsita.

Concentram-se na borda oeste, enquanto na porção leste os níveis são lenticulares e ocorrem associados a folhelhos verdes com delgadas camadas arenosas finas e calcário laminado. Apresentando uma espessura média de 30m.

Estudos petrográficos realizados por Silva (1988) mostram a presença de pseudomorfos de gipsita (gipsita lenticular, anidrita laminada e nodular).

A este pacote referiu-se a nomenclatura de Membro Ipubi (PONTE & APPI, 1990), porém representa um marco estratigráfico notável, propondo-lhe a classificação de Camada Ipubi por Assine (2007). No entanto considera-se esta unidade categoricamente como Formação Ipubi, pois a exposição desta encontra-se mapeável para escalas de 1:25.000, segundo o Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (SBG, 1986).

Segundo sua estruturação associada a folhelhos portadores de conchostráceos, folhelhos pirobetuminosos ricos em ostracodes não marinhos e fragmentos vegetais carbonizados, concordam com uma interpretação de ambiente com sedimentação continental lacustre (BERTHOU et al., 1988). Contudo Interpretação de Nascimento Jr. et al., (2016) interpretaram como lacustre raso, calmo, anóxico, localmente salino sob influências sazonais, tipo um sistema *playa-lake*.

No entanto, segundo Assine (1992) a associação paleontológica possui formas marinhas o que corrobora para uma seção evaporítica oriunda de ambientes costeiros de (supramaré) susceptíveis a variações relativas do nível do mar sob um clima árido a semi-árido.

Os evaporitos da Formação Ipubi são interpretados como originados em ambientes costeiros (supramaré), suscetíveis a variações relativas do nível do mar, sob condições de clima árido a semi-árido (ASSINE, 2007). As características mineralógicas, dimensões, natureza e geometria das camadas indicam sistemas deposicionais similares aos das modernas salinas do sul da Austrália.

3.1.1.4 Formação Romualdo

A Formação Romualdo, última formação do Grupo Santana, representa o maior jazigo paleontológico da bacia. É conhecido mundialmente como Santana Lagerstaette (Fara et al., 2005). Originalmente identificada como membro inferior da Formação Exu (BEURLEN, 1963) teve sua porção superior interpretada como Formação Arajara, posteriormente (PONTE & APPI, 1990).

Litologicamente representada por arenitos interestratificados com folhelhos, margas contendo concreções frequentemente fossilíferas que ocorrem em meio a folhelhos esverdeados ricos em ostracodes (ARAI & COIMBRA, 1990).

Estudos petrográficos revelaram que as concreções são compostas de calcário micrítico, finamente laminado em concordância com a laminação dos folhelhos, com presença de ostracodes constituindo biomicritos cimentados por calcita espática (ASSINE, 1992).

Considerando o grau de preservação dos peixes presentes nas concreções, interpreta-se um ambiente de sedimentação de águas calmas. Contudo, observa-se que a alta taxa de mortandade que proporcionou o grande número de fósseis seria consequência de uma mudança catastrófica de caráter químico (flutuação de salinidade) e/ou climático do ambiente (MARTILL, 1988).

Em direção ao topo da unidade reconhece-se um horizonte de coquinas, com até 1 (um) metro de espessura (SALES, 2005). Evidências de moluscos marinhos (*turritelídeos*) (BEURLEN, 1963), dinoflagelados e foraminíferos (LIMA, 1978a, ARAI & COIMBRA, 1990) e equinoides (BEURLEN, 1966), são referências indiscutíveis de ingressão marinha.

Della Fávera (1987) avalia também que eventos de sedimentação episódica de alta energia (tempestades) seriam a causa da mortandade em massa dos peixes contidos nas concreções calcárias, devido ao revolvimento dos sedimentos orgânicos lamosos do fundo, provocando envenenamento ambiental.

Porém, como observado por Chagas (2006), as concreções situam-se em intervalo de cerca de 4,0m de folhelhos posicionados alguns metros abaixo do nível das coquinas, e se acham dispersas no folhelho, evidenciando que o processo não envolveu fundamentalmente eventos episódicos de mortandade em massa. Além disso, apontou o autor, não existem evidências de estruturas produzidas por ondas no intervalo das concreções, ou abaixo dele.

Segundo Assine (2007) a formação tem um padrão de paleofluxo do trato transgressivo com sentido NNW indicando que a ingressão marinha se deu por influência do sistema RTJ e/ou Bacia Sergipe/Alagoas.

Por fim, Regali (1989) baseado em palinomorfos, considera os evaporitos de idade aptiana superior, enquanto Lima (1978a) atribui idade albiana inferior para toda a formação. Idade entre o Albiano inicial para médio foi apontada por Coimbra et al. (2002) para os membros Ipubi e Romualdo da Formação Santana. Entretanto, Assine (2007) reitera a proposição cronológica para a formação como de idade Neo-Aptiana/Eo-Albiana.

Por outro lado, Martill (2007) apontou que tentativas de datação com maior precisão nos últimos 30 anos têm citado idades que variam entre como Aptiano, Albiano ou,

possivelmente, Cenomaniano. Contudo, foram apresentados poucos dados confiáveis para oferecer suporte a essas datações.

4 RESULTADOS

Aqui estão compilados os resultados obtidos no levantamento descritivo dos testemunhos de sondagem do Projeto Santana, fruto e objetivo de estudos para Scheid et al., (1978). Este projeto, dividido em duas fases (mapeamento para locação dos furos e descrição e interpretação dos testemunhos) tinha como premissa a avaliação do potencial jazigo de metais (Pb, Cu e Zn) para a bacia, uma vez que foram identificadas ocorrências minerais em afloramentos que alertavam para uma suposta mineralização.

Partindo deste trabalho, de posse dos relatórios descritivos e do acervo de testemunhos disponibilizados pelo DNPM-Recife, foram descritos todos os 14 furos do projeto (Figura 9), dos quais em 12 foram observadas presença da unidade alvo de estudo deste trabalho.

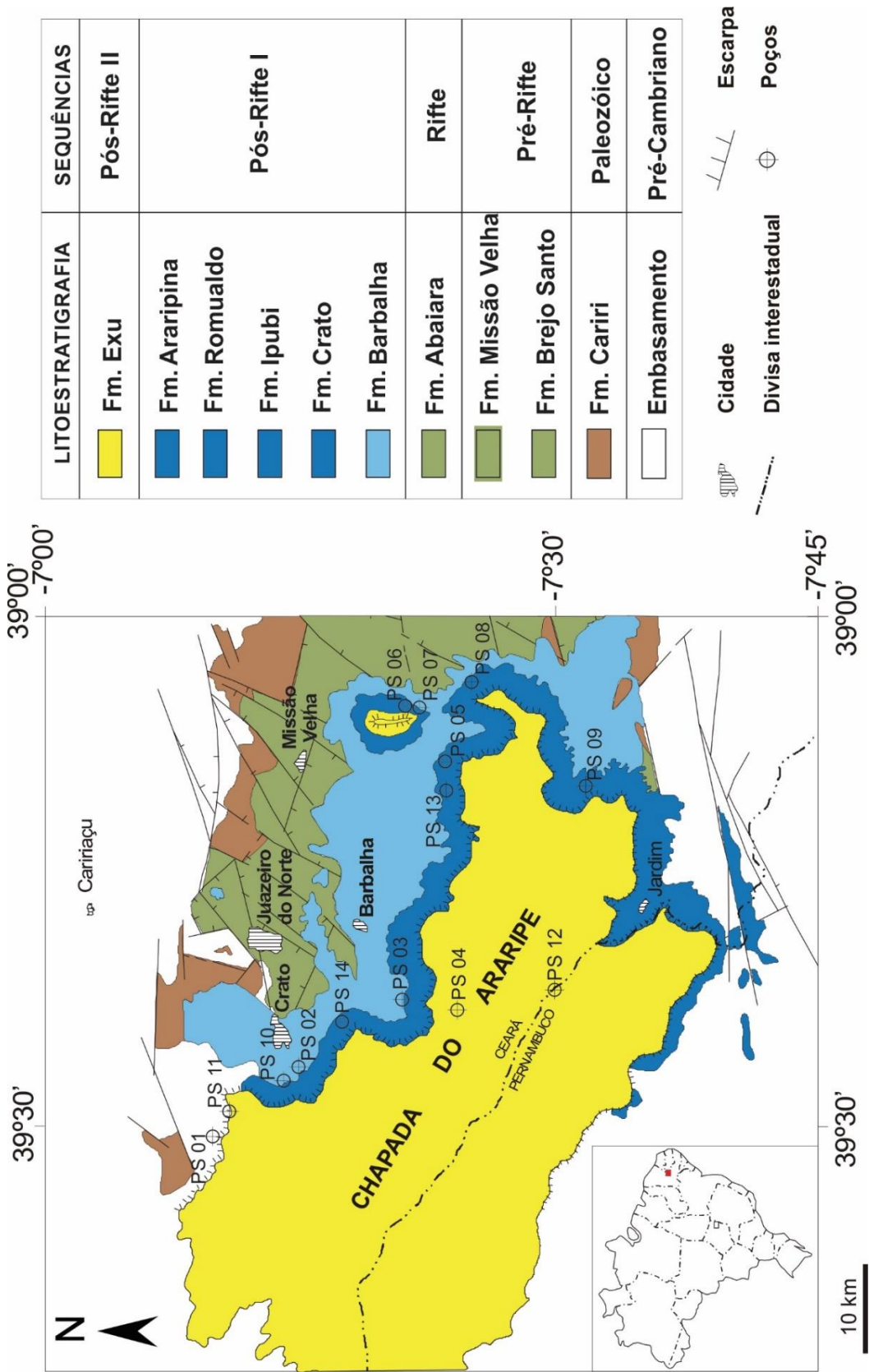
Desta forma, buscou-se definir as fácies que foram estudadas em sub superfície e classificá-las em função da granulação e estruturas observáveis em escala de testemunho. Uma vez que a seção do furo tem em média 1,5” (cerca de 3,8cm de diâmetro) e formato cilíndrico, a diferenciação de uma estratificação cruzada planar de uma cruzada acanalada fica comprometida.

No entanto, o padrão de estruturas de estratificação encontrado foi relacionado às descrições promovidas em afloramentos da unidade em superfície, com a intenção de correlacionar os pacotes, minimizando as disparidades, reduzindo a margem de um equívoco de interpretação.

O processo descritivo revelou que nem todos os furos contemplam amostras da Formação Barbalha e que os testemunhos que a contém, nem todos representam todo o intervalo representado. Contudo, ainda assim eles representam uma ferramenta fundamental para o entendimento da formação.

A Tabela 3 exprime dados dos furos como nível de base da unidade, espessura e coordenadas dos furos. De forma geral, os furos foram locados nas escarpas da Chapada do Araripe, onde se observam afloramentos do Grupo Santana, onde se encontra a unidade estudada.

Figura 9 - Localização dos Furos em Mapa Geológico da Bacia do Araripe.



Fonte: Próprio Autor, modificado de Assine (2007).

Tabela 3 - Informações técnicas sobre os furos e a Formação Barbalha

LOCALIZADOR DOS FUROS										
FURO	X (W)	Y (S)	COTA DA BOCA (m)	PROFUNDIDADE ALCANÇADA (m)	Recuperação (m)	Cota de Base (m)	Limite sup. Barbalha (m)	Limite inf. Barbalha (m)	Espessura da Formação (m)	
PS01CE	444000	9208450	555	56,5	30,14	498,5	10,75	56,5	45,75	
PS02CE	451400	9199290	514	68,8	26,8	445,2	0	68,8	68,8	
PS03CE	458710	9188090	489	53,4	32,16	435,6	21,5	53,4	31,9	
PS04CE	457590	9182190	601	111,2	37,18	489,8	43,35	111,2	67,85	
PS05CE	484540	9183450	585	70,34	26,01	514,66	0	70,34	70,34	
PS06CE	490500	9187680	641	121,8	84,41	519,2	66,58	114,2	47,62	
PS07CE	490310	9186360	643	120,3	94,04	522,7	44	120,3	76,3	
PS08CE	493080	9180680	630	95	42,75	535	0	42,75	42,75	
PS09CE	481810	9168390	641	70,35	37,14	570,65	40	70,35	30,35	
PS10CE	450000	9201080	553	120	78,16	433	18,7	78,16	59,46	
PS11CE	446610	9206760	679	169,85	121,42	509,15	-	-	0	
PS12CE	459780	9171780	819	374,3	158,08	444,7	-	-	0	
PS13CE	481340	9183380	657	152,95	91,4	504,05	50,5	152,95	102,45	
PS14CE	456350	9194580	568	152,55	44,63	415,45	68,7	152,55	83,85	
TOTAL (m)				1737,34	904,32				Média = 66,02	

4.1 Caracterização Faciológica

Originalmente definida como uma seção do “arenito inferior” de Small (1913), Beurlen (1963) definiu como um intervalo dos arenitos da Formação Missão Velha, classificação que foi seguida por Scheid et al., (1978).

Aqui assumida como Formação Barbalha, segundo a proposta de Assine (1992, 2007); Assine et al., (2014); Fambrini et al., (2015), por concordar com os parâmetros utilizados para esta nomenclatura. Contudo, não foram excluídas as contribuições vinculadas aos trabalhos que seguem a outra vertente de denominação (Formação Rio da Batateira) como proposta por Ponte & Appi (1990).

O levantamento descritivo promoveu a definição de 11 fácies que representam as ocorrências mais comuns e representativas da Formação Barbalha nos testemunhos. Os resultados aqui explanados corroboram com aqueles obtidos por Fambrini et al., (2015a) em levantamentos de campo. Estes autores definiram um conjunto de 24 fácies em perfis dos rios da Batateira, Salamanca/São Francisco e Guaíba, além de exposições no entorno da cidade de Barbalha.

Segundo os resultados obtidos neste trabalho descritivo, as 11 fácies encontradas em sub superfície são aflorantes nas encostas da Chapada e nas ravinas provocadas pela ação fluvial. Aqui apresentadas na Tabela 4, as fácies definidas neste trabalho em suas ocorrências em toda a sequência da Formação Barbalha.

Tabela 4 - Fácies definidas a partir dos testemunhos de sondagem do Projeto Santana e suas estruturas sedimentares determinantes

Código	Litofacies	Estruturas Sedimentares
Cm	Conglomerados maciços ou grosseiramente acamadados, polimíticos	Maciça, por vezes raro acamamento horizontal
Ac	Arenitos médios a muito grossos, por vezes com seixos	Estratificações cruzadas tabulares (e/ou) Acanaladas de pequeno (e/ou) médio porte
Al	Arenitos muito finos a muito grossos, podendo conter seixos pequenos e bolas de argila	Estratificação plano-paralela, por vezes laminação horizontal
Am	Arenitos médios a finos, esporadicamente grossos, com seixos	Estrutura maciça

	esparços, mal selecionados, com intraclastos de argila	
Acc	Arenitos finos a muito finos, sílticos, tabulares, intercalados com horizontes pelíticos	Laminações cruzadas cavalgantes
Ad	Arenitos médios a finos, com estruturas de fluidização e de carga, associadas a dobras convolutas	Estruturas de deformação como laminações convolutas, laminações contorcidas e estruturas de escape de fluido
Sl	Siltitos acinzentados	Laminação muito evidente
Arl	Argilitos vermelhos a castanho-avermelhados laminados	Laminação plano-paralela evidente
Arm	Argilitos cinza-amarronzados	Estrutura maciça
Fp	Folhelho muito físsil (papiáceo), de coloração cinza escura a preta, abundante presença de ostracodes, tornando-o calcífero.	Fissilidade
Cp	Calcário peloidal de coloração cinza clara, formada por pelóides milimétricos a centimétricos, irregulares entre lâminas orgânicas	Laminado, com pelóides inclusos em meio as lâminas

4.1.1 Conglomerado maciço (Cm)

Esta fácies é caracterizada por um arcabouço de conglomerados grossos, clasto suportado ou matriz suportado. Há evidências de clastos no tamanho seixo (~2cm de diâmetro), de composição quartzosa, feldspática ou até heterolítica (Figura 10). Estruturas internas às camadas não foram observadas, atribuindo classificação de camadas maciças com espessura decimétrica.

No geral os conglomerados se apresentam no início da formação em contato com a unidade sotoposta, ou no meio do empilhamento da unidade, sobre sedimentos lamosos de ambientes lacustres que representam um marco estratigráfico para a bacia, que será discutido adiante.

Os conglomerados maciços são interpretados como depósito de base erosiva, típico de instalação de um sistema fluvial de alta energia, erodindo o substrato para formar o leito do rio e com competência para carregar e sedimentar partículas do tamanho seixo (nas bases das barras fluviais).

Figura 10 - Exemplos da Fácies Conglomerado maciço (Cm). Legenda: A – PS04CE ~ 95,85m; B – PS10CE ~ 93,05m; C – PS14CE ~ 120,75m; D – PS14CE ~ 136,00m.



Fonte: Próprio Autor.

4.1.2 Arenito com laminação cruzada (Ac)

Especialmente nestas fácies encontram-se duas classificações de arenitos com laminações cruzadas planares e acanaladas, juntas. Devido a escala de observação limitada, a diferenciação destas estruturas é dificultada.

Contudo são representadas por camadas arenosas, de granulação finas a grossas, por vezes com a base conglomerática, podem conter pelotas de argila retrabalhada (*mudstone*

drape), podendo conter micas presentes nos estratos ou não, coloração variegada (amarelado, alaranjado e acinzentado). Apresentam, no geral, baixos ângulos de inclinação das lâminas e tem espessura de escala decimétrica a métrica (Figura 11). Geralmente apresentam gradação normal (diminuição do tamanho do grão para o topo).

Figura 11 - Exemplos da Fácies Arenito com laminação cruzada (Ac). Legenda: A – PS07CE ~ 67,00m; B – PS13CE ~ 150,00m; C – PS01CE ~ 27,70m; D – PS01CE ~ 15,00m.



Fonte: Próprio Autor.

Representam sistemas fluviais, por mecanismo de tração, migração e sedimentação por barras de canais fluviais em correntes de canais entrelaçados, de acordo com os preceitos de Miall (1996). A fácies Ac também indicam condições de regime de fluxo inferior. Acumulações generalizadas, finas, de seixos e pelotas de argila retrabalhadas, que ocorrem ao longo de superfícies horizontais que truncam as estratificações cruzadas, também estão presentes dentro destes depósitos, como observado por Fambrini et al., (2015a).

4.1.3 Arenito laminado (Al)

Encontram-se aqui os intervalos arenosos, finos a médios com laminação plano paralela. De coloração amarelada, geralmente são depósitos decimétricos que se encontram no topo dos intervalos cíclicos, intimamente ligados a sedimentos lamosos (argilitos e siltitos) (Figura 12).

Representam no empilhamento, eventos de transbordamento do leito fluvial (no caso das estratificações plano paralelas) ou eventos de incremento do fluxo (supercrítico) que causa estrutura de laminação em arenitos finos, assemelhando-se a depósitos de *crevasse-splay*.

4.1.4 Arenito maciço (Am)

Neste conjunto de fácies se encontram pacotes arenosos de granulação grossa a fina, de coloração variegada (amarelado, alaranjado e acinzentado) (Figuras 13). Dispostos sem nenhuma estrutura aparente, na escala de observação dos testemunhos. Apresentam-se segundo camadas com espessuras de escala decimétrica até métrica que localmente podem apresentar gradação normal.

No geral ocorrem no topo de sequências arenosas com rápida perda de competência do fluxo ou em mudanças bruscas com desconfinamento de fluxo.

Estes foram interpretados como oriundos de sistemas fluviais com quedas bruscas no regime do fluxo, ou até enxurradas, onde o aporte turbulento de sedimentos descarregados em um canal fluvial se assemelha a um aluvião, porção mais proximal do sistema.

Figura 12 - Exemplo da Fácies Arenito laminado (Al). Legenda: A – PS02CE ~ 35,00m; B – PS10CE ~ 34,00m; C – PS08CE ~ 47,00m; D – PS07CE ~ 62,00m.



Fonte: Próprio Autor.

4,1,5 Arenito com laminação cruzada cavalgante (Acc)

Aqui encontram-se sequências areno lamosas onde estão presentes estruturas de *climbing ripples* (laminação cruzada cavalgante). São fácies arenosas finas intimamente depositadas com partículas lamosas, geralmente acinzentadas (Figura 14).

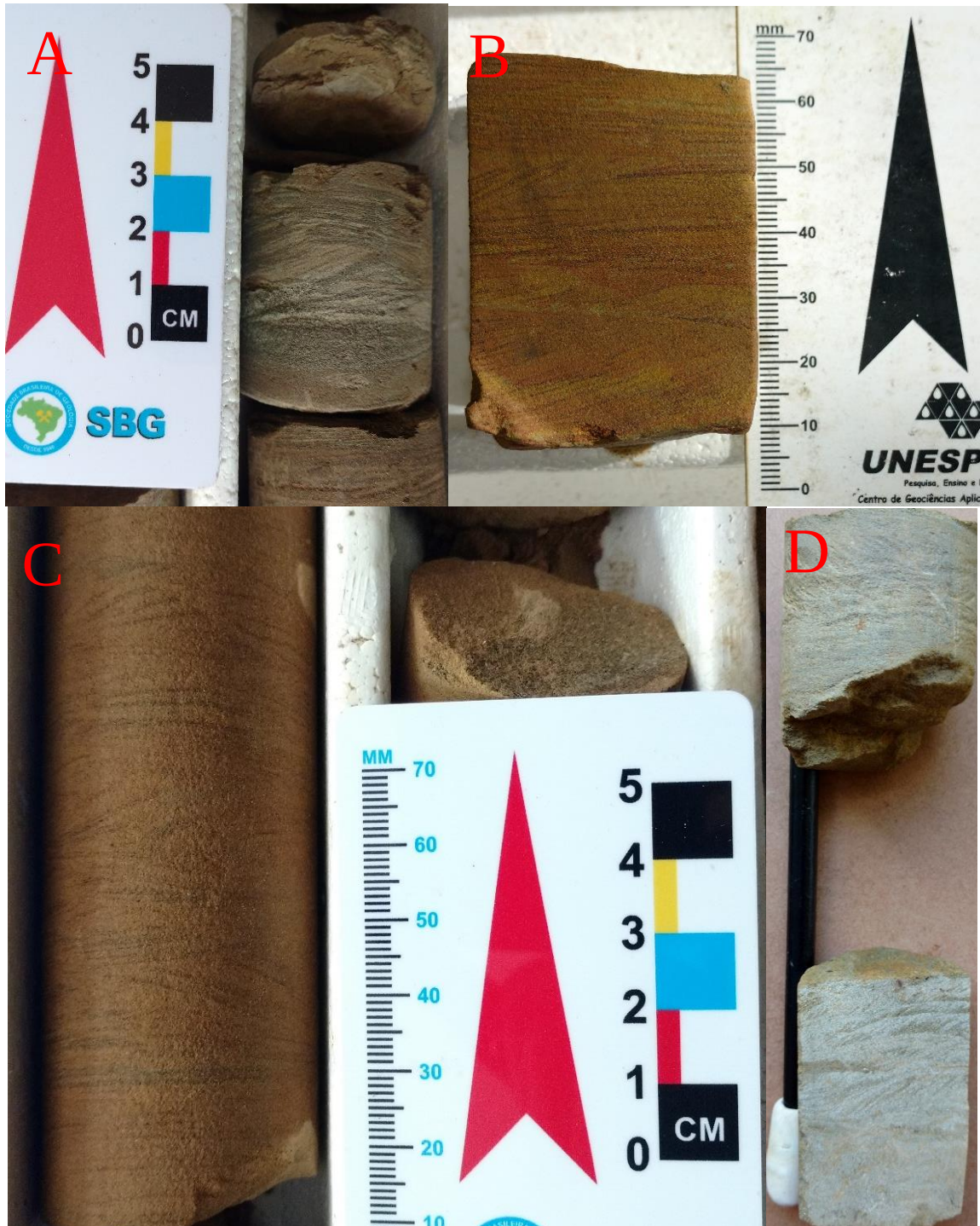
Encontram-se mais presentes no topo dos ciclos, representando uma fácies determinante de sistemas fluviais de baixa energia, onde o fluxo é desconfinado por um evento de cheia, transbordando os limites do leito e promovendo depósitos, episódicos, em planícies de inundação (*overbank*).

