



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

Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha

**CARACTERIZAÇÃO DO INTERVALO
CARBONÁTICO DO SISTEMA LACUSTRE
APTIANO DA BACIA DO JATOBÁ, NE DO BRASIL**

**Tese de Doutorado
2011**

Orientador: Prof. Dr. Virgínio Henrique Neumann

Co-Orientador: Prof. Dr. Mário de Lima Filho

DUNALDSON ELIEZER GUEDES ALCOFORADO DA ROCHA

Geólogo, Universidade Federal de Pernambuco, 1977

**CARACTERIZAÇÃO DO INTERVALO CARBONÁTICO DO SISTEMA
LACUSTRE APTIANO DA BACIA DO JATOBÁ, NE DO BRASIL**

Tese que apresenta ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. Virgínio Henrique Neumann e co-orientada pelo Prof. Dr. Mário de Lima Filho, como preenchimento parcial para obter o grau de doutor em Geociências, área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental.

Recife, PE

2011

Catálogo na fonte

Bibliotecária Raquel Cortizo, CRB-4 664

R672c Rocha, Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da.

Caracterização do intervalo carbonático do sistema lacustre aptiano da Bacia do Jatobá, NE do Brasil / Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha. - Recife: O Autor, 2011.

vi, 128folhas, il., gráfs., tabs., figs.

Orientador: Prof. Dr: Virgínio Henrique Neumann. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2011.

Inclui Referências Bibliográficas e Anexos.

1. Geociências 2 Sistema lacustre aptiano. 3 Bacia do Jatobá NE Brasil. 4. Carbonatos. .I. Neumann, Virgínio Henrique (orientador). II. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2012-040

**CARACTERIZAÇÃO DO INTERVALO CARBONÁTICO DO SISTEMA LACUSTRE APTIANO DA
BACIA DO JATOBÁ, NE DO BRASIL**

Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha

APROVADO

**Professor Doutor Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann
19/12/2011**

**Professora Doutora Lúcia Maria Mafra Valença
19/12/2011**

**Professora Doutora Marcela Marques Vieira
19/12/2011**

**Professor Doutor Mário Ferreira de Lima Filho
19/12/2011**

**Professor Doutor Francisco Hilário Bezerra
19/12/2011**

**"Quero dizer seu moço,
que depois de muito andar
para o Brasil mapear,
resolvi doutor me tornar.
Queimei as pestanas,
fervi o juízo,
rezei para o Padim Ciço,
tudo isso pra caracterizar
o intervalo carbonático
da sequência lacustre aptiana
da Bacia do Jatobá".**

Mirtes Rocha

**À minha esposa Mirtes, minha
companheira e maior incentivadora.**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Lino e Dunalva (*in memoriam*) por terem me fornecido o “embasamento” para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha esposa Mirtes, meus filhos Vítor e Bruno e minhas noras Rafaella e Priscylla, pelo apoio, compreensão e incentivo.

À minha irmã Tânia, por ter me ajudado a crescer.

Ao meu orientador Prof. Virgínio Neumann, pela forma gentil, disponível, amiga e parceira de me conduzir nesse desafio do doutorado.

Ao Prof. Mário Filho, pela forma inteligente e descontraída de ensinar geologia.

À banca examinadora pela contribuição para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos colegas Emília Tomé, Walter Vortisch e Reinhard Gratzter pelas informações sobre os ostracodes, argilominerais e isótopos estáveis.

Ao colega de turma Paulo Barros (Mufula), ao colega da pós Alex Moraes, as colegas Ana Paula e Janaína da CPRM e ao meu cunhado Eudes, pela força que me deram no uso do CorelDraw, do ArqGis e na correção do texto.

À Prof^a. Lúcia Mafra e à colega Zenilda pela colaboração no estudo petrográfico dos siliciclásticos.

Aos colegas Rizelda, Rafael e Acioli pela ajuda nos trabalhos de campo.

Ao colega Maurílio pela confecção das lâminas petrográficas.

A todos os colegas da pós-graduação e da graduação em Geologia, que ajudaram a compor um ambiente interativo de aprendizado.

A todos os meus familiares e amigos pelo apoio e incentivo.

À FINEP por patrocinar esta pesquisa.

À CPRM por ter me liberado integralmente das minhas funções de geólogo, para me dedicar por completo ao doutorado.

Ao LAGESE pela infra-estrutura disponibilizada, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Programa de Pós Graduação em Geociências da UFPE pela oportunidade de reciclagem depois de três décadas.

Aos professores do programa pelo tratamento carinhoso com que me receberam, fazendo-me sentir “da casa”.

E por último, mas não menos importante, a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração desse trabalho.