Figura 13 - Exemplos da Fácies Arenito maciço (Am). Legenda: A – PS10CE ~ 78,00m; B – PS14CE ~ 148,00m; C – PS01CE ~ 45,00m; D – PS04CE ~ 62,50m.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 14 - Exemplos da Fácies Arenito com laminação cruzada cavalgante (Acc). Legenda: A – PS06CE ~ 69,00m; B – PS10CE ~ 119,00m; C – PS13CE ~ 72,00m; D – PS10CE ~ 15,50m.



Fonte: Próprio Autor.

4.1.6 Arenito com estruturas deformadas (Ad)

Esta fácies é caracterizada por sedimentos arenosos, finos a médios, que apresentam estruturas sedimentares originais perturbadas no interior de suas camadas (Figura 15). Trata-se

de uma fácies pouco representativa nos testemunhos, porém não se deve descartar sua importância na sequência.

Este tipo de estrutura, classificadas como pós sedimentares, reflete eventos episódicos relacionados a desestabilização do substrato lamoso encharcado que se deforma em função do peso das camadas sobrejacentes. Neste caso, devido a sucessão de fácies e o conjunto dos aspectos da formação, relaciona-se esta fácies com escorregamentos localizados nas porções mais proximais do sistema fluvial ou escapes de fluídos contidos em camadas sobrepostas.

Figura 15 - Exemplos da Fácies Arenito com estruturas deformadas (Ad). Legenda: A – PS13CE ~ 64,60m; B – PS07CE ~ 80,00m; C – PS13CE ~ 65,00m; D – PS13CE ~ 128,00m.



Fonte: Próprio Autor.

4.1.7 Siltitos laminados (Sl)

Esta fácies é característica do topo dos ciclos arenosos descritos e da camada de sedimentos anóxicos do marco estratigráfico que divide a formação. Representada por camadas de espessura decimétrica a métrica de siltitos com colorações acinzentado e esverdeado, por vezes bege. Apresentam diferenciados graus de laminação (Figura 16).

Assim definidos, estes pacotes representam um típico depósito de características lacustres de caráter redutor.

Figura 16 - Exemplo da Fácies Siltito laminado (Sl). Legenda: A – PS03CE ~ 29,00m; B – PS14CE ~ 125,90m; C – PS06CE ~ 84,00m; D – PS07CE ~ 85,00m.



Fonte: Próprio Autor.

4.1.8 Argilito laminado (Arl)

Aqui encontra-se o conjunto de sedimentos argilosos com laminação bem definida. São compostos por argilas de coloração variegada (castanho, acinzentado, esverdeado) e são representados por pacotes de espessura decimétrica a métrica (Figura 17).

Comumente encontrados nas porções mais superiores dos ciclos arenosos e mais representativo na sequência medial da Formação Barbalha. Tratam-se de sedimentos que são depositados em ambientes de baixa energia como os depósitos em planícies de inundação de rios meandantes ou anastomosados.

Figura 17 - Exemplos da Fácies Argilito Laminado (Arl). Legenda: A – PS03CE ~ 25,00m; B – PS13CE ~ 142,00m; C – PS06CE ~ 77,00m; D – PS04CE ~ 99,00m.



Fonte: Próprio Autor.

4.1.9 Argilito maciço (Arm)

Existem intervalos lamosos que são aqui colocados em um grupo separado por não apresentarem estrutura interna (laminação). Estes têm feição de pacotes maciços de argila com coloração variegada (avermelhadas, bege a acinzentadas) (Figura 18).

Figura 18 - Exemplos da Fácies Argilito Maciço (Arm). Legenda: A – PS10CE ~ 33,00m; B – PS13CE ~ 89,00m.



Fonte: Próprio Autor.

O caráter maciço destas camadas leva a interpreta-los como depósitos torrenciais de sedimentos finos sobre planícies de inundação em sistemas fluviais meandantes ou anastomosados.

4.1.10 Folhelho papiráceo (Fp)

Esta fácies representa um intervalo bem definido entre os ciclos arenosos da unidade. Composta de sedimentos argilosos e siltosos de coloração predominantemente acinzentada a negra e fissilidade em todas as camadas. Geralmente com espessura métrica a decimétrica, esta fácies é determinante da sequência de sedimentos finos entre os ciclos arenosos (inferior e superior) da Formação Barbalha.

Entende-se que estes intervalos foram depositados por ambientes calmos, de baixa energia, como em ambientes lacustres, simultaneamente com os intervalos lamosos e siltosos que os rodeiam. Posteriormente, por ação de compactação mecânica assumiram a textura de folhelhos, adquirindo fissilidade (Figura 19).

Figura 19 - Exemplo da Fácies Folhelhos Papiráceos (Fp). Legenda: A – PS05CE ~ 65,00m; B – PS14CE ~ 145,00m.



Fonte: Próprio Autor.

4.1.11 Calcário pelóidal (Cp)

A esta fácies dedica-se uma atenção especial por tratar-se do marco estratigráfico referido anteriormente. Esta camada de calcário pelóidal é composta por um intervalo decimétrico de calcário de aspecto brechóide (Figura 20), coloração negra, que contém pelóides esbranquiçados com diâmetro de até 3cm.

Figura 20 - Exemplos da Fácies Carbonato pelóidal (Cp). Legenda: A – PS04CE ~ 102,00m; B – PS07CE ~ 118,00m; C – PS13CE ~ 145,00m; D – PS10CE ~ 99,00m.



Fonte: Próprio Autor.

Esta fácies ocorre em todos os furos e representa a instalação de um sistema lacustre em ambiente redutor. Marca o momento de máxima profundidade do lago instalado na bacia.

4.2 Estudos Petrográficos

Simultaneamente observou-se as feições microscópicas (microfácies) mais coerentes com as macrofácies descritas, como a exemplo das orientações dos estratos, presença de materiais finos como matriz argilosa e cimentação carbonática (presente em algumas amostras).

4.2.1 Textura e Composição dos grãos detríticos

No geral as amostras das fácies Ac, Am e Al, apresentam como maior fração de mineral constituinte o Quartzo, em suas diferentes variedades (monocristalino e policristalino) sendo o mais comum o monocristalino. Em sua grande maioria apresentam extinção ondulante, podendo também apresentar extinção reta.

Apresentando uma granulação variando entre média e muito fina, os grãos de quartzo se mostraram comumente com hábito anedral com grau de arredondamento variando entre subangulosos a arredondados (Figura 21).

As feições observadas sobre os feldspatos indicam uma assembleia de cristais geralmente subédricos, angulosos a subarredondados com geminação polissintética e mimerquita. Podem apresentar-se fraturados.

Dentre o grupo dos feldspatos, os ortoclásios podem apresentar alterações de sericitização parcial dos cristais, contribuindo para a produção de sericita (argilomineral) que permeia nos espaços porosos da rocha como matriz. Ainda se observa a presença de microclínio e sua geminação xadrez típica, além de cristais isolados de pertitas bem preservados e a ocorrência de plagioclásios com geminação polissintética bem marcada (Figura 22).

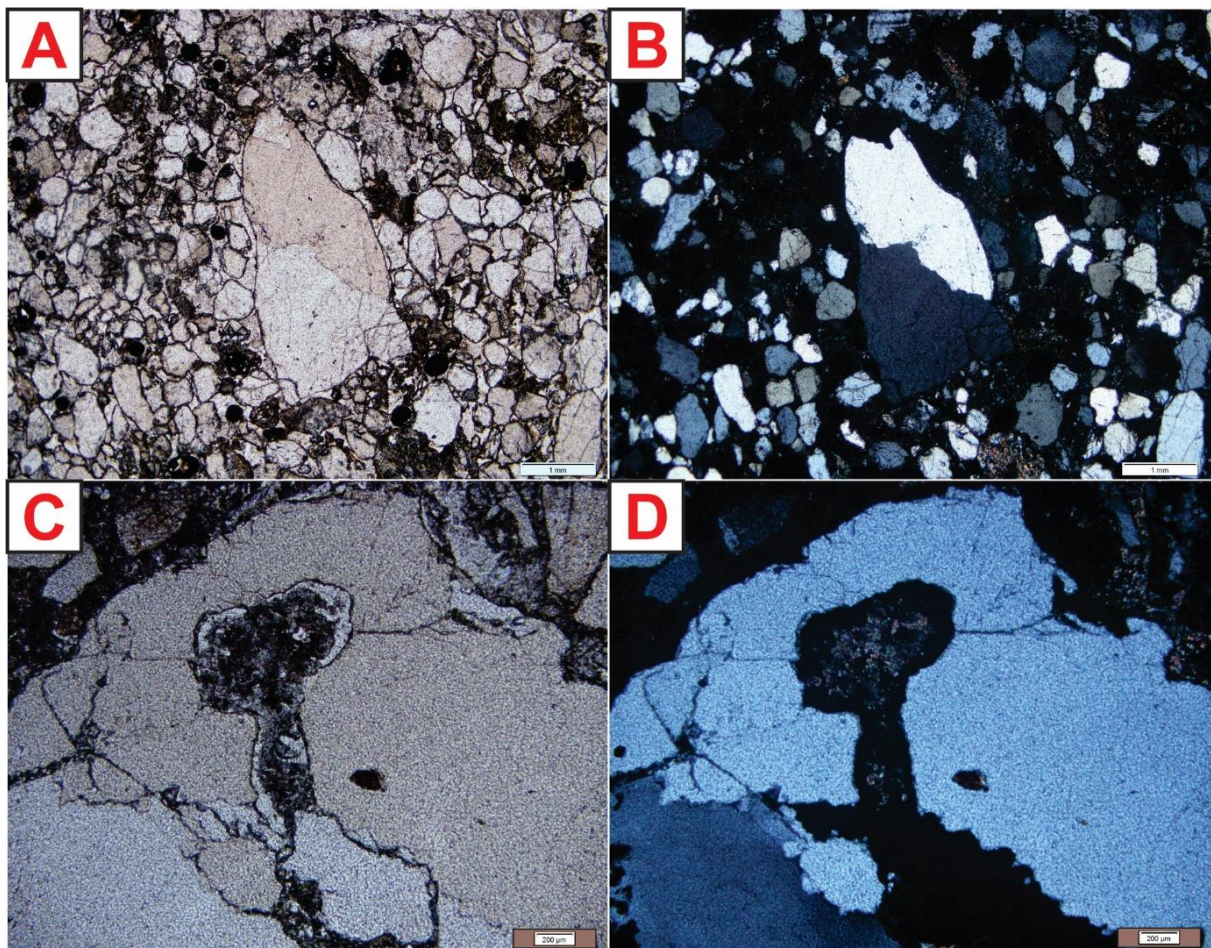
Os fragmentos de rocha são raros, podendo serem associados aos minerais acessórios devido a sua pouca expressividade nas amostras estudadas. No entanto os demais minerais encontrados são as micas e os opacos.

Relacionado ao grupo das micas, as biotitas são as formas mais presentes nas amostras, com cristais lamelares alongados, com cores fortes (castanho escuro, avermelhadas), geralmente encontram-se alongadas segundo a orientação principal dos cristais (Figura 23).

Porém, podem aparecer deformadas em contato com outros grãos de quartzo e feldspato (Figura 24).

No entanto as muscovitas são mais esparsas, com cristais lamelares, alongados, porém incolores a esbranquiçadas, também podem-se apresentar orientadas ou deformadas em contato com outros cristais.

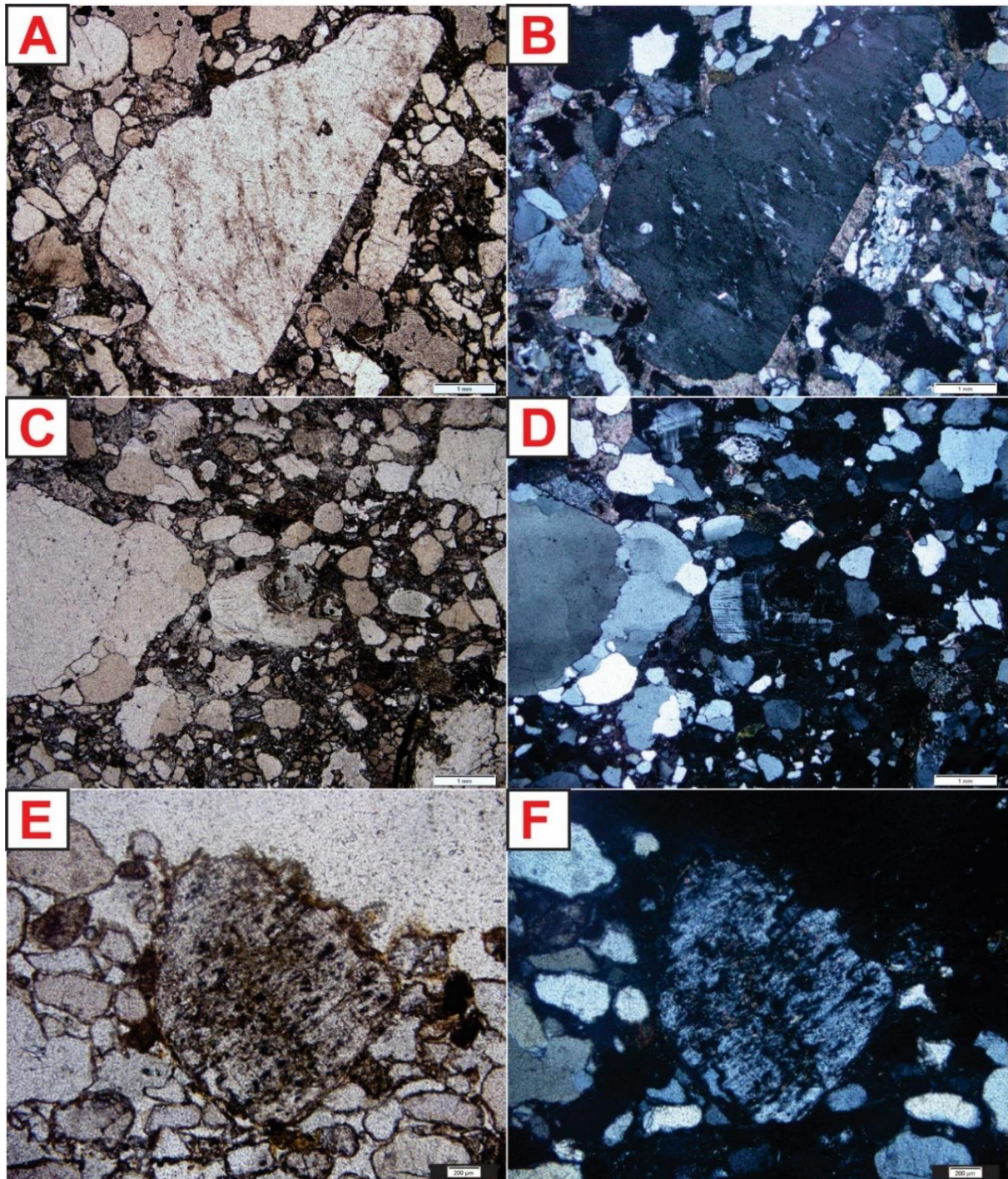
Figura 21 - Quadro de fotomicrografias – aspectos do quartzo. Legenda: A) Fotomicrografia com exemplo da ocorrência de quartzo mono e policristalinos, sub arredondados a sub angulosos, mal selecionados (nicóis paralelos - objetiva de 4x – escala 1mm) (fácies Ac); B) Fotomicrografia A em nicóis cruzados - objetiva de 4x – escala 1mm; C) Cristal de quartzo com cunha de corrosão (nicóis paralelos) (objetiva de 10x – escala 2µm) (fácies Ac); D) Fotomicrografia C em nicóis cruzados (objetiva de 10x – escala 2µm).



Fonte: Próprio Autor.

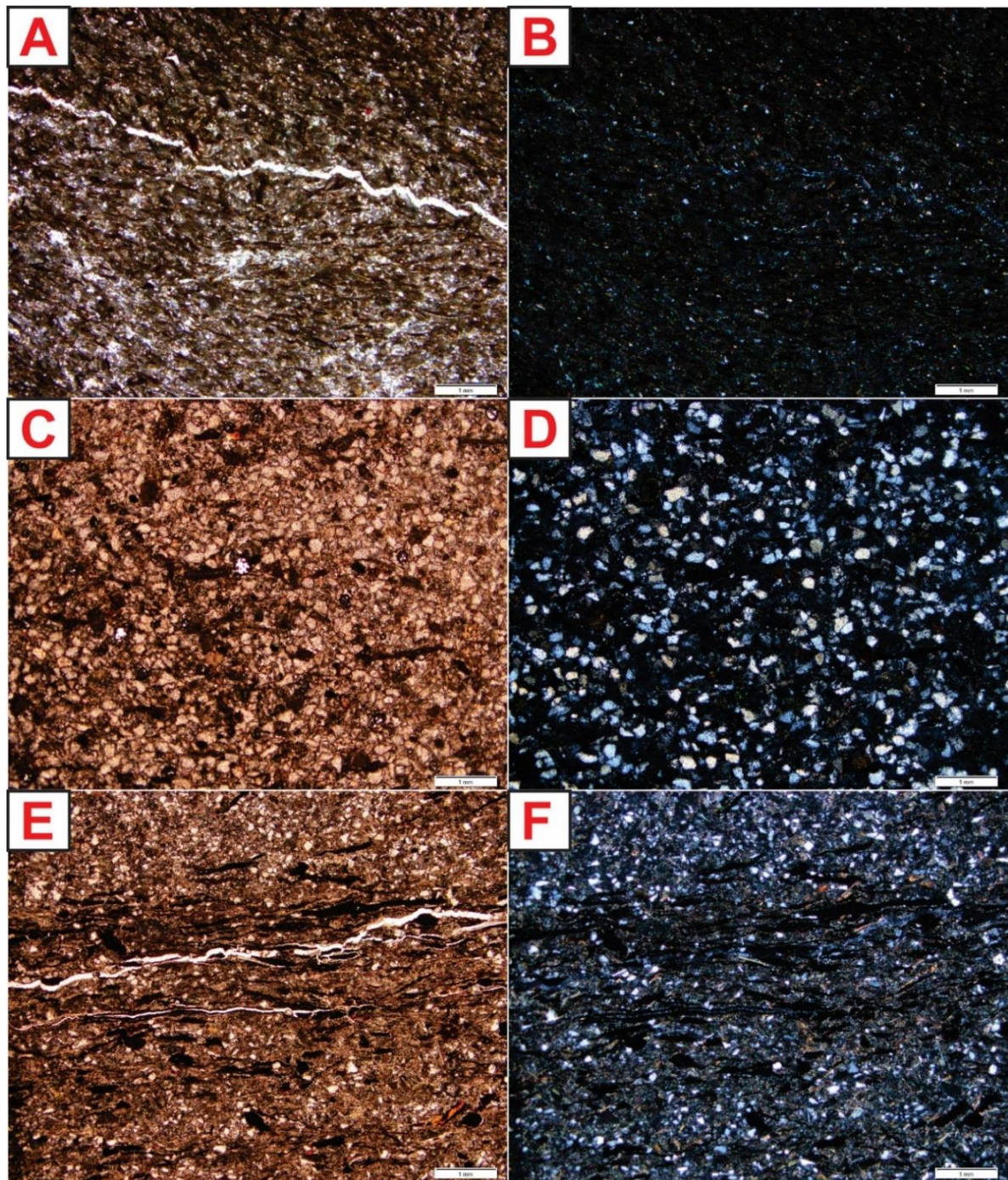
O conjunto de minerais opacos são acessórios oriundos de possíveis reações de oxidação do meio sobre as partículas detríticas. São parte minoritária presente nas amostras junto aos argilominerais, que nas fácies mais grosseiras estudadas ocorrem como matriz ou apenas são resultantes de processos de alteração dos feldspatos.

Figura 22 – Quadro de fotomicrografias – aspectos dos feldspatos. Legenda: A) Geminção pertítica em grão de feldspato, sub anguloso, esta amostra apresenta má seleção (nicóis paralelos - objetiva de 4x – escala 1mm) (fácies Ac); B) Fotomicrografia A em nicóis cruzados (objetiva de 4x – escala 1mm); C) Cunha de corrosão em feldspato sob nicóis paralelos, grãos sub angulosos, mal selecionados (objetiva de 4x – escala 1mm) (fácies Ac); D) Fotomicrografia C em nicóis cruzados (objetiva de 4x – escala 1mm); E) Sericitização de feldspato em nicóis paralelos, grão sub anguloso, com vestígios de geminação polissintética (objetiva de 10x – escala 2 μ m) (fácies Ac); F) Fotomicrografia E em nicóis cruzados (objetiva de 10x).



Fonte: Próprio Autor.

Figura 23 – Quadro de fotomicrografias de fases transicionais entre arenitos e rochas (silte argilosos) com grãos muito finos e a presença de micas orientadas segundo os planos preferenciais. Legenda: Par A-B: orientação preferencial das biotitas (sub horizontalizadas) com alguns grãos muito finos em meio a matriz argilosa (fácies Am); o par C-D: grãos de quartzo, sub arredondados em meio a uma matriz argilosa, sem orientação preferencial dos grãos (fácies Am); o par E-F: rocha composta de grãos finos de quartzo sub arredondados, grãos de biotitas orientados segundo a estruturação da rocha, matriz argilosa e matéria orgânica presente dentro das laminações (fácies Al). Os pares representam as fotomicrografias em nicóis paralelos e cruzados respectivamente (objetiva de 4x – escala 1mm).

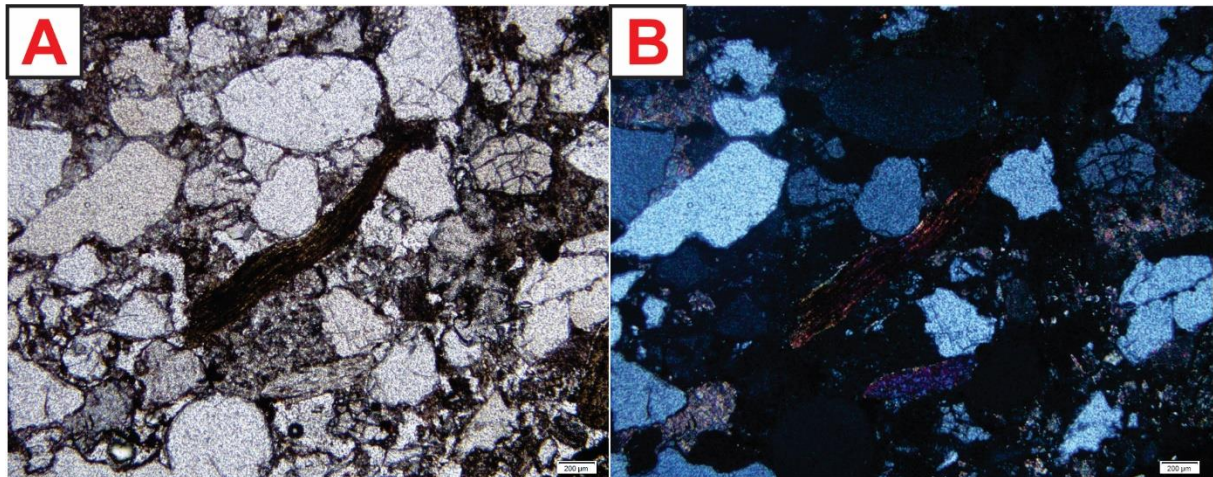


Fonte: Próprio Autor.

Já a matéria orgânica é observada como um constituinte essencial de uma das amostras (Am09) (Figura 23, E-F).

A cimentação observada em algumas amostras é essencialmente carbonática (Figura 25), cimento de carbonato micrítico, provavelmente originado na fase diagenética por interação de fluidos concentrados em carbonatos que precipitaram o cimento nos espaços porosos. Tal fluido pode ter relação com a sequência intermediária da Formação Barbalha (Camada Batateira) e seu constituinte carbonático ou provir dos calcários laminados da Formação Crato.

Figura 24 - Fotomicrografia de grão de mica (biotita) compactado entre grãos de quartzo, sub arredondados a sub angulosos, fraturados e com contatos pontuais e côncavo-convexos (fácies Am). Legenda: A) nicóis paralelos (objetiva de 10x - – escala 2µm) e B) nicóis cruzados (objetiva de 10x - – escala 2µm).

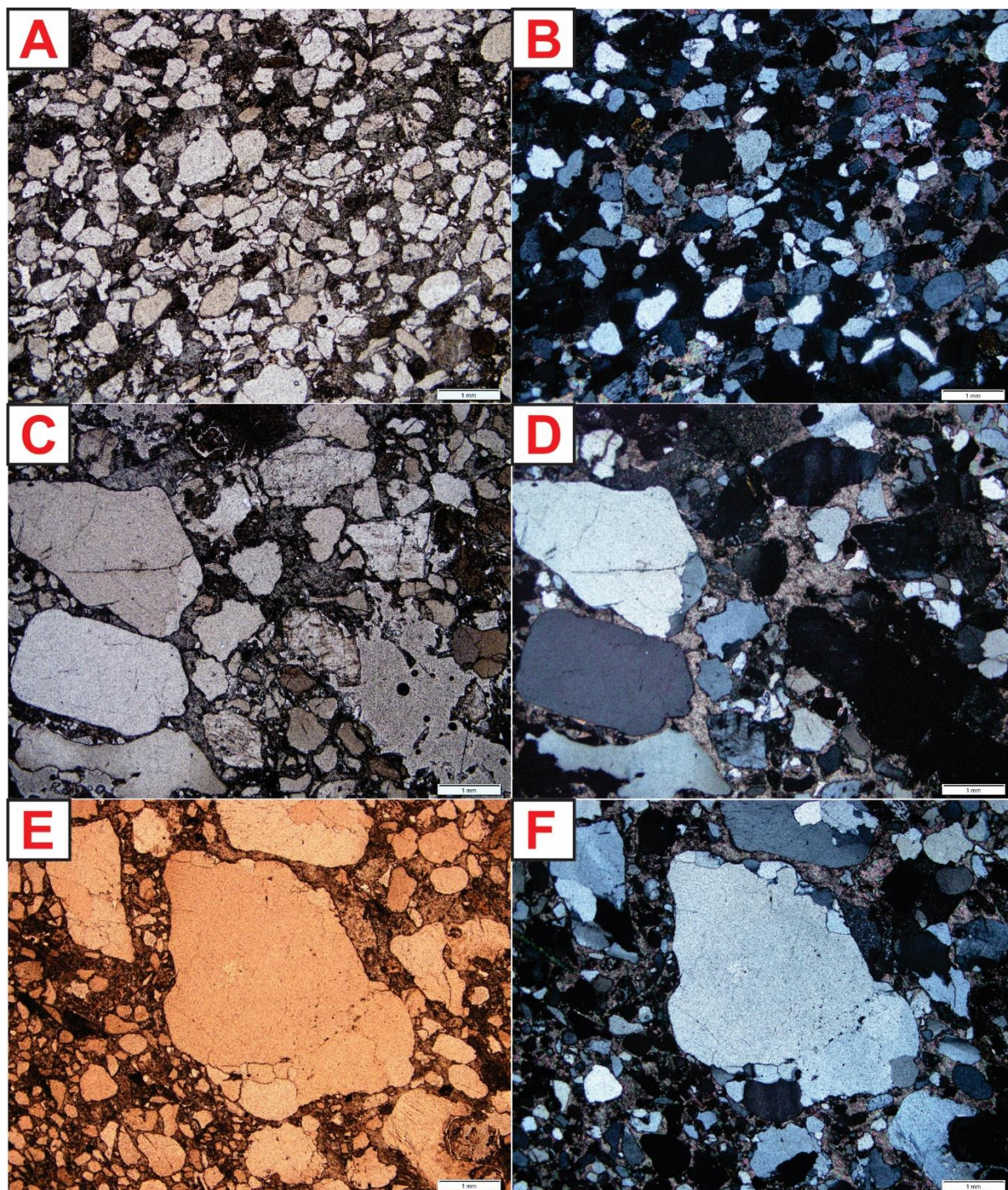


Fonte: Próprio Autor.

De forma geral, as fácies arenosas aqui levantadas mostram uma maturidade textural considerável justificada pelo predomínio de cristais subarredondados que refletem um transporte eficiente dos sedimentos. No entanto, a má seleção de algumas amostras e a presença de matriz argilosa é indicativo de sedimentos imaturos em ambiente fluvial (Figura 26).

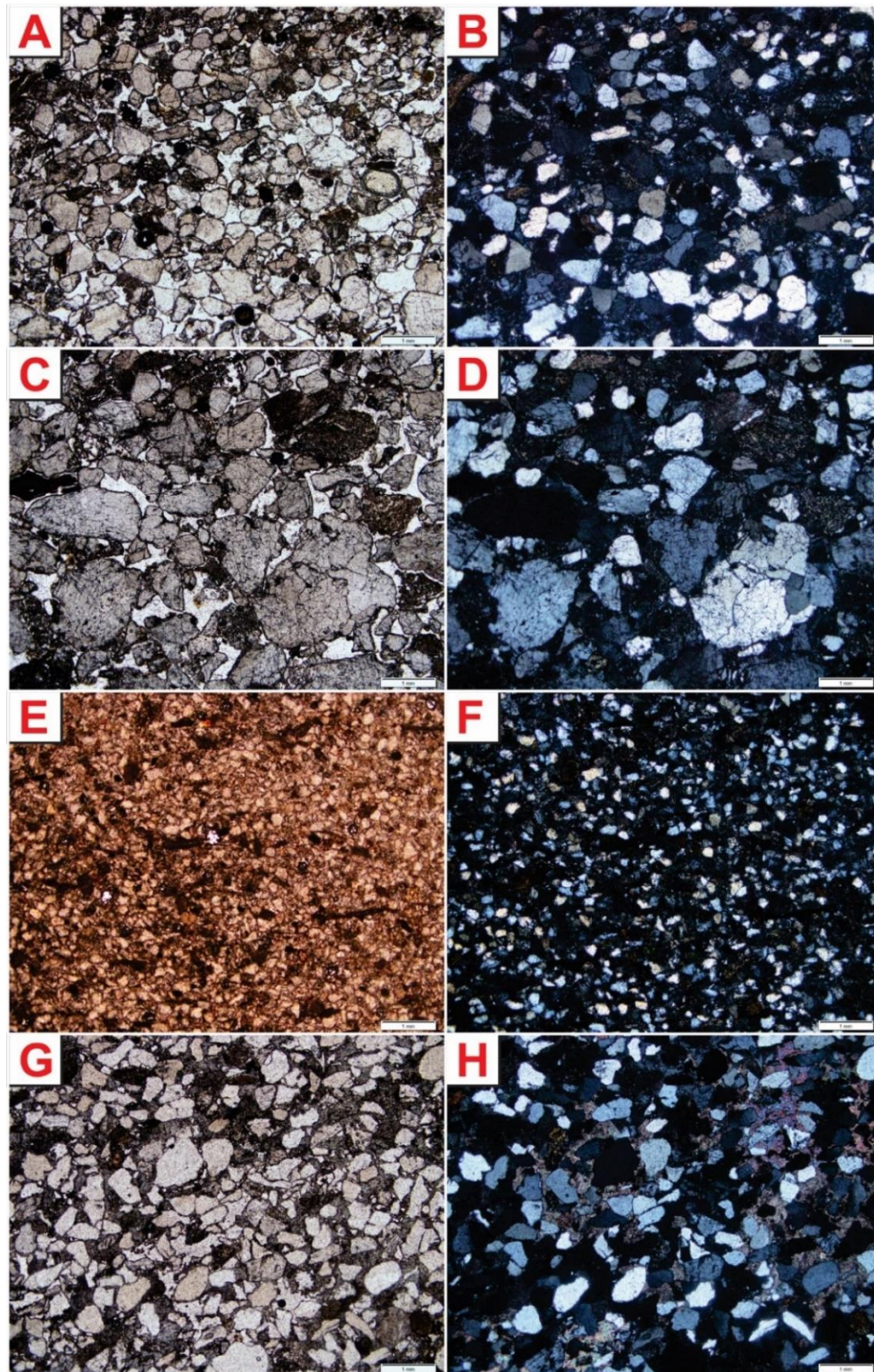
Enquanto que a maturidade mineralógica é variegada uma vez que podem ser encontrados constituintes mais estáveis e menos estáveis em uma única assembleia em algumas amostras.

Figura 25 – Quadro de Fotomicrografias com evidências da cimentação carbonática em arenitos preenchendo os poros. Legenda: Os pares A-B, C-D e E-F representam os nicóis paralelos e cruzados respectivamente (objetiva de 4x – escala 1mm). O par A-B: grãos de quartzo monocristalinos, moderadamente selecionados, envoltos por cimento carbonático (fácies Am); o par C-D: grãos de quartzo mono e policristalinos, feldspatos, subangulosos envoltos por cimento carbonático (fácies Ac); o par E-F: rocha apresentando má seleção, grande grão de quartzo policristalino envolto por grãos muito menores e os poros preenchidos por cimento carbonático (fácies Ac).



Fonte: Próprio Autor.

Figura 26 - Quadro de fotomicrografias das texturas mais características das amostras. Legenda: Os pares A- B, C-D, E-F e G-H, representam a amostra em nicóis Paralelos e Cruzados, respectivamente (objetiva de 4x – escala 1mm). O par A-B: grãos de quartzo sub arredondados, contatos pontuais e côncavo-convexos, sem orientação preferencial e ausência de cimentação (fácies Ac); o par C-D: grãos de quartzo sub agulosos, mau selecionados, fraturados, sem cimentação (fácies Ac); o par E-F: rocha mais fina, grãos de quartzo monocristalinos, sub arredondados e moderadamente selecionados, presença de micas (biotita) e matriz argilosa (fácies Am); o par G-H: grãos de quartzo monocristalinos, sub arredondados a sub angulosos, mal selecionados (fácies Am).

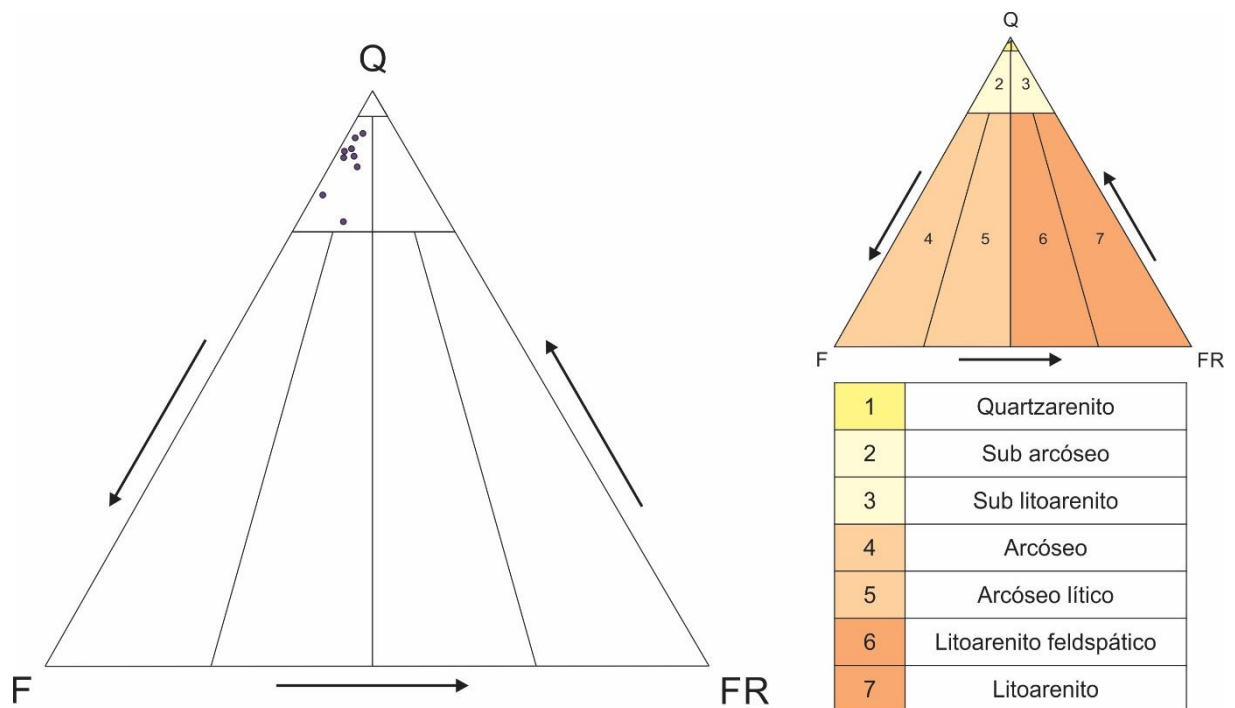


Fonte: Próprio Autor.

4.2.2 Classificação litológica

As amostras estudadas foram classificadas e plotadas no diagrama de Folk (1968) dentro do campo dos arenitos subarcóseos (Figura 27) pela presença de feldspatos em pequenas proporções. As amostras possuem uma granulometria de areia grossa a muito fina, de forma geral com os grãos subangulosos a subarredondados e algumas amostras apresentam cimentação carbonática.

Figura 27 - Diagrama de classificação de rochas arenosas baseado em Folk (1968) com as amostras plotadas.



Fonte: Próprio Autor.

4.3 Sucessão de Fácies

Determinadas as fácies presentes e correlacionando-as segundo o empilhamento dentro da formação e sua representatividade nos testemunhos, pode-se definir alguns conjuntos destas fácies em função de suas características genéticas e estruturas sedimentares. A estes conjuntos de fácies que se relacionam verticalmente na sequência dá-se nome de Sucessão de Fácies, segundo a Lei das Fácies de Walther de 1894 (TUCKER, 2014).

Com o auxílio dos perfis estratigráficos verticais, os perfis de correlação (Apêndice M), confeccionados neste trabalho, e os aspectos litológicos e estruturas contidas neles, foram identificadas 2 sequências sedimentares bem definidas segundo os modelos da estratigrafia de sequências da escola EXXON (VAIL et al., 1977). Estas sequências se assemelham as sequências propostas por Assine (2007), Fambrini et al., (2015b) a e Scherer et al., (2015).

Tratam-se de dois ciclos com características fluviais que apresentam um padrão granodecrescente ascendente. A superfície limitante entre as sequências é uma superfície erosiva, de caráter regional, que marca a inflexão do sistema de sedimentação atuante.

4.3.1 Sequência Basal / Inferior – Primeiro Ciclo Flúvio-Lacustre

Partindo deste ponto, já consagrado na literatura e confrontando os resultados obtidos na fase descritiva dos testemunhos, a Sequência Basal/Inferior foi definida segundo a sucessão de fácies representadas pelas fácies Ac, Am, Al, Acc, Sl, Arl, Arm, Fp e Cp.

A sucessão faciológica desta sequência dá-se por um empilhamento vertical que exhibe granodecrescência ascendente bem desenvolvida, com os sedimentos lacustres dominando o topo.

Contudo, em detrimento do objetivo proposto pelo Projeto Santana (SCHEID et al. 1978), os poços não compreendem completamente esta sequência inferior, onde raramente encontra-se a base da formação.

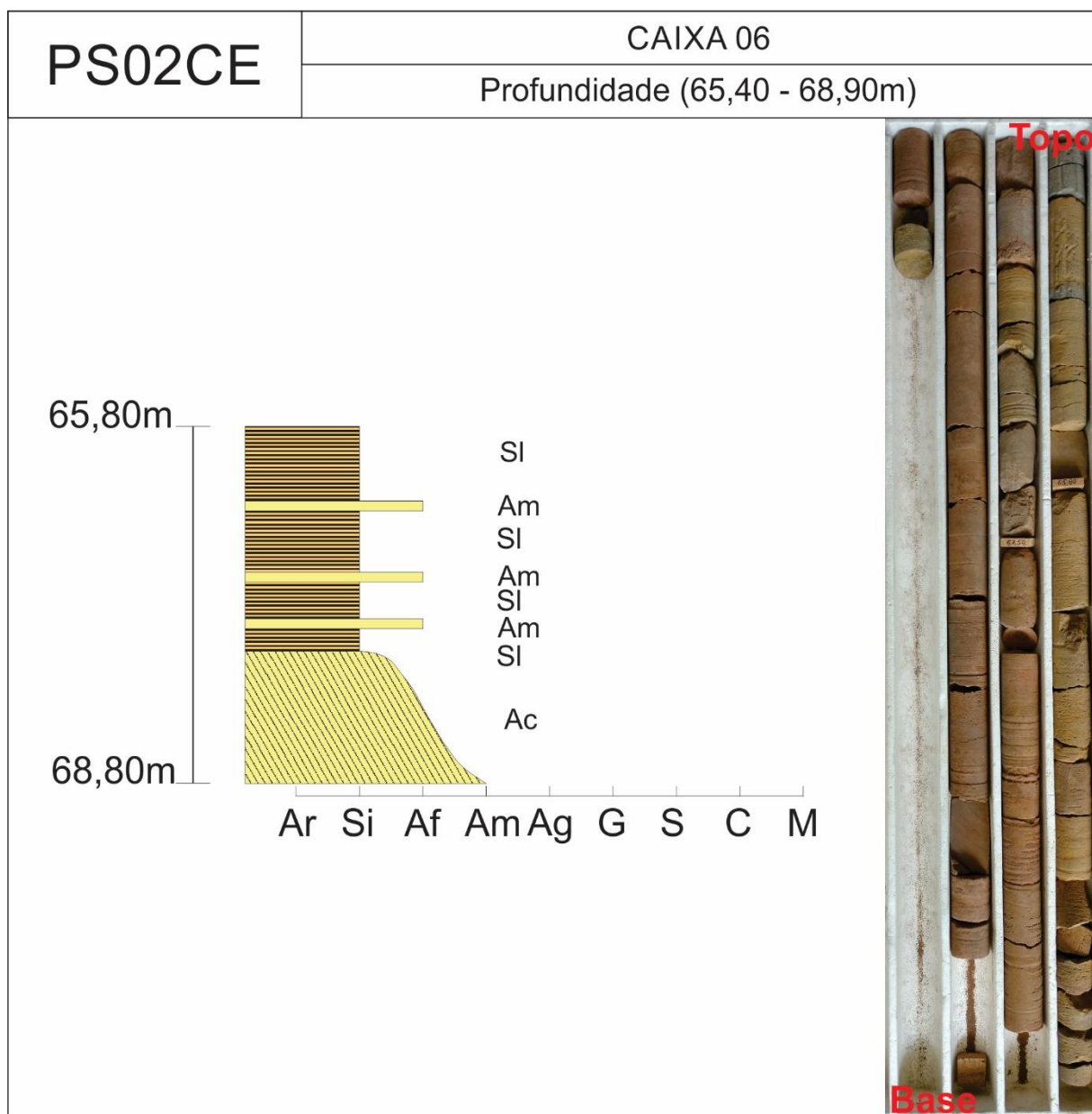
Em função da sucessão pode-se classificar esta sequência como um conjunto transicional entre dois ambientes. A porção mais inferior, de granulometria predominantemente arenosa, enquanto a porção superior seria dominada por sedimentos lamosos (silte e argila).

A porção inferior desta sequência, representada pela associação de fácies Ac, Am, Al, Acc, Sl, Arl, Arm, seria interpretada como oriunda de um sistema fluvial entrelaçado de alta energia (MIALL, 1978).

Assim como nos exemplares das Figuras 28, 29 e 30, interpreta-se este padrão granodecrescente ascendente como uma inflexão no sistema de sedimentação. Onde aparenta uma transferência entre um sistema dominado por sedimentação fluvial e a instalação de um sistema lacustre.

Sobrepostos aos sedimentos fluviais encontra-se o conjunto de sedimentos de grão fino a muito fino (silte e argila). Este ciclo é representado pelas fácies Al, Am, Sl, Arl, Arm, Fp e Cp.

Figura 28 – Base da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS02CE. Legenda: (Sl-siltito laminado, Am-Arenito Maciço, Ac-Arenito com estratificação cruzada).

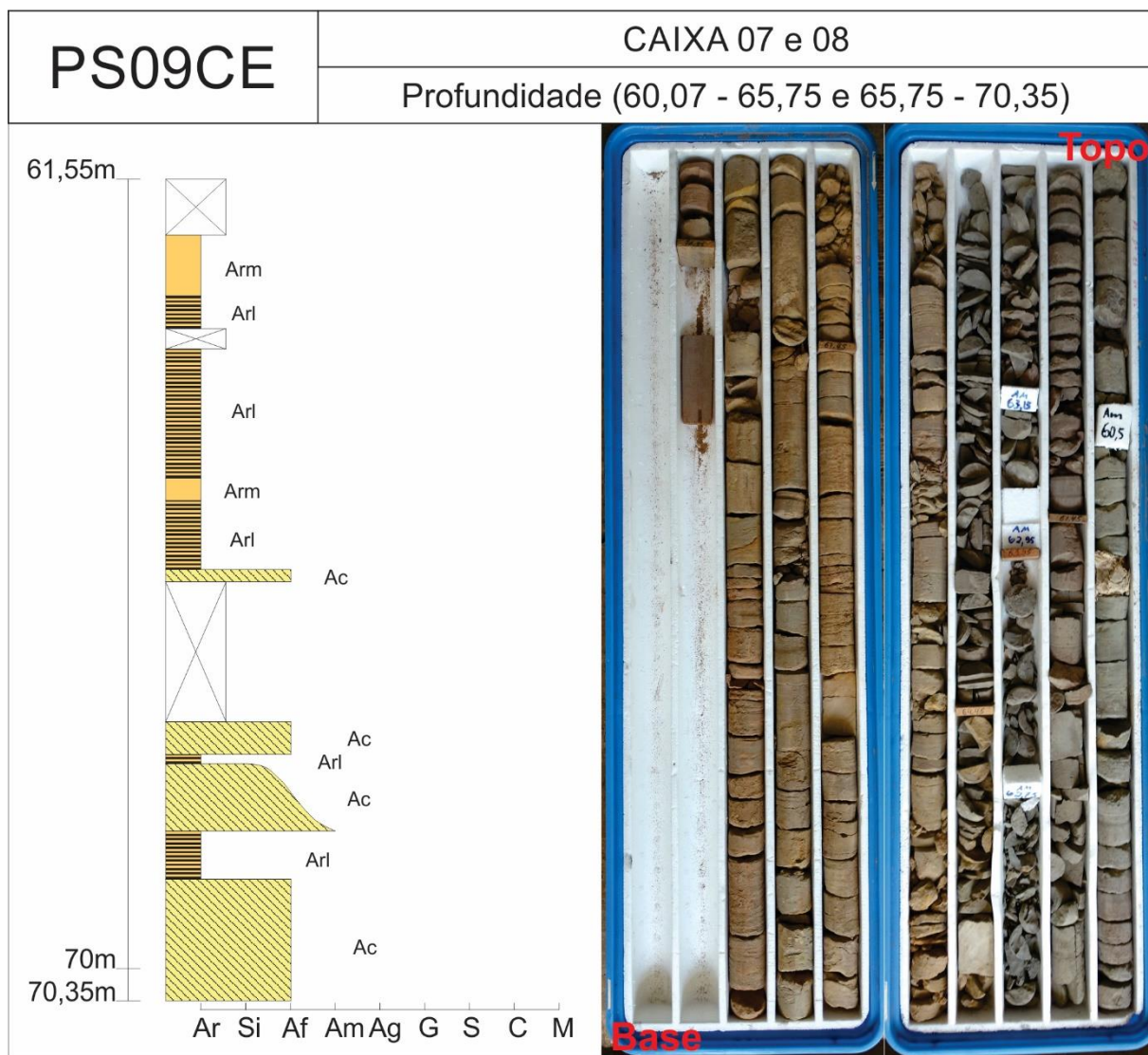


Fonte: Próprio Autor.

Contudo, tem-se um pacote sedimentar com espessura geralmente compacta (3m) até níveis com espessura considerável (23m). O limite inferior desta unidade é transicional uma vez que marca uma transposição de queda de energia do ciclo sotoposto (fluvial) para um

ambiente lacustre mais calmo onde favorece a deposição da carga suspensa. O limite superior é definido por uma superfície de caráter erosivo onde há uma discordância textural marcante entre os sedimentos lacustres, anóxicos e os níveis conglomerados da base da sequência sobreposta.

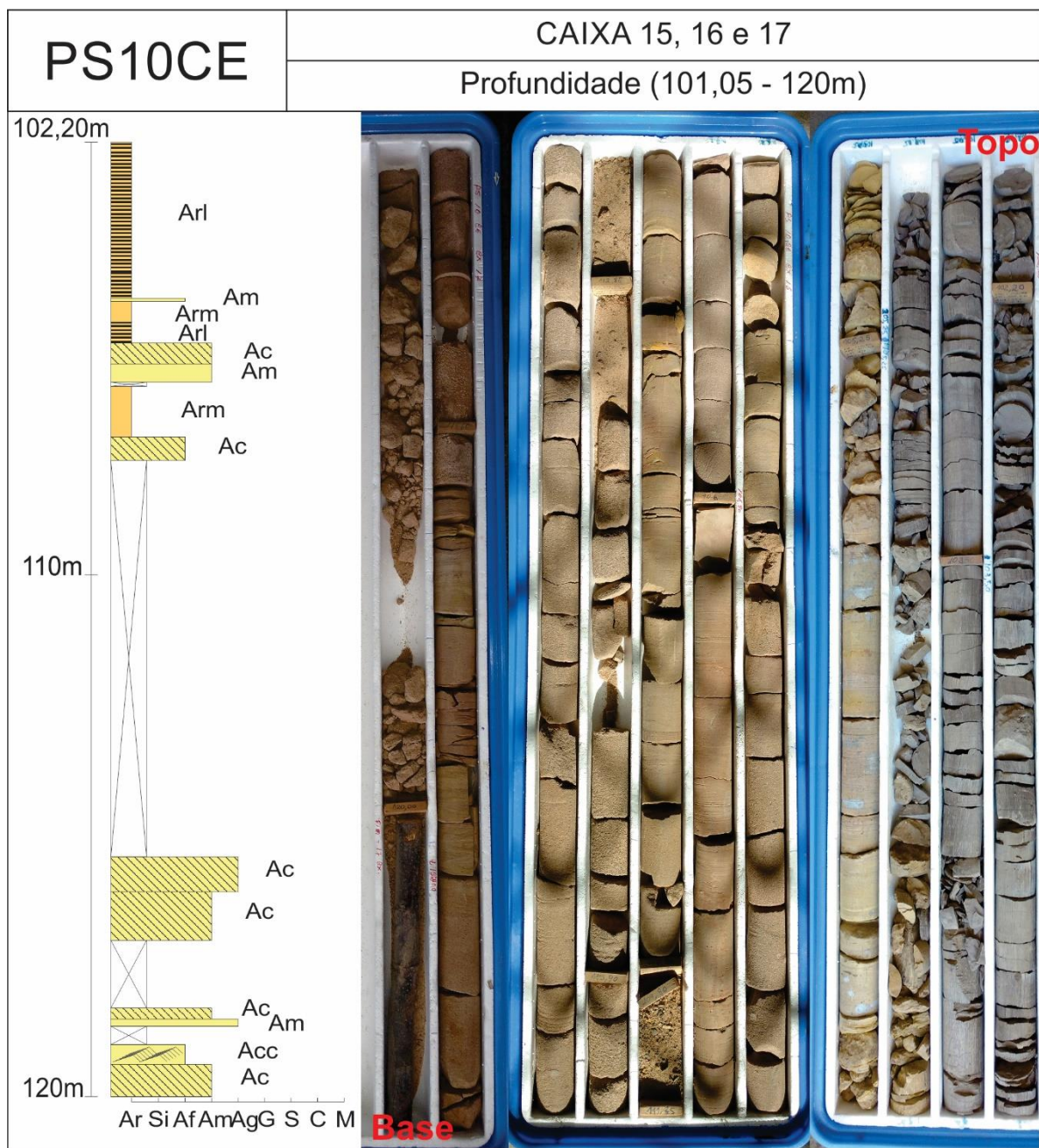
Figura 29 – Base da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS09CE. Legenda: (Arl-Argilito laminado, Arm-Argilito Maciço, Ac-Arenito com estratificação cruzada).



Fonte: Próprio Autor

Este depósito configura uma estruturação, no geral, laminada. Porém, a ocorrência de corpos maciços pode expressar fluxos hiperpicnais desembocando no leito dos lagos provocando a sedimentação episódica de camadas (ex. Am e Arm) com o desconfinamento do fluxo.

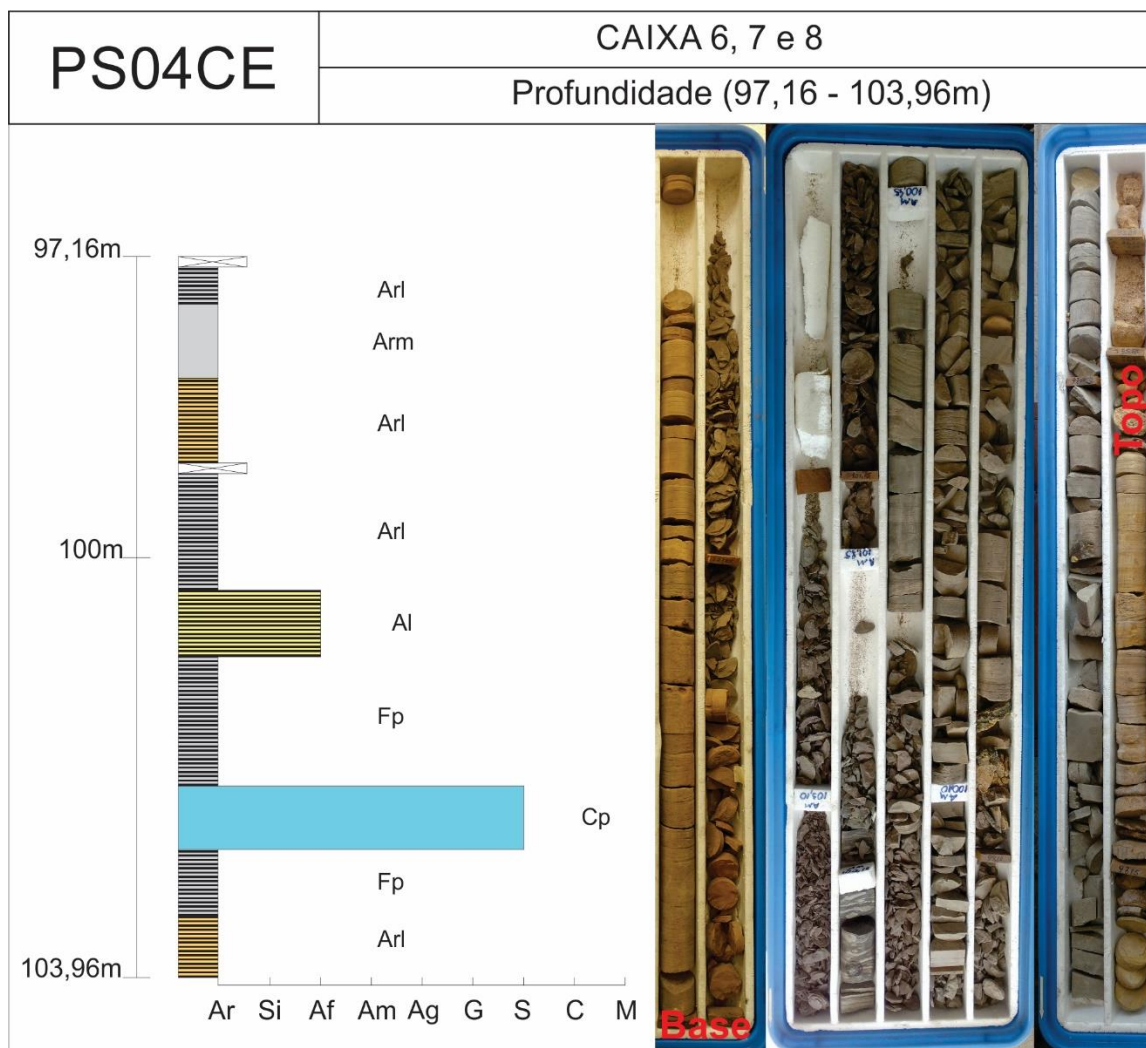
Figura 30 – Base da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS10CE. Legenda: (Arl-Argilito laminado, Arm-Argilito maciço, Am-Arenito Maciço, Ac-Arenito com estratificação cruzada, Acc-Arenito com estratificação cruzada cavalgante).



Fonte: Próprio Autor.

A evidência de fácies Fp (folhelhos papiráceos) representa a mecânica compressiva atuante no soterramento desta unidade lacustre. Tal fato também tem evidência recorrente no fácies Cp (calcário pelóidal) em que os pelóides apresentam-se dispostos no intervalo deformando os estratos em seu entorno.

Figura 31 – Topo da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS04CE. Legenda: (Arl-Argilito laminado, Arm-Argilito Maciço, Al-Arenito laminado, Fp-Folhelho pariráceo e Cp-Calcário pelóidal).



Fonte: Próprio Autor.

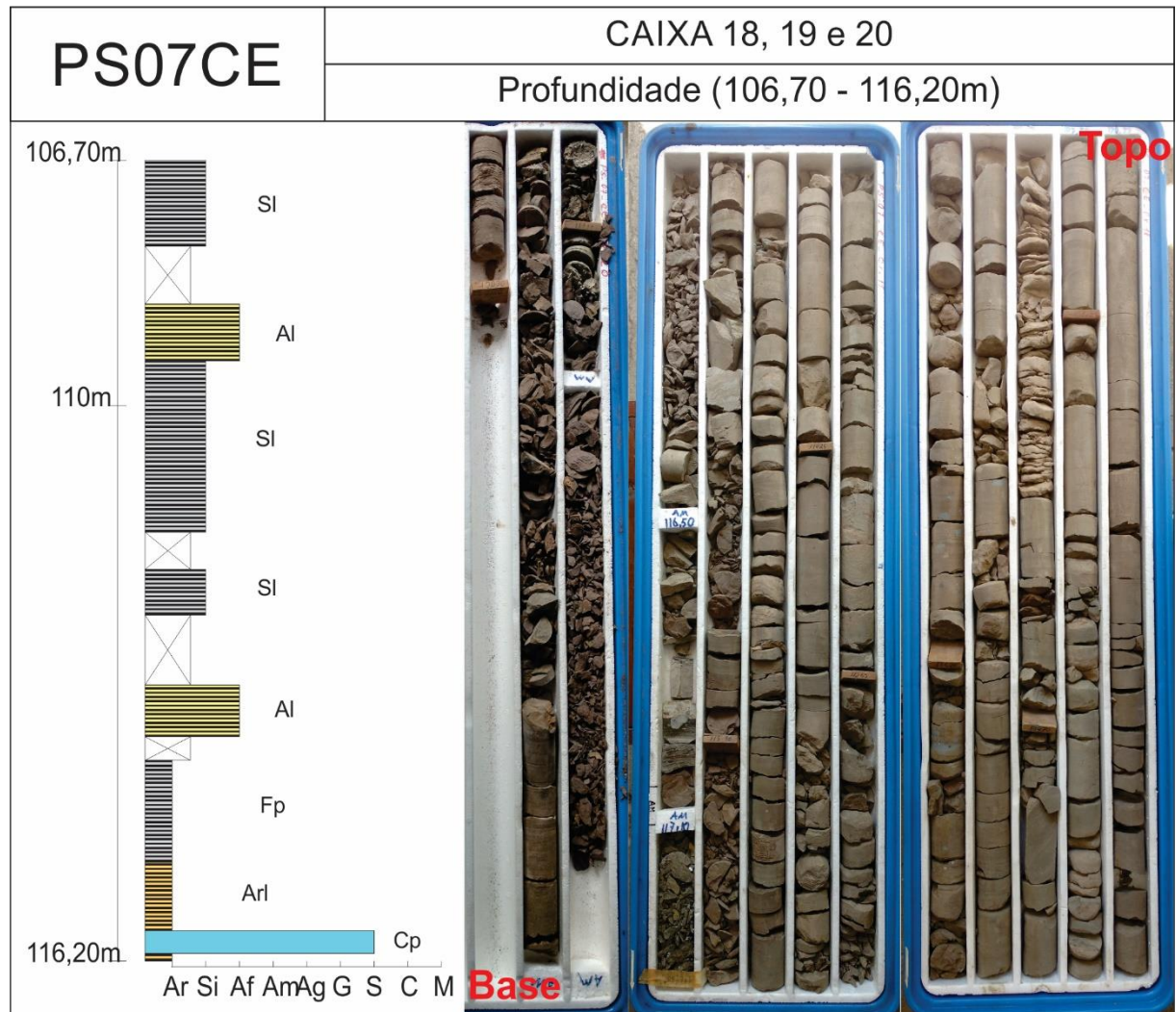
Esta mesma unidade é detentora do título “Sequência Plumbífera do Araripe” (FARINA, 1974) por conter concentrações apreciáveis de Chumbo (Pb), Zinco (Zn) e Cobre (Cu). Foram observados níveis ricos em esfalerita concordante com os dados apresentados por Sheid et al., (1978).

Assim como exemplificado nas imagens (Figuras 31 e 32), ciclo lacustre mostra um empilhamento agradacional bem uniforme. O fator determinante na sedimentação desta unidade se dá pela interação climática sobre o sistema.

A sazonalidade imprime no empilhamento o registro de intervalos com clima mais úmido, com maior aporte de sedimentos para o lago, representado por intercalações arenosas

no registro (influência fluvial). Enquanto que os períodos mais secos são representados pela sedimentação de camadas argilosas de coloração avermelhada o que infere ambientes oxidantes, possíveis exposições subaéreas.

Figura 32 – Topo da Sequência inferior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS07CE. Legenda: (Ar)-Argilito laminado, Sl-Slito laminado, Al-Arenito laminado, Fp-Folhelho pariráceo e Cp-Calcário pelóidal).



Fonte: Próprio Autor.

A Camada Batateira (HASHIMOTO et al., 1987) composta de calcários brechóides, assim como descrito por Scheid et al., (1978), foi reinterpretada segundo Neumann (1999) como uma camada de calcários pelóidais.

No entanto, o processo descritivo avaliou todos os testemunhos do Projeto Santana e verificou que os níveis mineralizados (com ocorrências minerais indicativas de Pb, Zn e Cu) podem ocorrer em mais de uma camada (2, até 3) dispersas no registro sedimentar de todo o

Grupo Santana (Fm. Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo) concordando com os dados geoquímicos de Sheid et al., (1978). Assim pode-se supor que os limites, em escala vertical de ocorrência, da sequência Plumbífera não se submetem apenas a Camada Batateira, mas sim a um registro sedimentar mais amplo e complexo.

Entende-se aqui como Camada Batateira apenas o conjunto de fácies de calcários pelóidais e folhelhos papiráceos (Fácie Cp e Fp) de ampla representatividade, ocorrência breve e uniforme em todos os poços que continham o registro da Formação Barbalha.

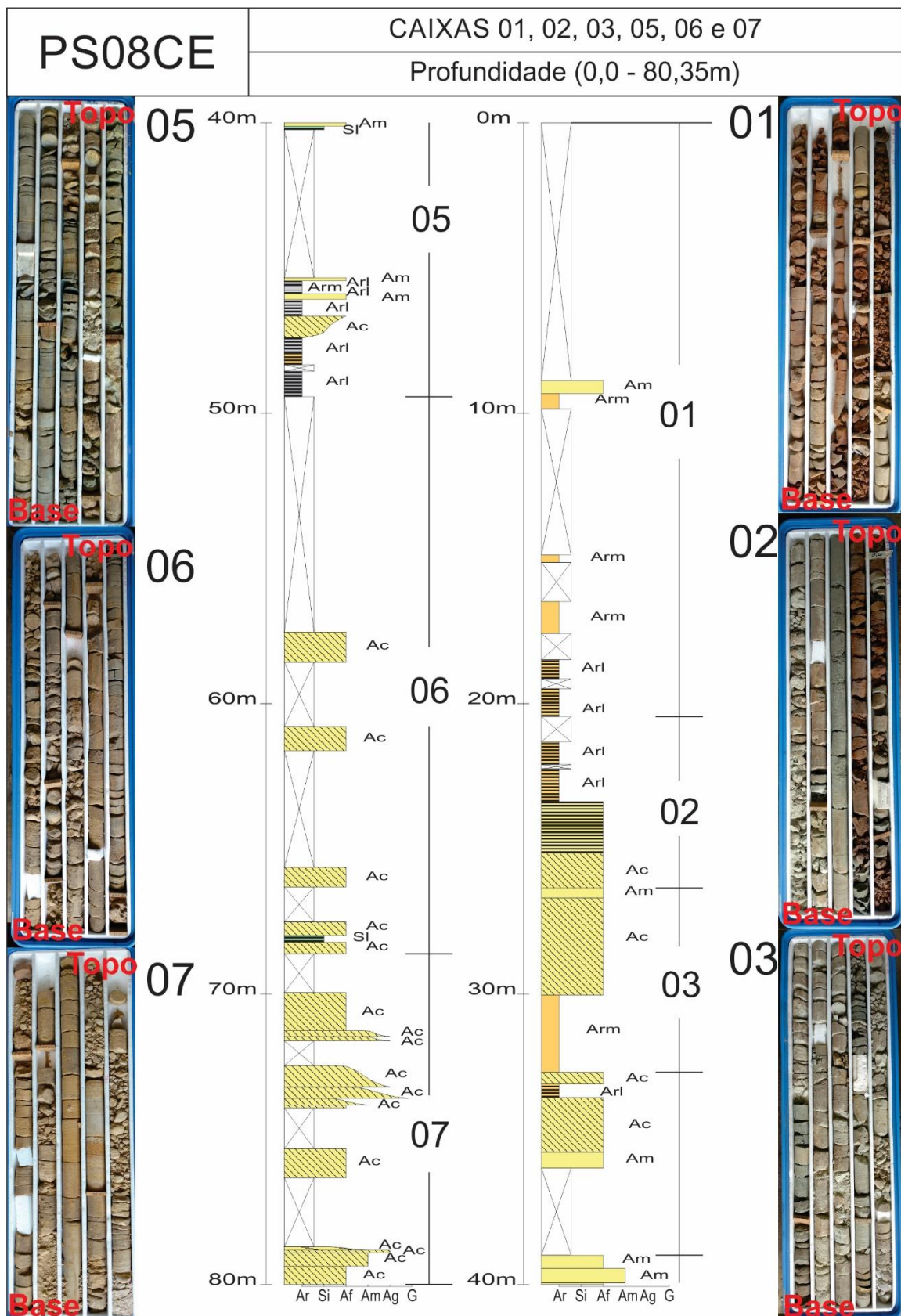
Por fim, a sequência intermediária da Formação Barbalha compreende sedimentos lamosos bem definidos. Este ciclo Lacustre comporta uma unidade carbonática de ampla exposição em toda a Bacia do Araripe consistindo em um marco estratigráfico “Camada Batateira” que representa um ambiente lacustre de águas rasas e anóxicas (devido a precipitação de alguns metais e sua coloração típica). Além da presença de matéria orgânica atestada por análises de COT (carbono orgânico total) da ordem de 28% (SPIGOLON et al., 2015).

4.3.2 Sequência do Topo / Superior – Segundo Ciclo Fluvial

Por fim, repousando sobre o ciclo intermediário lacustre, encontram-se os sedimentos que compõem o ciclo superior, também definido como segundo ciclo fluvial da Formação Barbalha. Esta sequência compreende uma sucessão das seguintes fácies: Cm, Am, Ac, Al, Ad, Acc, Sl, Arm e Arl.

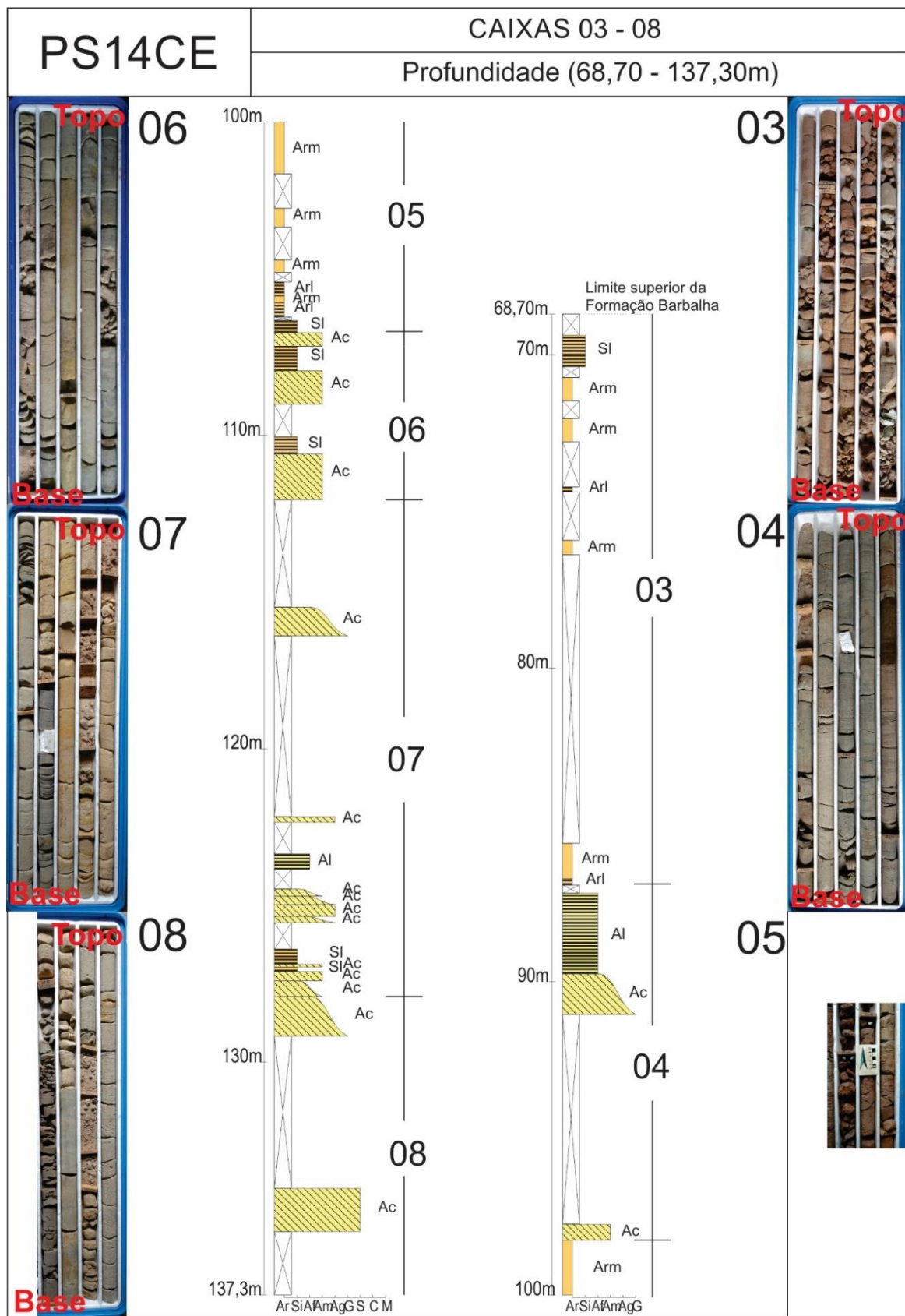
Esta sequência encontra-se limitada na base em uma superfície de contato erosivo com a unidade sotoposta (Sequência Inferior) onde apresenta fácies típicas de contato erosivo (Cm-conglomerados maciços e Ac-Arenitos com estratos cruzados portadores de níveis conglomeráticos basais). Enquanto seu limite superior dá-se pela presença dos calcários laminados da Fm. Crato sob um contato brusco (argilitos avermelhados do topo da Fm. Barbalha – Calcários Laminados, bege-acinzentados da Fm. Crato)(Figuras 33 e 34).

Figura 33 - Sequência Superior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS08CE. Legenda: (Arl-Argilito laminado, Arm-Argilito maciço, Sl-Slito laminado, Al-Arenito laminado, Ac-Arenito com estratificação cruzada, Am-Arenito maciço).



Fonte: Próprio Autor.

Figura 34 - Sequência Superior da Fm Barbalha presente no testemunho do poço PS14CE. Legenda: (Arl-Argilito laminado, Arm-Argilito maciço, Sl-Slito laminado, Al-Arenito laminado, Ac-Arenito com estratificação cruzada).



Partindo da base para níveis mais intermediários desta sequência, as fácies arenosas dominam na unidade. Apresentam uma configuração típica de ambientes fluviais com estratos cruzados que se intercalam a outras fácies, também arenosas. Tal comportamento se assemelha aos depósitos fluviais entrelaçados de alta energia.

Para o topo da sequência observa-se uma sucessão com presença de materiais finos (fácies Sl, Arm e Arl) que indicam uma progressiva queda na energia do sistema. Entende-se que em um sistema de sedimentação fluvial a presença de sedimentos finos (argila e silte) caracteriza-o como do tipo anastomosado devido ao registro sedimentar depositado pelo fluxo.

Segundo Miall (2014) o mecanismo que promove a transição entre os limites dos sistemas fluviais em questão (Entrelaçado/Meandrante) é controlado por diversos fatores: Clima, área fonte, declividade do perfil do vale, profundidade e largura do leito, carga em suspensão, carga de tração, energia/competência do fluxo, variações no perfil de equilíbrio, entre outras.

Contudo, por tratarem-se de fatores independentes, porém com algumas correlações indissociáveis, definir com exatidão a classificação de um sistema fluvial em um definido grupo é impróprio. No entanto, a sequência superior mostra um empilhamento que se enquadraria em um sistema transicional, tendo em sua base fácies com feições mais características de sistemas fluviais entrelaçados. Enquanto para o topo a unidade se comporta como um sistema concordante com os parâmetros de rios anastomosado.

Os afloramentos estudados por Fambrini et al., 2015a, mostram camadas arenosas em formas de lençóis de espessura decimétrica que representam depósitos típicos de desconfinamento de fluxo em vastas planícies de inundação. Tal observação se encaixa bem aos padrões encontrados nos testemunhos do topo da sequência superior.

Observa-se nos testemunhos a dominância de determinados tipos de sedimentos em função da posição no perfil geral da sequência superior (Figuras 33 e 34). O padrão granodecrescente ascendente é indicativo de uma transposição de sistema de sedimentação em função de variáveis controladoras do regime de erosão, transporte e deposição dos sedimentos.

Tal transição pode refletir a mudança do nível de base da bacia, variações climáticas, eventos tectônicos locais ou até mudanças no padrão do aporte de sedimentos e da área fonte. Desta forma, entende-se que o ponto de equilíbrio da bacia caminhou em direção a área fonte, aumentando o espaço de acomodação e diminuindo a declividade do perfil de equilíbrio (reduzindo a competência do fluxo fluvial).

4.4 Modelo de Sistema de Sedimentação

Confrontando todos os dados levantados e interpretados junto à bibliografia, até hoje publicada, e os parâmetros sedimentológicos, propõe-se aqui uma configuração de ambientes de sedimentação para a Formação Barbalha em função dos testemunhos descritos.

Desta forma tem-se que a sequência Basal/Inferior foi sedimentada segundo uma conjugação dos sistemas de sedimentação fluvial de energia moderada (carga de tração arenosa de granulação média a fina) que se assemelha a fase final de um sistema fluvial entrelaçado e o lacustre (carga suspensa de sedimentos muito finos). A ocorrência localizada de uma fácies Acc (Arenito com estratificação Cruzada Cavalgante) remete a depósitos de transbordamento (*crevasse-splay*) e de *overbank*.

Como esta sequência não tem uma grande amplitude representada, do ciclo fluvial, optou-se por considerar os intervalos descritos como um sistema fluvial de caráter entrelaçado (distal) em função do empilhamento não apresentar uma granodecrescência ascendente bem desenvolvida o que não condiz com um padrão anastomosado.

Seguindo com a sequência, o ciclo lacustre apresenta uma configuração típica de sedimentação lacustre, oriunda de depósitos calmos de baixíssima energia. Este sistema se originou nas porções mais distais da bacia onde os rios alimentaram um corpo lacustre que viria a afogar os canais fluviais. Instalou-se um ambiente lacustre, o qual ficou exposto aos efeitos climáticos e do aporte sedimentar dos demais sistemas da bacia.

A particularidade presente nos calcários da Camada Batateira e os folhelhos que a entornam, deu-se por função da influência climática sobre o lago. Provavelmente um clima semiárido, definido por Lima & Perinotto (1984) através de dados palinológicos provocou a precipitação do nível carbonático. O meio tornou-se anóxico o que conduziu a precipitação de alguns sulfetos (Pb, Zn e Cu) em meio aos sedimentos finos de coloração cinza escuro.

Desta forma a Sequência Inferior condiz com a proposta de Scherer et al., (2015) que assume a configuração desta sequência subdividindo-a em dois Tratos: um trato de sistema de baixa acomodação (parte inferior/intermediária da Sequência Inferior) sotoposto a um trato de sistema de alta acomodação (parte superior da Sequência Inferior). Contrapondo-se a este modelo apenas por não poder classificar, neste trabalho, todo o sistema fluvial inferior como sendo de baixa acomodação e alta energia.

A sequência Superior é, também, classificada como um conjunto de camadas sedimentadas por um sistema fluvial. Neste caso com um registro mais completo em todos os poços pode-se considerar uma evolução fluvial do sistema.

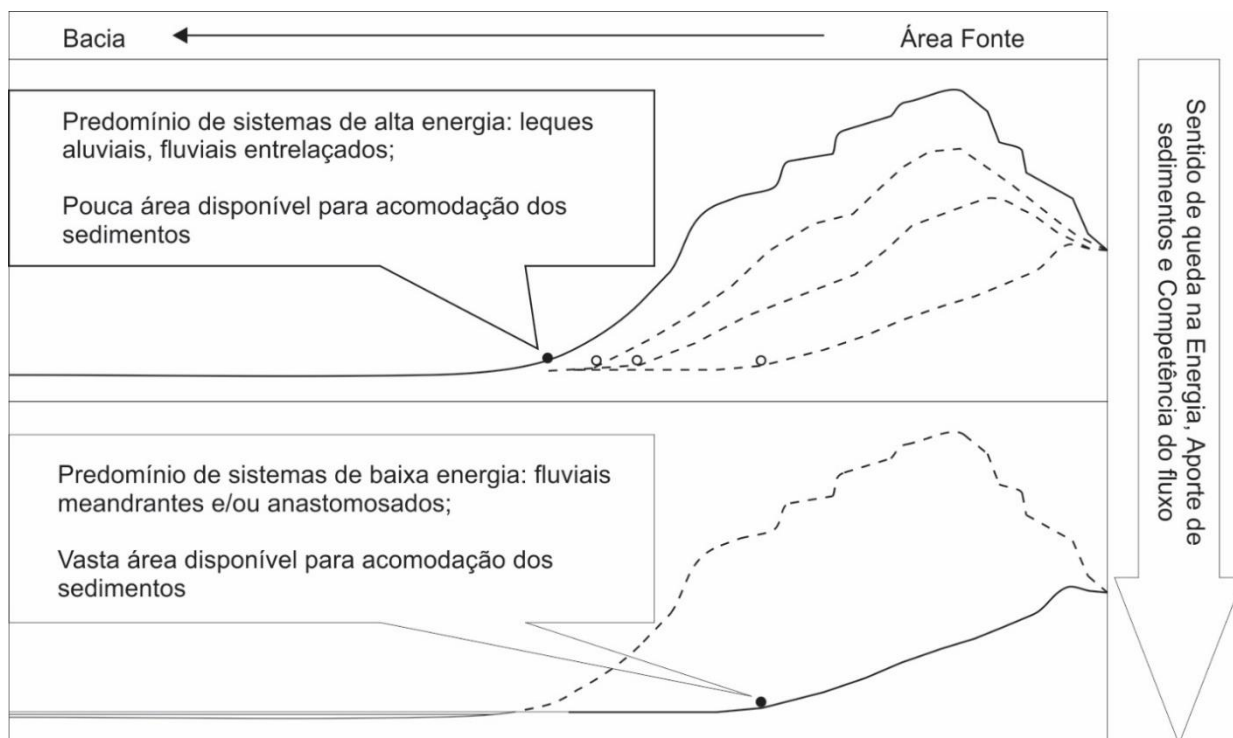
Assim, partindo da classificação utilizada por Scherer et al., (2015) baseada nas considerações de Martinsen et al., (1999) junto aos perfis construídos por este trabalho, concluiu-se que o segundo ciclo fluvial da Formação Barbalha foi depositado segundo um sistema fluvial de dois estágios (Figura 35). O estágio inicial em contato com a sequência lacustre tem características de um sistema fluvial entrelaçado de alta energia, enquanto o estágio final condiz com um fluvial anastomosado, de mais baixa energia.

O estágio inicial da segunda sequência condiz com o Trato de Sistemas de Baixa Acomodação (MARTINSEN et al, 1999) representando um período de maior aporte de sedimento, alta energia, maior competência do fluxo. Tal configuração condiz com os pacotes areno-cascalhosos e os níveis conglomeráticos encontrados.

Contudo, o estágio final já mostra um decréscimo de espessura dos estratos, decréscimo da granulometria média das camadas arenosas, uma granodecrescência ascendente onde as camadas de sedimentos finos (Silte e Argila) tornam-se mais frequentes e espessas. Este estágio condiz com o Trato de Sistemas de Alta Acomodação (MARTINSEN et al, 1999) representado por um sistema fluvial anastomosado.

Esta configuração permite inferir que o sistema fluvial da sequência superior passou por duas fases distintas desde sua instalação, sobre os sedimentos pelágicos da sequência lacustre, até seu limite superior em contato com a camada de calcário da Formação Crato.

Figura 35 - Diagrama que expressa a variação dos sistemas continentais em função do espaço de acomodação disponível (os pontos representam o deslocamento do ponto de equilíbrio).



Fonte: Próprio Autor.

5 DISCUSSÕES

Corroborando para um melhor entendimento da Formação Barbalha, este trabalho promoveu o levantamento faciológico e a reconstrução dos sistemas de sedimentação sob a perspectiva em subsuperfície dos testemunhos de sondagens.

Definidas as 11 fácies pertencentes a unidade estudada nos testemunhos, foi observada a correspondência com as fácies definidas por Fambrini et al., (2015a).

Assim como nos trabalhos de Assine (1992, 2007), Fambrini et al., (2015a, b) Scherer et al., 2015), os fácies aqui definidos condizem com sedimentos terrígenos (continentais) de ciclos fluviais e lacustres intercalados.

Foi observada, em todos os poços, uma superfície bem marcada que marca a mudança brusca nos padrões de sedimentação ou um hiato no registro sedimentar. Esta superfície permite subdividir a Formação Barbalha em duas sequências: Sequências Inferior e Superior.

A análise de sequências proporcionou a identificação de duas sequências em subsuperfície, de caráter tipicamente continental e perfil granodecrescente ascendente, que exprime dois grandes ciclos separados por uma superfície erosiva de limite de sequência (Apêndice M). Assim como em afloramentos apresentados em trabalhos como (HASHIMOTO et al. 1987; ASSINE, 1992; ASSINE et al. 2014; NEUMANN, 1999; CHAGAS et al. 2007; MENEZES-FILHO et al. 2011, FAMBRINI et al. 2015a, b; SCHERER et al. 2015).

A sequência inferior, apesar de pouco representada pelos poços do Projeto Santana, foi bem definida segundo um empilhamento de sedimentos arenosos médios a finos, estratificados a maciços na base das sondagens, intercalando-se para o topo a níveis argilosos, siltosos, laminados a maciços.

Esta sequência representada, de uma forma geral, por um intervalo arenoso (porção inferior/intermediária da Sequência Inferior) e um intervalo lamoso (topo da Sequência Inferior), tem características típicas de uma paleogeografia continental neste sistema de sedimentação. O empilhamento sedimentar transcreve da base para o topo um sistema fluvial entrelaçado (porção distal) em transição para níveis de mais baixa energia onde proporcionou a instalação de um sistema lacustre.

Esta classificação entra em comum acordo com os trabalhos de Assine (1992, 2007), Fambrini et al., (2015a, b) e Scherer et al., (2015) que consideram um ambiente continental de sedimentação fluvio-lacustre.

No entanto, Assine et al., (2014) analisando todo o intervalo do Andar Alagoas, inferiu que a Formação Barbalha representaria 2 ciclos T-R (Transgressivos-Regressivos) em que só os intervalos de transgressão foram preservados. Contudo, não foram encontradas evidências de sequências típicas de depósitos marinhos, além de levantamentos paleontológicos apontarem registros fósseis típicos de ambientes continentais (ASSINE, 2007; CHAGAS, 2007; NEUMANN, 1999).

O intervalo lacustre do topo da Sequência Inferior é detentor do nível de sedimentos anóxicos denominado Camada Batateira. Composta essencialmente de Folhelhos papiráceos (Fácies Fp) e os Calcários Pelóidais (Fácie Cp), representam um marco estratigráfico na Bacia.

Originalmente definida por Hashimoto et al., (1987) como “Camada Batateira” como o intervalo pelítico composto de folhelhos negros e calcários brechóides. Apesar de mostrar variações em sua espessura, estende-se por todos os furos e também em afloramentos (FAMBRINI et al., 2015a, b),

Considerada como um marco estratigráfico de correlação em toda a Bacia do Araripe, está bem definida segundo os testemunhos descritos como uma camada com espessura de escala decimétrica a métrica, composta essencialmente de uma camada de folhelhos enegrecidos (presença de matéria orgânica) e calcário pelóidal.

Corroborando com os dados defendidos por Fambrini et al., (2015b), o intervalo lacustre foi diretamente influenciado por oscilações sazonais. Ocorrem depósitos lacustres típicos de águas rasas e clima semiárido, com provável exposição subaérea e depósitos de águas profundas de características anóxicas.

A proposição de Farina (1974) para a “Sequência Plumbífera do Araripe” encontra-se nos mesmos sedimentos da Camada Batateira de Hashimoto et al., (1987), foi questionada no decorrer da produção deste trabalho. Conflitando os dados obtidos com as interpretações relatadas por Sheid et al., (1978), foram identificadas mais de uma unidade portadora de níveis “mineralizados”.

Os horizontes, geralmente de rochas argilosas ou siltosas, mostram uma coloração amarelada, pequenos cristais de pirita e esfalerita presentes no testemunho. Estes horizontes

foram identificados e suas análises químicas atestaram teores de Chumbo, Zinco e Cobre até maiores que o nível mineralizado da Camada Batateira (SCHEID et al., 1978).

Contudo, podendo conter até 3 níveis presentes nestes testemunhos descritos, dispersos nas unidades pertencentes ao Grupo Santana (Fm. Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo) o termo “Sequência Plumbífera” pode ter seus limites estendidos às unidades no entorno da Camada Batateira. Ainda há a necessidade de estudos mais aprofundados quanto a este ponto, mas é um questionamento pertinente à importância desta unidade em bacias e/ou depósitos análogos.

Segundo um contato abrupto encontra-se a superfície que marca o fim da Sequência Inferior e a base da Sequência Superior, em conformidade com os trabalhos de Assine et al., (2014), Fambrini et al., (2015a, b) e Scherer et al., (2015). Repousam sobre a descontinuidade, níveis conglomeráticos delgados a níveis arenosos de base conglomerática que contrastam com o padrão dos sedimentos do intervalo lacustre.

A sequência Superior é muito bem representada na maioria dos furos descritos e é composta de intervalos arenosos, grossos na base com afinamento para o topo, maciços a estratificados. Estes encontram-se dispostos em camadas métricas a decamétricas que vão se tornando mais delgadas em direção ao topo.

O topo desta sequência mostra um afinamento textural (granodecrescência ascendente), similar ao ciclo inferior, onde os arenitos tornam-se mais finos e intercalados a camadas pelíticas que se tornam mais frequentes para o topo da sequência, em contato com os calcários laminados da Formação Crato (Apêndice M).

Portanto, de acordo com os dados levantados, a sequência Superior se comporta como um sistema de sedimentação fluvial em dois estágios. O estágio inicial, referente ao pacote arenoso que domina a base da sequência, tem características de um padrão fluvial de alta energia, condizente com os depósitos de rios entrelaçados com as barras arenosas/cascalhosas de meio de canal.

Este sistema fluvial mostra uma paulatina redução na competência do fluxo, uma vez que fica evidente a queda do tamanho médio das partículas depositadas. Desta forma, em função da área fonte, declividade do perfil do vale e o clima, o rio passa a sedimentar partículas antes carregadas em suspensão (silte e argila) em função da queda de competência do fluxo.

A esta inflexão no padrão de sedimentação do rio, atrela-se a característica de rios anastomosados, os quais têm íntima ligação com depósitos argilosos, planície de inundação,

rompimento de diques marginais (*overbank*) e estruturas típicas como *climbing ripples* e o padrão de sucessão vertical das camadas no empilhamento.

Contudo, as sequências representam um registro paleogeográfico evolutivo. Sendo a Sequência Inferior resultante de um sistema fluvial entrelaçado de energia moderada para um sistema lacustre sob influências sazonais. Enquanto que a Sequência Superior mesmo comportando um ciclo granodecrescente exprime uma transição entre sistemas fluviais entrelaçado ao anastomosado.

Esta configuração fica nítida ao observar os perfis de correlação I e II (Apêndice M) onde os poços são alinhados e nivelados segundo a superfície limítrofe de sequências para a correlação dos poços.

Ainda que limitada aos exemplares recuperados dos testemunhos que geralmente não alcançavam toda a extensão da Formação Barbalha, a interpretação de ambientes sedimentares ainda é válida quando confrontada aos dados já defendidos por Assine (1992, 2007), Fambrini et al. (2015a, b) e Scherer et al. (2015).

Por fim, o estudo petrográfico indicou a presença de constiuintes carbonáticos em algumas fácies arenosas, geralmente por cimentação. Esta afirmação pode estar correlacionada a possíveis fluidos que permeavam estas rochas pós sedimentação ou fruto da diagênese. Tal evidência também é impulsionada pela presença de arenitos deformados que podem significar também perturbação dos estratos e suas estruturas internas por passagem de fluidos em seu interior. São diretrizes para estudos mais específicos sobre a diagênese destas rochas.

6 CONCLUSÃO

A Formação Barbalha definida originalmente como pertencente ao pacote de sedimentos do Arenito Missão Velha. Hoje bem delimitada e definida como unidade sobreposta aos sedimentos da Formação Abaiara marcando o primeiro estágio de sedimentação da fase Pós Rifte na Bacia do Araripe.

Esta unidade é caracterizada em superfície pelos afloramentos típicos em vales de rios na borda leste da bacia. No entanto, este trabalho veio a caracterizar esta unidade em subsuperfície pela descrição de testemunhos de sondagem do Projeto Santana.

Contudo, tendo determinadas 11 fácies (Cm-Conglomerados maciços, Ac-Arenitos com estratos cruzados, Al-Arenitos laminados, Am-Arenitos maciços, Acc-Arenitos com estratos cruzados cavalgantes, Ad-Arenitos deformados, Sl-Siltitos laminados, Arl-Argilitos laminados, Arm-Argilitos maciços, Fp-Folhelhos papiráceos e Cp-Calcário pelóidal) e suas associações verticais, foram elaborados perfis de correlação (Apêndice M) e determinou-se sequências dentro da unidade.

A formação subdivide-se em duas sequências, a sequência Inferior que comporta um ciclo fluvial tardio e cessa em um ciclo lacustre, enquanto que a sequência Superior é representada por um ciclo fluvial de dois estágios bem marcados, entrelaçado e anastomosado.

A uniformidade do horizonte conhecido como Camada Batadeira, em subsuperfície, leva a restringir o termo apenas ao nível de calcário pelóidal e os folhelhos papiráceos associados encontrados dentro do ciclo lacustre da sequência Inferior. Condensando a importância do horizonte como uma camada que representa um marco estratigráfico para a bacia.

Considerando as análises petrográficas e algumas fácies determinantes (Ad, Fp e Cp por exemplo) leva a acreditar que em função do soterramento das unidades alguns fluidos podem ter percorrido um caminho entre as camadas arenosas da formação, provocando a precipitação de cimento carbonático ou até obliterando algumas estruturas pré-existentes.

REFERÊNCIAS

- ARAI, M.; HASHIMOTO, A.T.; UESUGUI, N. 1989. Significado cronoestratigráfico da associação microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 3(1/2):87-103.
- ARAI, M. & COIMBRA, J.C. 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior, Chapada do Araripe). In: *Simp. Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, I. Crato, 1990. *Anais... Crato, DNPM/SBP/SBG*. p. 225-239.
- ARAI, M. 2006. Revisão estratigráfica do Cretáceo Inferior das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil. *Geociências*, São Paulo, UNESP, v. 25, n. 1, p. 7-15.
- ASSINE, M.L. 1990. Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Rio Claro. 124 p. (Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP).
- ASSINE, M.L. 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3): 289-300.
- ASSINE, M.L. 1994. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 24(4):223-232.
- ASSINE, M.L.; MORALES, N.; CHAGAS, D.B.; FREITAS, F.I. 2006. Formação Arajara da Bacia do Araripe: fato ou ficção? In: 43º Congresso Brasileiro de Geologia, 2006, Aracaju. *Anais*, 2006. p. 103.
- ASSINE, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2): 371- 389.
- ASSINE, M. L.; PERINOTTO, J.A.J. ; CUTÓDIO, M.A. ; NEUMANN, V.H. ; VAREJÃO, F. G. ; MESCOLOTTI, P.C. . Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, v. 22, p. 3-28, 2014.
- BARBOSA, J.A.; HESSEL, M.H.; NASCIMENTO, M.C.; NEUMANN, V.H.M.L. 2006. Ocorrência de *Taenidium barreti* na Formação Rio da Batateira, Cretáceo da Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos*, v. 16, n.1, p. 50-60.
- BARROS, C.L. 2010. Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojússico?), Sub-Bacia leste do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações bioestratigráficas. *Dissertação (Mestrado)*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, 100 p. (inédita)
- BARROS, C.L., FAMBRINI, G.L., GALM, P.C., AGOSTINHO, S. 2011. Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojússico?), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleoambientais e sistemática paleontológica. *Estudos Geológicos (UFPE)*, v. 21, n. 1, p. 105-122.
- BATISTA, Z.V., AGOSTINHO, S.M.O., LIMA-FILHO, M.F., M.M., VIEIRA FREITAS, W.R.A. 2013. Associação de Fácies e Sistemas Depositionais da Formação Cariri, parte leste da Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos (UFPE)*, v. 23, n.2, p. 45-58.
- BATISTA, Z.V. 2015. Caracterização faciológica, petrográfica e diagenética das Sequências basais das bacias do Parnaíba, Araripe, São José do Belmonte e Lavras da Mangabeira: contribuição às possíveis correlações dos arenitos basais e suas implicações geotectônicas. *Tese de Doutorado*, Recife, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, 217 p.
- BERTHOU, P.Y., DEPEHCES, K, CAMPOS, D.A., HEREIN, J.P., PIERRES, C. 1988. New data on sedimentation, paleoenvironment and stratigraphy of the Chapada do Araripe. *Rev. Bras. Geoc.*, 18(3):315.
- BEURLIN, K. 1962. A geologia da Chapada do Araripe. *An. Acad. Bras.Ciênc.*, 34(3):365-370.
- BEURLIN, K. 1963. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: *Congr. Bras. Geol.*, 17. Recife, 1963. *Anais... Recife, SBG/SUDENE*. 47 p. (Suplemento).
- BEURLIN, K. 1966. Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 38(3/4):455-464.
- BEURLIN, K. 1971. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). *An. Acad. Bras.Ciênc.*, 43(supl.):411-415.
- BORGHI, L.. Visão geral da análise de fácies do ponto de vista da arquitetura deposicional. *Boletim do Museu Nacional. Nova Série Geologia*, Rio de Janeiro, v. 53, n.58, p. 1-26, 2000.
- BRAUN, O.P.G. 1966. Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Inferior da Região Nordeste do Brasil (Bacias do Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). Rio de Janeiro, Divisão de Geologia e Mineralogia/DNPM (Boletim no 236), 75 p.
- BRITO, L.M. 1987. As unidades litoestratigráficas da passagem Jurássico-Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 17(2):81-85.
- BRITO-NEVES, B.B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W.R. 2000. Tectonic history of the Borborema Province. In: Cordani U. G. et al. *Tectonic evolution of the South America*. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, 2000. p.151-182.
- 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, 1984. *Anais... SBG*. Rio de Janeiro, v. 2. p.740-753.

- CARVALHO, R.R.; NNEUMANN, V.H.M.L.; FAMBRINI, G.L.; VIEIRA, M.M.; ROCHA, D.E.G.A. 2010. Origem e Proveniência das Sequência Siliciclástica Inferior da Bacia do Jatobá. *Estudos Geológicos*, v. 20, n. 2, p. 113-127.
- CATTO, B.; JAHNERT, R.J.; WARREN, L.V.; VAREJÃO, F.G.; ASSINE, M.L. 2016. The microbial nature of laminated limestones: Lessons from the Upper Aptian, Araripe Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, V. 341, p. 304-315.
- CATUNEANU, O. 2002. Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits and pitfalls. *Journal of African Earth Sciences*, 35: 43p.
- CATUNEANU, O. 2006. Sequence Stratigraphy – Principles and Applications. Elsevier Science. 336p.
- CHAGAS, D.B. 2006. Litoestratigrafia da Bacia do Araripe: reavaliação e propostas para revisão. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 127 p.
- CHAGAS, D.B., ASSINE, M.L., FREITAS, F.I. 2007. Facies Sedimentares e ambientes deposicionais da Formação Barbalha no Vale do Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 26, n. 4, p. 313-322, 2007.
- COIMBRA, J.C., ARAI, M. & CARREÑO, A.L. 2002. Lower Cretaceous microfossils from Araripe basin, Northeastern Brazil: a stratigraphical approach. *Geobios*, 35(6): 687-698.
- COSTA, A. B. S.; CÓRDOBA, V. C.; JARDIM de SÁ, E. F.; SCHERER, C. M. S. 2014. Diagênese dos arenitos da Tectono sequência Rife na Bacia do Araripe, NE do Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, 44(3): 457-470.
- DA ROSA, A.A.S. & GARCIA, A.J.V. 2000. Palaeobiogeographic aspects of northeast Brazilian basins during the Berriasian before the break up of Gondwana. *Cretaceous Research*, 21:221–239.
- 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.
- FAMBRINI G.L., NEUMANN V.H.M.L., LEMOS D.R., ARAÚJO J.T., LIMA-FILHO, M.F., TESSER Jr., S. 2010a. Stratigraphy and sedimentology of Rift Initiation to Rift Climax stages of the Araripe Basin, Northeastern Brazil: new considerations. In: XVIII International Sedimentological Congress, 2010, Mendoza, Argentina, Abstracts Volume... Mendoza: IAS/PETROBRAS, v. único, p.104.
- FAMBRINI, G.L., NEUMANN, V.H.M.L., LEMOS, D.R., ARAÚJO, J.T., LIMA-FILHO, M.F., TESSER, Jr., S. 2010b. Facies and architectural elements of Missão Velha Formation (Upper Jurassic-Eocretaceous), Araripe Basin, Northeastern Brazil. In: XVIII International Sedimentological Congress, 2010, Mendoza, Argentina, Abstracts Volume..., v.único, p. 332. Mendoza: IAS/PETROBRAS.
- FAMBRINI, G. L.; LEMOS, D. R.; MENEZES-FILHO, J. A. B.; SILVA-FILHO, W. F.; NEUMANN, V. H. M. L.; LIMA FILHO, M.; VARELA, B. B. 2011a. Análise da Tectônica Rife na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações para a Geração e Acumulação de Hidrocarbonetos. 6º Congresso Brasileiro Em P&D, outubro de 2011.
- FAMBRINI, G.L., LEMOS, D.R., TESSER Jr., S., ARAÚJO J.T., SILVA-FILHO, W.F., SOUZA B.Y.C., NEUMANN V.H.M.L. 2011b. Estratigrafia, Arquitetura Depositional e Faciologia da Formação Missão Velha (Neojurássico-Eocretáceo) na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Exemplo de Sedimentação de Estágio de Início de Rift a Clímax de Rife. *Geologia USP: Série Científica*, 11(2): 55-87.
- FAMBRINI, G.L.; BUARQUE, B.V.; MENEZES-FILHO, J.A.B.; VALENÇA, L.M.M.; ARAÚJO, J.T.; NEUMANN V.H.M.L. 2012. Análise estratigráfica da Formação Abaiara (Neocomiano), Bacia do Araripe, NE do Brasil: implicações para a implantação da fase rife das bacias fanerozóicas brasileiras. In: 46º. Congresso Brasileiro de Geologia, 2012, Santos -SP. Anais..., 2012.
- FAMBRINI, G. L.; NEUMANN, V.H.M.L. ; BARROS, C. L. ; AGOSTINHO, S.M. ; GALM, P. C. ; ARAÚJO, J.T. ; MENEZES FILHO, J.A.B. . Análise de fácies da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. *Estudos Geológicos (UFPE)*, v. 22, p. 131-155, 2012
- FAMBRINI, G.L; BATISTA, Z.V., NEUMANN V.H.M.L., VALENÇA, L.M.M.; AGOSTINHO, S.M., MENEZES-FILHO, J.A.B. 2013a. Sedimentary facies analysis of Cariri Formation, Sineclysis stage, Araripe Basin, Northeast Brazil. In: 6th Latin American Congress of Sedimentology (6lacs), 2013, São Paulo SP. Abstracts of 6th Latin American Congress of Sedimentology, 2013.
- FAMBRINI, G.L.; NEUMANN, V.H.M.L.; BARROS, C.L.; GALM, P.C.; AGOSTINHO, S.M.; ARAÚJO, J.T.; MENEZES-FILHO, J.A.B.. 2013b. Análise estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. *Geologia USP, Série Científica.*, vol. 13, n.4, pp. 3-28.
- FAMBRINI, G.L., MENEZES-FILHO, J.A.B., JESUINO, P.C.L., ARAÚJO, J.T., DURVAL, L.G.L.; NEUMANN, V.H.M.L. 2015a. Sucessão faciológica da Formação Barbalha (Aptiano), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, v. 25, p. 139-166.
- FAMBRINI, G.L., MENEZES-FILHO, J.A.B., SILVESTRE, D.C., NEUMANN, V.H.M.L. 2015b. Architectural and faciological characterization of fluvial Barbalha Formation, Araripe basin, northeastern

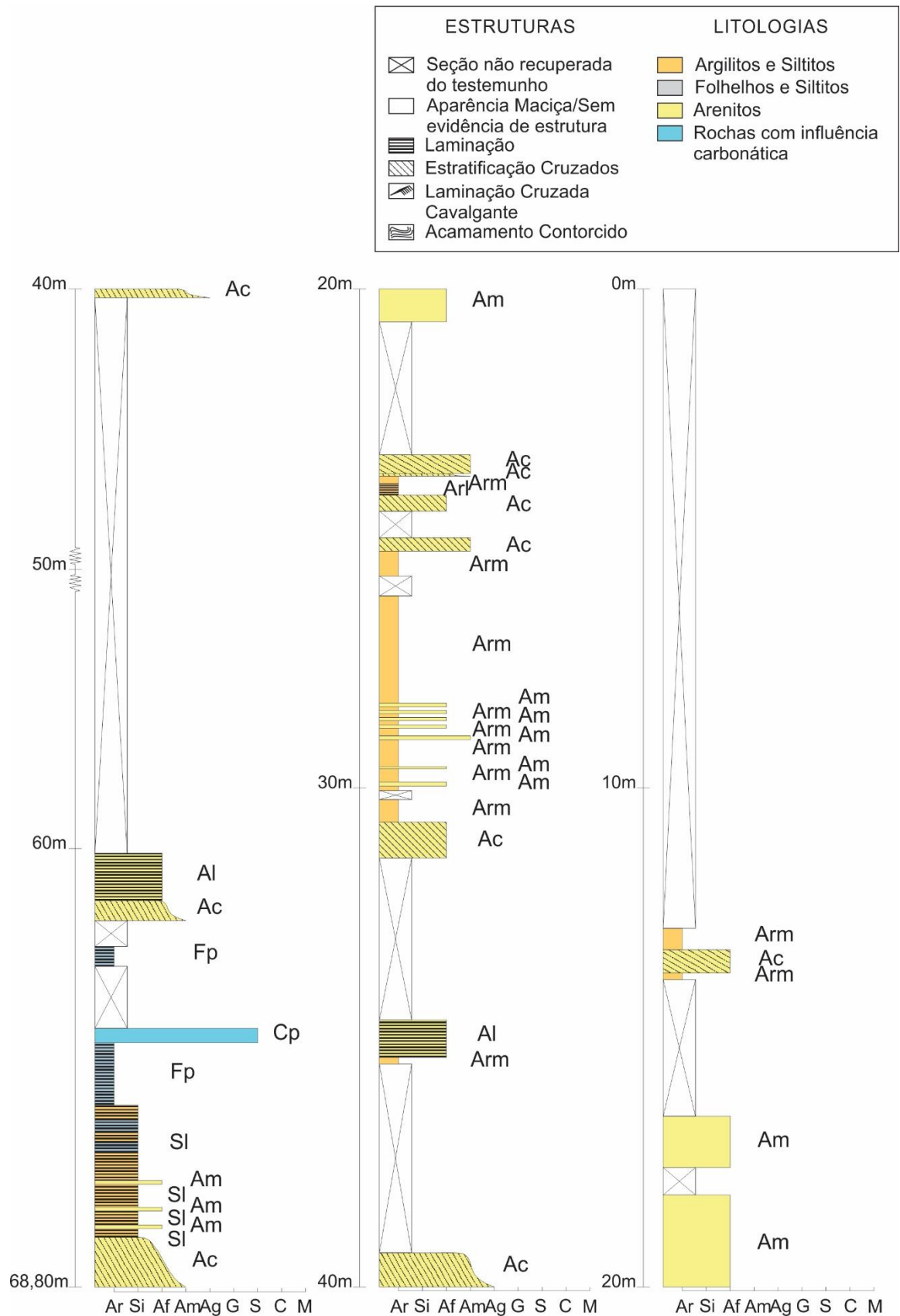
- Brazil. In: Rain, Rivers and Reservoirs Workshop, 2015, São Paulo, SP, Brazil, Abstracts Volume - USP/UNICAMP/BRITISH COUNCIL-UK.
- FARINA, M. 1974. Sequência plumbífera do Araripe. Mineralização singenética sulfatada no Cretáceo sedimentar brasileiro. Recife, CPRM, 37 p.
- FEITOSA, M.C. 1987. Fácies Sedimentares e Modelo Depositional dos Arenitos Inferiores do Vale do Cariri. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPE, Recife. 73 p.
- FOLK, R. L. Petrology of sedimentary rocks. The Univ. of Texas, Austin, Hemphill's, 1968. 172 p.
- FOLK, R. L. Petrology of Sedimentary Rocks. Austin, EUA, Hemphill's, 1974. 182 p.
- GASPARY, J. & ANJOS, N.F.R. 1964. Estudo Hidrogeológico de Juazeiro do Norte - Ceará. Recife, SUDENE. 25 p. (Série Hidrogeologia 3).
- GHIGNONE, J.I. 1972. Ensaio de paleogeografia do Nordeste e as seqüências sedimentares. In: Congr. Bras. Geol., 26. Belém, 1972. Anais... Belém, SBG. v. 3, p. 21-28.
- GHIGNONE, J. I., COUTO, E. A. & ASSINE, M. L. - 1986 - Estratigrafia e Estrutura das Bacias do Araripe, Iguatu e Rio do Peixe. Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, 1: 271-285, Goiânia - GO.
- GUZMÁN-GONZÁLEZ, J., FAMBRINI, G.L., USMA, C.C., OLIVEIRA, E.V. 2015. Estratigrafia da Bacia de Jatobá: Estado da Arte. Estudos Geológicos, (UFPE), v. 25, p. 53-76.
- HASHIMOTO A.T., APPI, C.J., SOLDAN, A.L., CERQUEIRA, J.R. 1987. O neo-alagoas nas bacias do Ceará. Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. Revista Brasileira de Geociências, 17:118-122.
- JACKSON, R G., 1978, Preliminary evaluation of lithofacies models for meandering aluvial streams . In Miall, A. D., ed Fluvial sedimentology. Can. Soc. Petrot. Geot. Mem., no. 5, p. 543 -576.
- LIMA, M.R. 1978a. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil). São Paulo. 335p. (Tese de Doutorado, IG/USP).
- LIMA, M.R. 1978d. Estudo palinológico preliminar de um folhelho betuminoso da Formação Missão Velha, Chapada do Araripe. Boletim IG-USP, 9:136-139.
- LIMA, M.R. 1979. Considerações sobre a subdivisão estratigráfica da Formação Santana - Cretáceo do Nordeste do Brasil. Rev. Bras. Geoc., 9(2):116-121.
- LIMA, M.R. & PERINOTTO, J.A.J. 1984. Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe. Geociências (UNESP), v. 3, p. 67-76.
- MABESOOONE, J.M. & TINOCO, I.M. 1973. Paleocology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeocol, 14(2):87-118.
- MAISEY, J.G. (ed.) 1991. Santana fossils: an illustrated atlas. Neptune: T. F. H. 459 p.
- MARTILL, D.M. 1988. Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. Paleontology, 31:1-18.
- MARTILL, D. M. 1993. Fossil of the Santana and Crato formations, Brazil. Paleontological Association, Field Guide to Fossils, n. 5, 159 p.
- MARTILL, D. M. 2007. The age of the Cretaceous Santana Formation fossil Konservat Lagerstätte of north-east Brazil: a historical review and an appraisal of the biochronostratigraphic utility of its palaeobiota. Cretaceous Research, 28: 895-920.
- MARTINSEN, O., RYSETH, A., HANSEN, W.H., FLESHE, H., TORKIDSEN, G., IDIL, S., 1999. Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ercson Sandstonw (Campanian), Rock Springs Uplift, SW Wyoming, USA. Sedimentology 46, 235-259.
- MATOS, R.M.D. 1992. The Northeast Brazilian rift system. Tectonics, 11, 766-791.
- MENEZES-FILHO, J.A.B., FAMBRINI, G.L., NEUMANN, V.H.M.L., ROCHA, D.E.G.A., BARBOSA, J.A., BUARQUE, B.V. 2011. Análise de fácies sedimentares aplicada a estudos de reservatórios em depósitos fluviais da Formação Rio da Batateira e carbonáticos da Formação Crato, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: resultados preliminares In: 6o. Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - PDPETRO, Florianópolis - SC. Anais, 2011. v. único, 8 págs.CD-ROM.
- MIALL, A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided-rivers deposits: a summary. In: Miall, A.D. (ed.) Fluvial Sedimentology. Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists. p. 597-604. (Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 5).
- MIALL A.D. 1996. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology. Berlin, Springer, 582 p.
- MIALL, A. D. (2014): Fluvial depositional systems: Springer-Verlag, Berlin, 316 p.
- MIRANDA, L.O.S., FERRARI, M.P., VIANA, R.B. 1986. Prospecção sísmica de reconhecimento na Bacia do Araripe. In Congresso Brasileiro de Petróleo, 3., Rio de Janeiro, RJ, 1986. Boletim, PETROBRÁS/IBP, TT-158, 11 p.
- MORAES, J.F.S., SANTOS, J.S., MASCARENHAS, J.C. 1976. Projeto Santana. Etapa I. Recife, DNPM/CPRM. v. 1, 269 p. (Relatório Final).

- NASCIMENTO, M.A.L.; SOUZA, Z.S.; LIMA-FILHO, M.F.; JARDIM de SÁ, E.F.; CRUZ, L.R.; FRUTUOSO Júnior, L. J.; ALMEIDA, C.B.; ANTUNES, A.F.; SILVA, F.C.A.; GUEDES, I.M.G. 2004. Relações estratigráficas da Província Magmática do Cabo, Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, v. 14, p. 3-19.
- NASCIMENTO JR., D.R., SILVA FILHO, W.F., FREIRE JR., J.G., SANTOS, F.H. Syngenetic and diagenetic features of evaporite-lutite successions of the Ipubi Formation, Araripe Basin, Santana do Cariri, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 72, 315-327, 2016.
- NEUMANN, V.H.M.L. 1999. Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de Araripe (Nordeste de Brasil). 1999. Tesis (Doctorado), Universidad de Barcelona, Barcelona 244p.
- NEUMANN, V.H. & CABRERA, L. 1999. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, nordeste de Brasil. In: *Simpósio Cretáceo Brasileiro*, 5, Serra negra, 1999. UNESP, Boletim de Resumos: 279-285.
- NEUMANN, V.H.M.L., BORREGO, A.G., CABRERA, L., DINO, R. 2003. Organic matter composition and distribution through the Aptian-Albian lacustrine sequences of the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Int. J. Coal Geol.*, 54:21-40.
- NEUMANN, V.H.M.L.; ROCHA, D.E.G.A.; MORAES, A.S.; SIAL, A.N.; TABOADA-CASTRO, M.T.; BARBOSA, J.A.; FAMBRINI, G.L.; CARVALHO, R.R. 2010. Microfácies carbonáticas e comportamento isotópico de C e O nos calcários laminados aptianos lacustres da Serra Negra, Bacia do Jatobá, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, v. 20, n. 1, p. 89-100.
- PAULA-FREITAS, A.B.L. & BORGUI, L. 2011. Estratigrafia de alta resolução do intervalo siliciclástico aptiano da Bacia do Araripe. *Geociências*, 30(4):529-543.
- PETTIJOHN, F. J.; POTTER, P. E. AND SIEVER, R. Sand and sandstone. 1973. 631 p. New York, Springer-Verlag, 1973.
- PONS, D., BERTHOU, P.Y., CAMPOS, D.A. 1990. Quelques observations sur la palynologie de l'Aptien Supérieur el del'Albien du bassin d'Araripe (N.E. du Brésil). In *Simp. sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 1., Crato, 1988, Atas..., p. 241-252.
- PONTE, F.C. & APPI, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In *SBG, Congr. Bras. Geol.*, 36. Natal, 1990. Anais... Natal, v. 1, p. 211-226.
- PONTE, F.C. 1992a. Origem e evolução das pequenas bacias cretácicas do interior do Nordeste do Brasil. In: *UNESP/IGCE, Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras*, 2., Rio Claro, 1992. Resumos Exp., p. 55-58.
- PONTE, F.C. 1992b. Sistemas deposicionais na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: *UNESP/IGCE, Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras*, 2., Rio Claro, 1992. Resumos Exp., p. 81-84.
- PONTE, F.C. 1994. Extensão paleogeográfica da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. In: *Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 3., Rio Claro, 1994. Bol. Res. Exp., p. 131-135.
- PONTE, F.C. & PONTE FILHO, F.C. 1996a. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Recife:Departamento Nacional da Produção Mineral, 4º e 10º Distritos Regionais, Delegacias do Ministério das Minas e Energia em Pernambuco e Ceará, 68 p.
- PONTE, F.C. & PONTE FILHO, F.C. 1996b. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. In: *Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 4, 1996, Águas de São Pedro.Boletim...Rio Claro: UNESP, 1996, p. 123-133.
- PONTE-FILHO, F.C. & PONTE, F.C. 1992. Caracterização estratigráfica da Formação Abaiara, Cretáceo inferior da Bacia do Araripe. In: *Simp. sobre bacias cretáceas brasileiras*, 2, Rio Claro, 1992. Resumos Expandidos... Rio Claro, UNESP, p. 61-64
- POWERS, M. C. A new roundness scale for sedimentary particles. *J. Sediment. Petrology*, n. 23, p. 117-119, 1953.
- RABINOWITZ, P.D. & LA BRECQUE, J. 1979. The Mesozoic South Atlantic Ocean and evolution of its continental margins. *Journal of Geophysical Research*, 84, 5973-6002.
- RAND, H.M. & MANSO, V.A.V. 1984. Levantamento gravimétrico e magne-tométrico da Bacia do Araripe. In: *Congr. Bras. Geol.*, 33. Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v. 4, p. 2011-2016.
- READING, H.G. 1996. *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. Blackwell Sci., 668 p.
- REGALI, M.S.P. 1989. A idade dos evaporitos da plataforma continental do Ceará, Brasil, e sua relação com os outros evaporitos das baciasnordestinas. *Bol. IG-USP*, p. 139-143. (Publ. Esp. 7).
- RIOS-NETTO, A.M.; REGALI, M.P.S.; CARVALHO, I.S.; FREITAS, F.I. 2012. Palinoestratigrafia do intervalo Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 42 (2): 331-342.
- RIOS-NETTO, A.M.; PAULA-FREITAS, A.B.L.; CARVALHO, I.S.; REGALI, M.P.S.; BORGHI, L.; FREITAS, F.I. 2012. Formalização Estratigráfica do Membro Fundão, Formação Rio da Batateira, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. < Arquivo digital disponível on-line no site www.sbggeo.org.br> 29/03/2017.

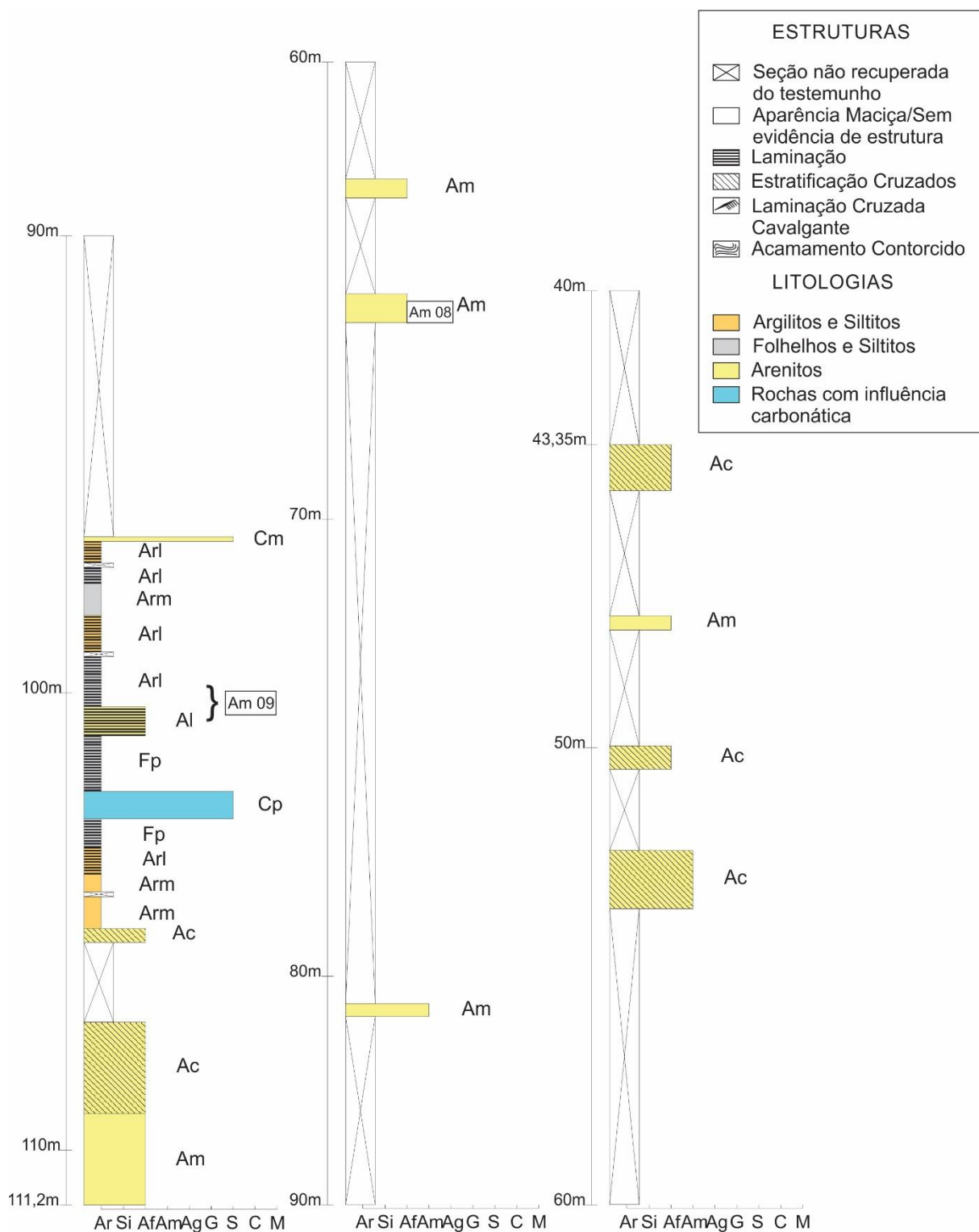
- ROLIM, J.L. & MABESOONE, J.M. 1982. Um modelo de grande rio para as bacias rift do Recôncavo-Tucano-Jatobá (Purbeckiano-Aptiano, Nordeste do Brasil). In: Congresso Brasileiro De Geologia, 32., 1982, Salvador. Anais. Salvador: SBG, v. 4, p. 1406-1412.
- SALES, A. M. F. 2005. Análise tafonômica das ocorrências 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.
- SCHEID C., Munis M.B., Paulino J. 1978. *Projeto Santana: Relatório Final da Etapa II*. Recife, DNPM/CPRM. 131 p + ilust. e anexos.
- SCHERER, C.M.S., LAVINA, E.L.C., DIAS FILHO, D.C., OLIVEIRA, F.M., BONGIOLO, D.E., AGUIAR, E.S. 2007. Stratigraphy and facies architecture of the fluvial–aeolian–lacustrine Sergi Formation (Upper Jurassic), Recôncavo Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 194: 169-193.
- SCHERER, C.M.S., JARDIM de SÁ, E.F., CÓRDOBA, V.C., SOUSA, D.C., AQUINO, M.M., CARDOSO, F.M.C. 2014. Tectono-stratigraphic evolution of the Upper Jurassic–Neocomian rift succession, Araripe Basin, Northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 49, p. 106-122.
- SCHERER, C.M.S., GOLDBERG, K., BARDOLA, T. 2015. Facies architecture and sequence stratigraphy of an early post-rift fluvial succession, Aptian Barbalha Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Sedimentary Geology*, 322: 43-62.
- SCHUMM, S. A., Khan, H. R. 1972. Experimental study of channel patterns. *Geol. Soc. Am. Bull.* V. 83 p. 1755-1770.
- SCHUMM, S. A., 1985. Patterns of aluvial rivers. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 1985. V. 13: p. 5-27
- SELLEY, R.C. 2000. *Applied sedimentology environments, a brief survey*. London, Academic Press.
- SHANLEY, K.W., & P.J. MC CABE, 1994, Perspectives on the Sequence Stratigraphy of Continental Strata: *AAPG Bulletin*, v. 78, p. 544–568.
- SILVA, M.A.M. 1983. The Araripe Basin, Northeastern Brazil: Regional Geology and Facies Analysis of a Lower Cretaceous Evaporitic Depositional Complex. *EUA*. 290 p. (Tese de Doutorado, Columbia University).
- SILVA, M.A.M. 1988. Evaporitos do Cretáceo da Bacia do Araripe: ambientes de deposição e história diagenética. *Bol. Geoc. PETROBRAS*, 2(1):53-63.
- SILVESTRE, D. C. ; FAMBRINI, G. L. ; SANTOS, A. A. F. ; SIQUEIRA, R. ; MADRUGA, M. M. D. . ANÁLISE FACIOLÓGICA E ARQUITETÔNICA DA FORMAÇÃO CARIRI (BACIA DO ARARIPE ? NE DO BRASIL). In: 48º Congresso Brasileiro de Geologia, 2016, Porto Alegre. 48º Congresso Brasileiro de Geologia, 2016.
- SMALL, H., 1913. *Geologia e Suprimento de Água Subterrânea no Piauhye Parte do Ceará*. Recife, Insp. Obras Contra Secas. 80 p. (Publicação 25).
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica: guia de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 16, p. 370-415, 1986.
- SPIGOLON, A. L. D.; LEWAN, M. D.; PENTEADO, H. L. B.; COUTINHO, L. F. C.; MENDONÇA FILHO, J. G. 2015. Evaluation of the petroleum composition and quality with increasing thermal maturity as simulated by hydrous pyrolysis: A case study using a Brazilian source rock with Type I kerogen. *Organic Geochemistry*, Oxford, v. 83/84, p. 27-53.
- SPIX, J.B. & MARTIUS, C.F.P., 1828-31. *Reise in Brasilien in den Jahren 1817 bis 1820*. XVI, XVIII, LVI, 1388 pp. þ atlas 40 pp. 56 pls. München.
- SUGUIO, K.. *Geologia Sedimentar*. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. v. 01. 400p .
- SYRIO, V.N. & RIOS-NETTO, A.M. 2002. Ostracodes from the Rio da Batateira Formation (Lower Cretaceous, Araripe Basin): preliminary results on systematics, biostratigraphy and paleoecology. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 74(2):369.
- TUCKER, M.E. 2014. *Rochas Sedimentares: Guia Geológico de Campo = Sedimentary Rocks in the Field: A Practical Guide*. Tradução: Rualdo Menegat. Ed. Bookman, 4ª edição. Porto Alegre.
- VAIL, P. R., MITCHUM, R. M., AND THOMPSON, S., III, 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap, in Payton, C. W., ed., *Seismic Stratigraphy— Applications to Hydrocarbon Exploration: American Association of Petroleum Geologists Memoir* 26, p. 83-97.
- VALENÇA, L.M.M. 1987. Estudos dos sedimentos que capeiam a Chapada do Araripe. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPE, Recife. 82 p.
- VALENÇA, L.M.M.; NEUMANN, V.H.M.L.; MABESOONE, J.M. 2003. An overview on Callovian–Cenomanian intracratonic basins of Northeastern Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. *Geologica Acta*, 1(3):261-275.
- VIANA, M.S.S & NEUMANN, V.H.M.L. 2002. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE - Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A. ; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M.L.C. (Edits.) *Sítios Geológicos e paleontológicos do Brasil*. 1. ed. Brasília:

- DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 01: 113-120.
- WALKER R.G. & JAMES N.P. 1992. Fácies models. Response to sea level changes. Geological Association of Canada, 212 p.
- WHRIGTH, P. & MARRIOT, S. B. 1993. The sequence stratigraphy of fluvial depositional systems: the role of floodplain sediment storage. *Sediment. Geol.*, 86, 203-210.

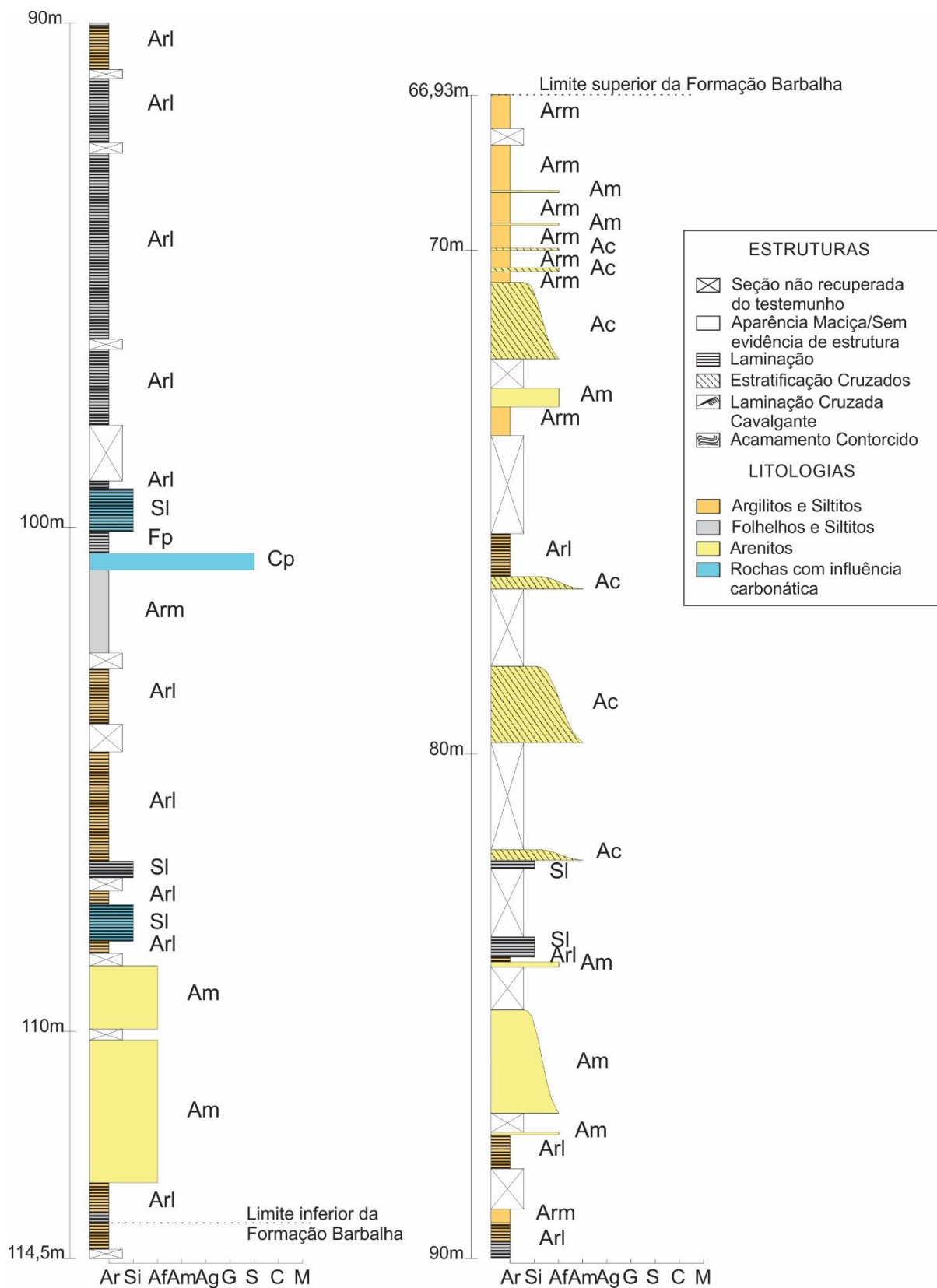
Apêndice B – Seção Colunar Vertical do Poço PS02CE.



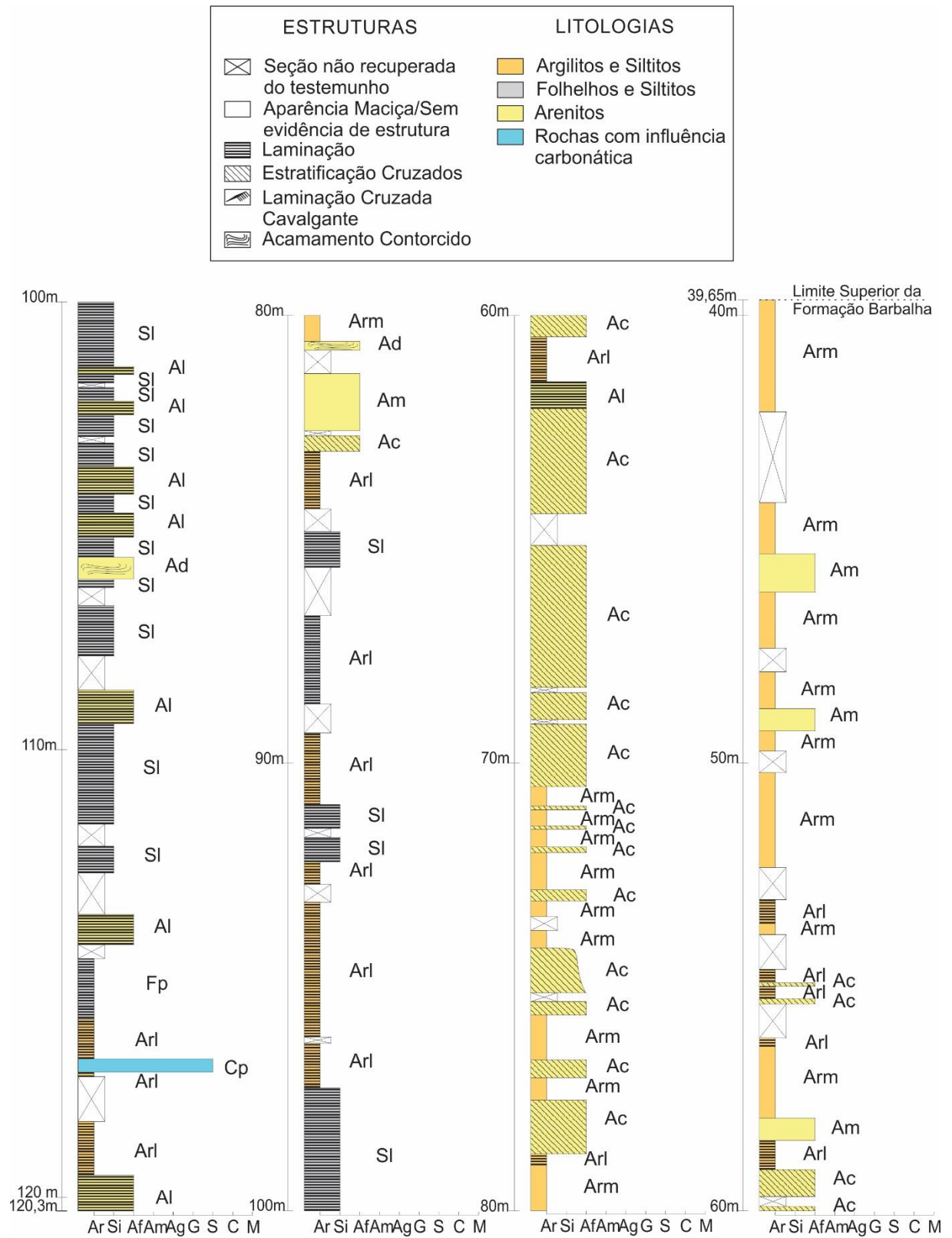
Apêndice D - Seção Colunar Vertical do Poço PS04CE.



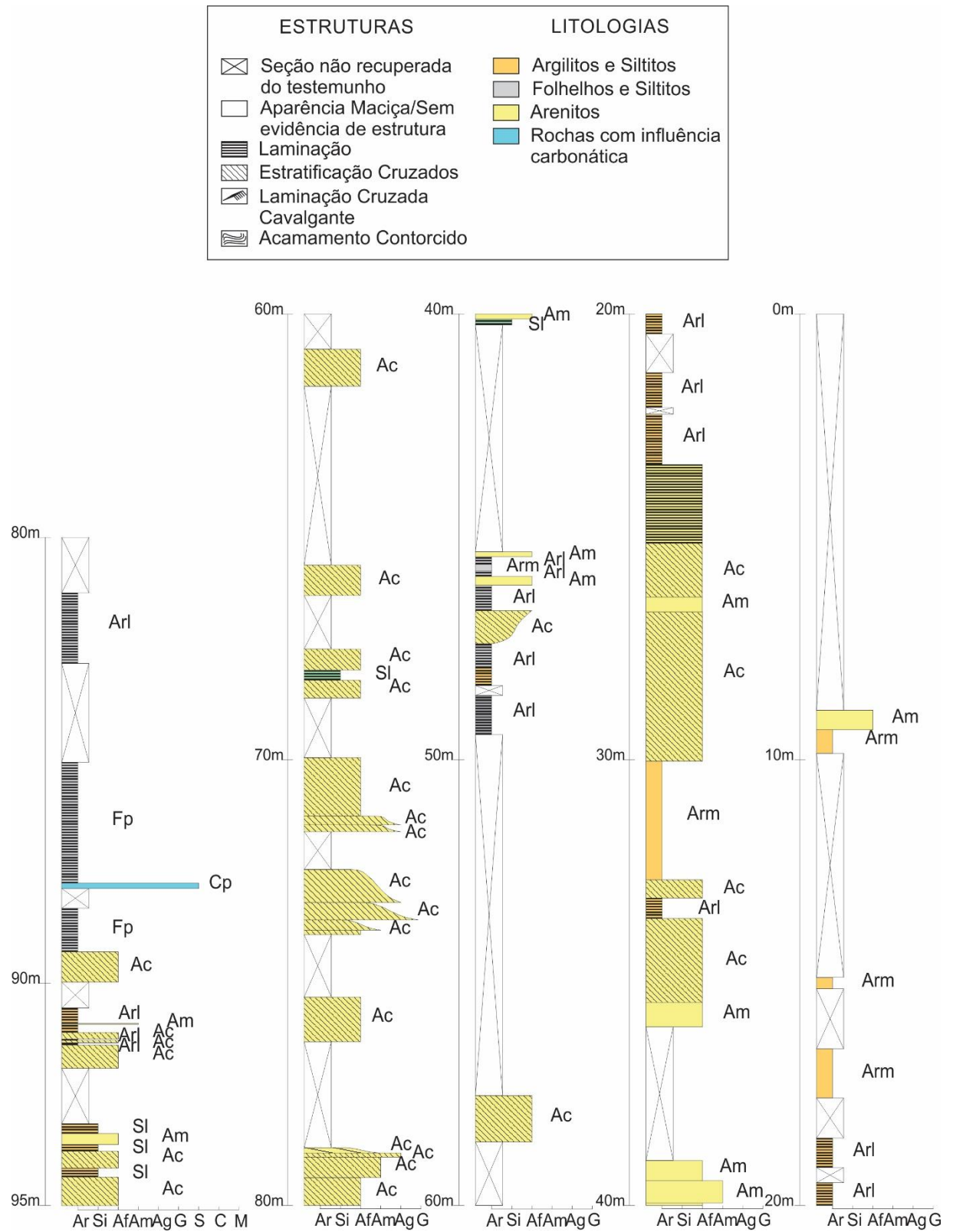
Apêndice F - Seção Colunar Vertical do Poço PS06CE.



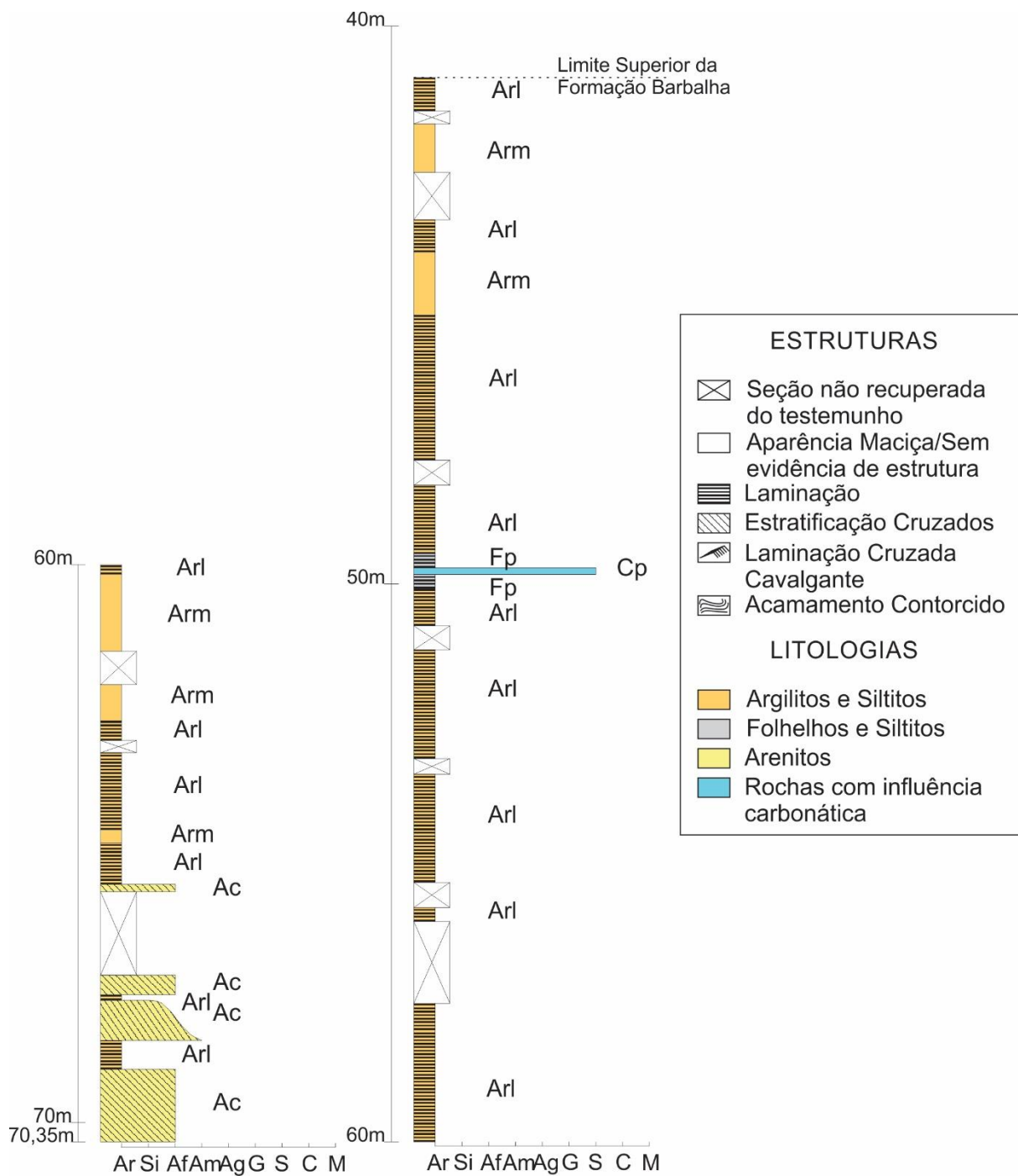
Apêndice G - Seção Colunar Vertical do Poço PS07CE.



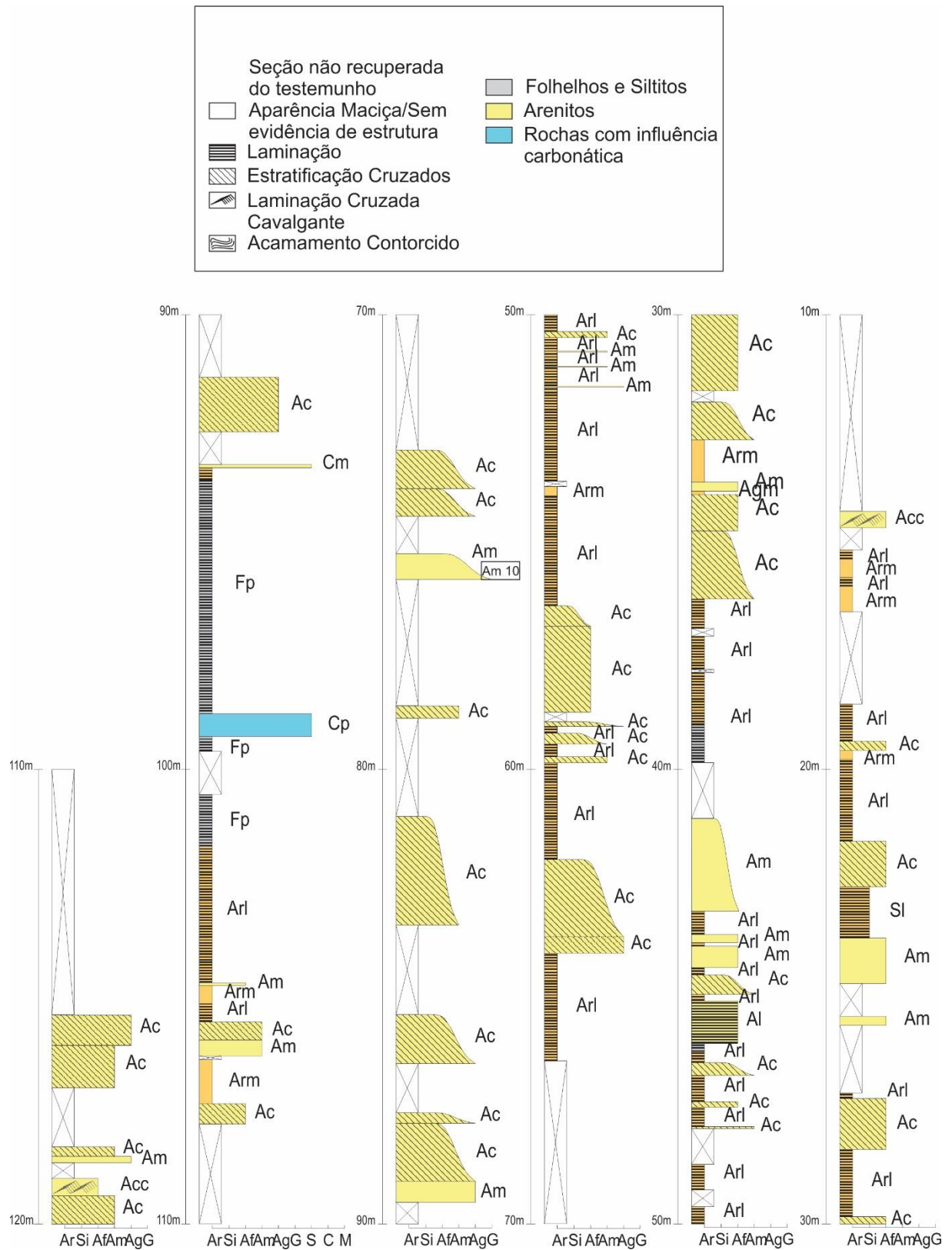
Apêndice H - Seção Colunar Vertical do Poço PS08CE.



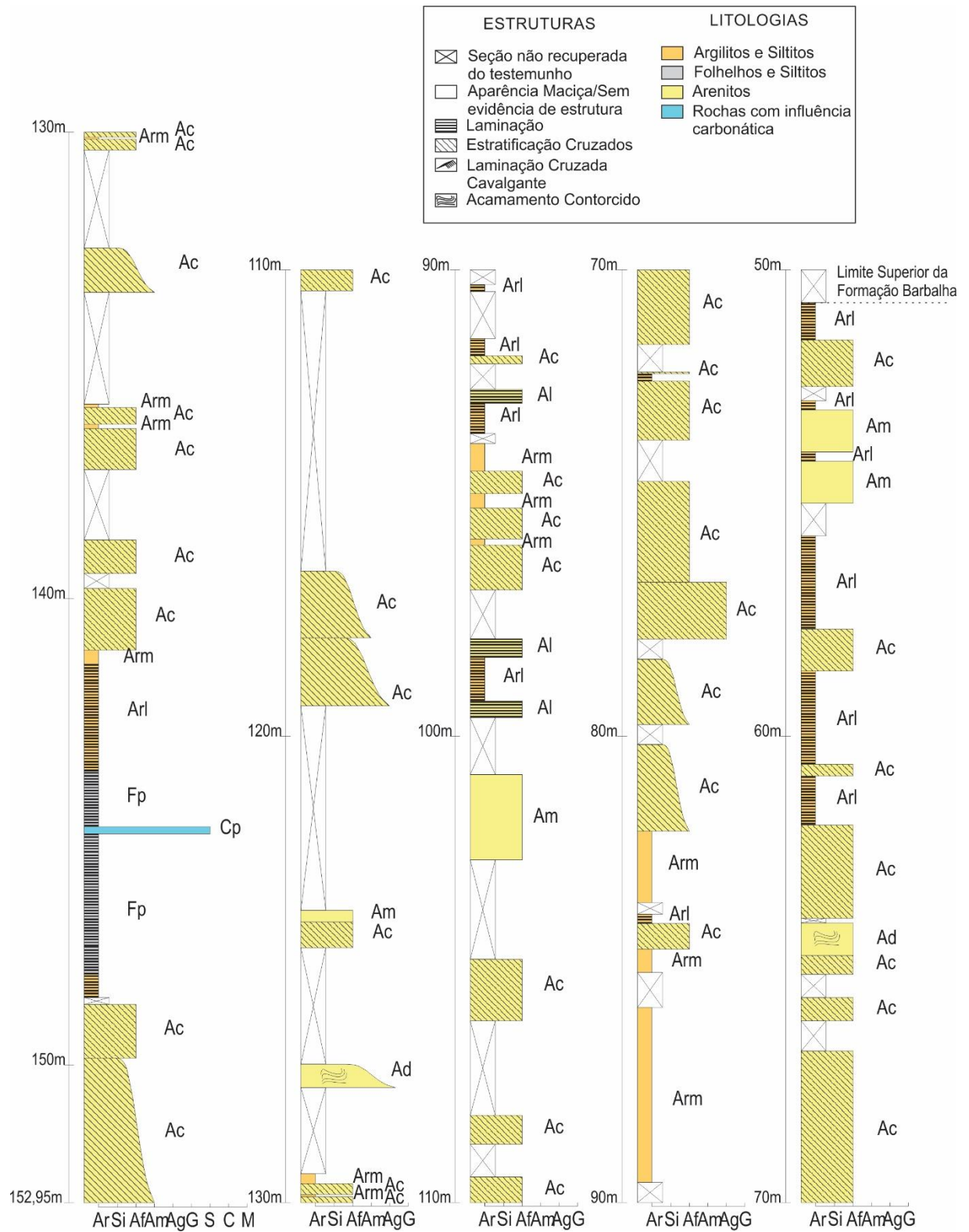
Apêndice I - Seção Colunar Vertical do Poço PS09CE.



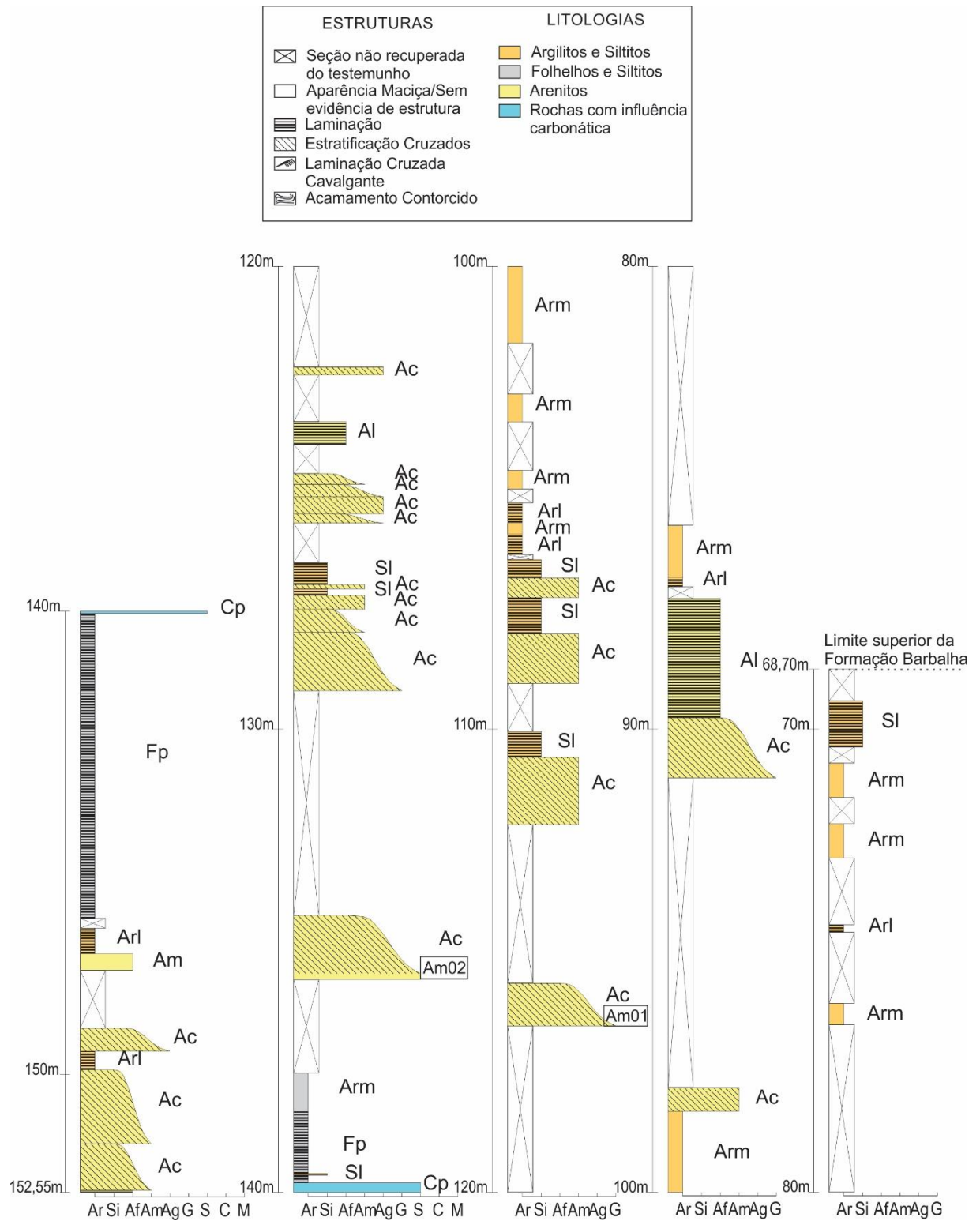
Apêndice J - Seção Colunar Vertical do Poço PS10CE.



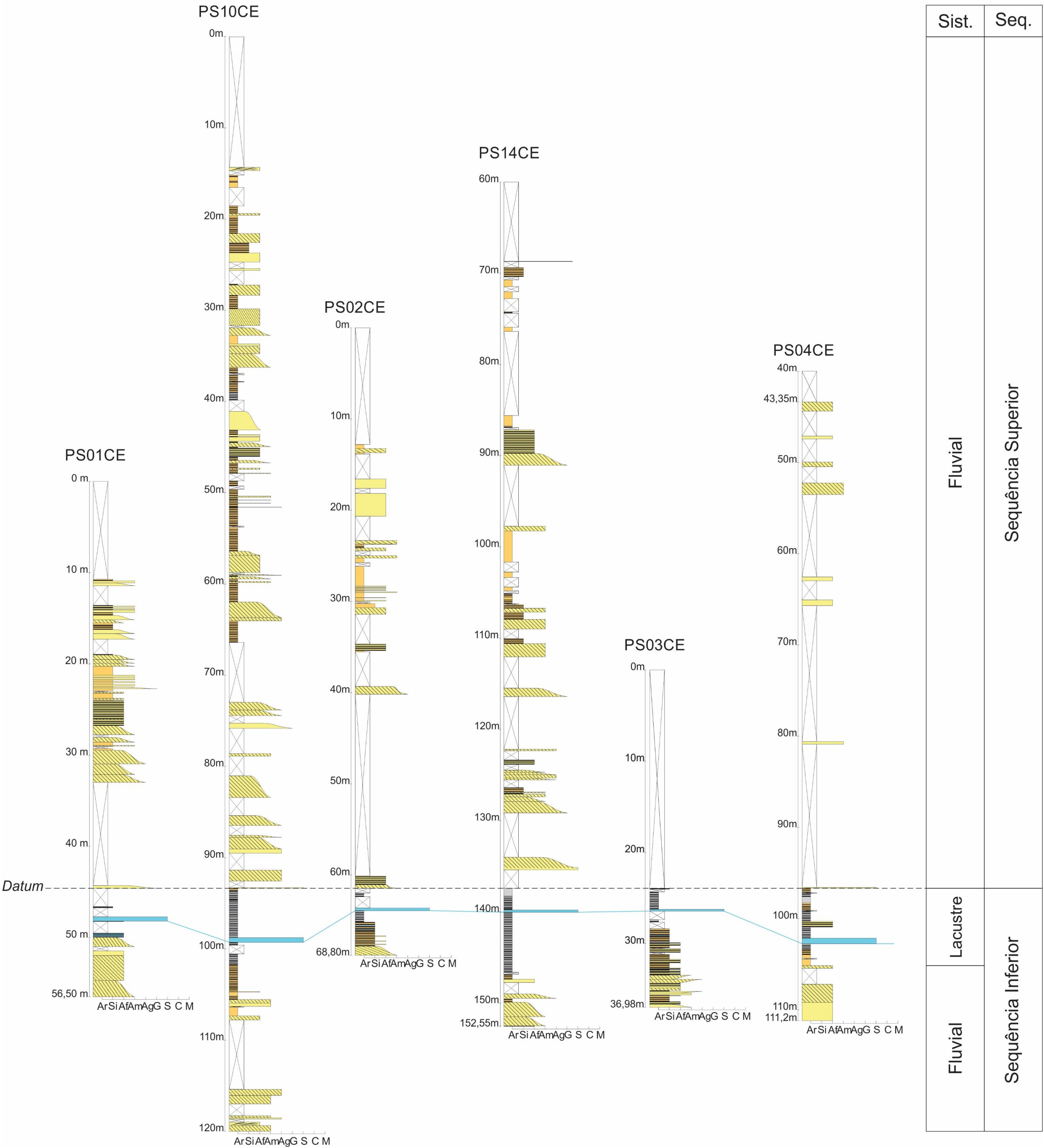
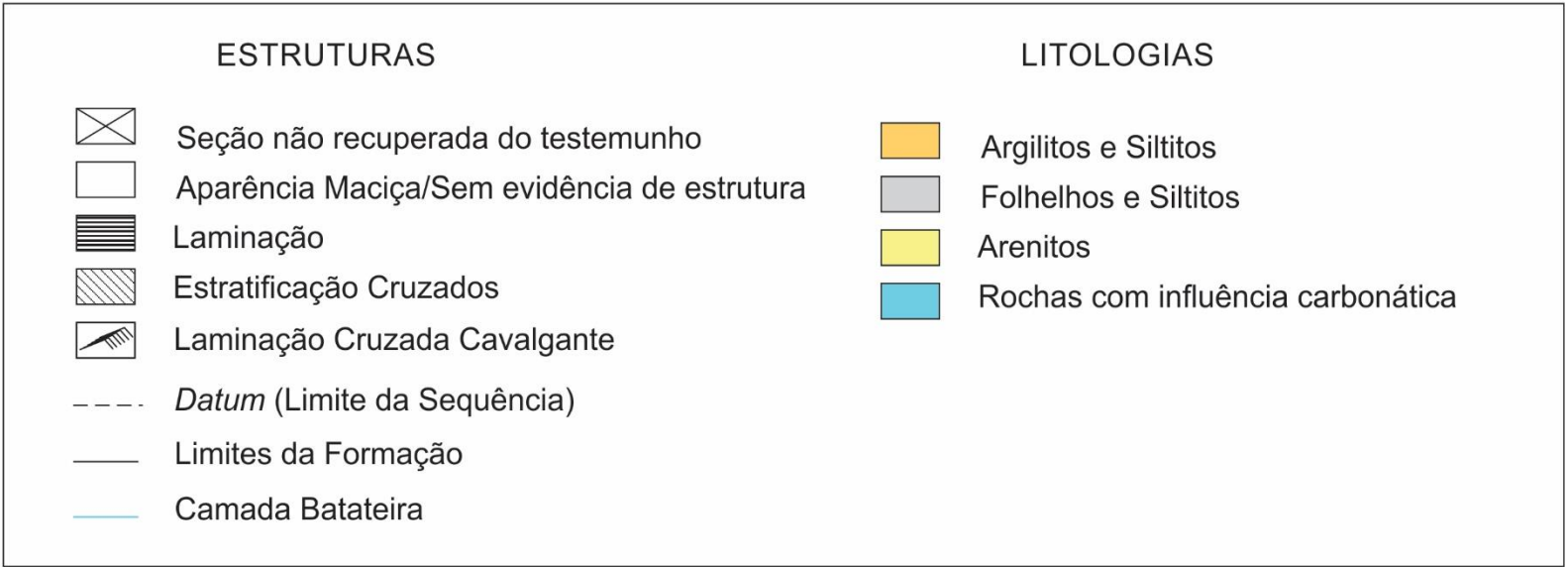
Apêndice K - Seção Colunar Vertical do Poço PS13CE.



Apêndice L - Seção Colunar Vertical do Poço PS14CE.



PERFIL DE CORRELAÇÃO I



PERFIL DE CORRELAÇÃO II