RESUMO

Esta tese objetiva a caracterização do intervalo carbonático da sequência lacustre aptiana da Bacia do Jatobá, que abrange as formações Crato e Romualdo do Grupo Santana. Foram estudados doze afloramentos, no âmbito das formações Crato e Romualdo e perfurado um poço estratigráfico, que se constituiu na principal fonte de dados para a elaboração desse estudo, possibilitando a identificação e a caracterização das associações de fácies e as microfácies carbonáticas. Foram coletadas quarenta e sete amostras para elaboração de lâminas delgadas, sendo vinte e nove oriundas do poço estratigráfico e dezoito de afloramentos. Dessas amostras, trinta e oito são de carbonatos das formações Crato e Romualdo e nove de arenitos e siltitos. O estudo do perfil do poço e observações de afloramentos permitiram identificar, na sequência lacustre, três associações de fácies, compostas por vinte litofácies e a caracterização de doze microfácies carbonáticas, que constituem sete unidades carbonáticas. A associação de fácies deltaica é constituída por cinco litofácies. A associação de fácies terrígena lacustre é composta por onze litofácies e a associação de fácies carbonática é constituída por quatro conjuntos de litofácies, onde se destaca a litofácies calcários laminados, divididas em oito microfácies. Os resultados obtidos sugerem que a sequência lacustre aptiana do Jatobá representa um paleolago de baixa salinidade, hidrologicamente fechado, onde predominava águas doces a salobras, com alto teor de matéria orgânica, intensa atividade bacteriana, que favoreceu o desenvolvimento de uma grande diversidade de espécies de ostracodes, que confirmam a sua idade aptiana.

Palavras-chave: Sequência lacustre aptiana; Bacia do Jatobá, associação de fácies; microfácies carbonáticas.

ABSTRACT

This thesis focuses on the characterisation of an Aptian carbonatic lacustrine sequence in the Jatobá Basin, NE Brazil. The sequence is comprised of the Crato and Romualdo formations of the Santana Group. Twelve outcrops and a core from these formations were studied. Data for this study was principally obtained from well core samples, which enabled the identification and characterisation of facies associations as well as the main microfacies. Forty-seven samples were collected for the preparation of thin sections, twenty-nine from the core and eighteen of the outcrops. Integrating core and outcrops data points to the existence of three associations: lacustrine facies, composed of twenty lithofacies and twelve microfacies, constituting seven carbonate units; A deltaic facies association consisting of five lithofacies; A lacustrine terrigenous facies comprising eleven lithofacies and a carbonate facies consists of four sets of lithofacies, in which the laminated limestones divided into eight microfacies. The results obtained suggest that the Aptian lacustrine sequence of the Jatobá Basin represents a paleolake of low salinity, hydrologically closed, in which fresh to brackish water were prevalent. The high organic matter content and intense bacterial activity allowed for the development of a great diversity of ostracod species, whose presence further corroborate an Aptian age.

Key-words: Aptian lacustrine sequence; Jatobá basin; facies associations; carbonate microfacies.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE PRANCHAS

LISTA DE QUADROS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1- TRABALHOS ANTERIORES.....	1
1.2 – JUSTIFICATIVAS E OBJETIVO.....	2
CAPÍTULO 1 – A BACIA DO JATOBÁ.....	3
1.1 – INTRODUÇÃO.....	3
1.2 – ESTRATIGRAFIA.....	6
1.3 – GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	27
CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
2.1 – LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	28
2.2 – BASES CARTOGRÁFICAS E SENSORES REMOTOS.....	29
2.3 – TRABALHOS DE CAMPO.....	29
2.4 – POÇO ESTRATIGRÁFICO 2-JSN-01-PE.....	30
2.5 – ESTUDOS PETROGRÁFICOS.....	30
2.6 – QUIMIOESTRATIGRAFIA.....	30
2.7 – BIOESTRATIGRAFIA.....	30
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
3.1 – SISTEMA LACUSTRE APTIANO DA BACIA DO JATOBÁ.....	31
3.1.1 – INTRODUÇÃO.....	31

3.1.2 – ESTRATIGRAFIA.....	32
3.1.2.1 – FORMAÇÃO CRATO.....	32
3.1.2.2 – FORMAÇÃO ROMUALDO.....	34
3.1.3 – ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES.....	37
3.1.3.1 – INTRODUÇÃO.....	37
3.1.3.2 – ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DELTAICA.....	38
3.1.3.3 – ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES TERRÍGENA LACUSTRE.....	47
3.1.3.4 – ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES CARBONÁTICA.....	53
3.1.4 – LITOFÁCIES CARBONÁTICAS.....	55
3.1.4.1 – LITOFÁCIES RITMITOS ARGILO-CARBONÁTICOS.....	55
3.1.4.2 – LITOFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS.....	55
3.1.4.3 – LITOFÁCIES MARGAS.....	55
3.1.4.4 – LITOFÁCIES CALCÁRIOS BIOCLÁSTICOS.....	55
3.1.5 – MICROFÁCIES CARBONÁTICAS.....	56
3.1.5.1 – MICROFÁCIES RITMITOS ARGILO-CARBONÁTICOS.....	56
3.1.5.2 – MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM <i>LOOP-BEDDING</i>	59
3.1.5.3 – MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM PELÓIDES.....	60
3.1.5.4 – MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM <i>SLUMP</i>	61
3.1.5.5 – MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM LAMINAÇÕES PLANO-PARALELAS.....	63
3.1.5.6 – MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM FRAGMENTOS CARBONOSOS.....	64
3.1.5.7 – MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM OSTRACODES.....	66
3.1.5.8 – MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS MARGOSOS COM OSTRACODES.....	67
3.1.5.9 – MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS MARGOSOS.....	67
3.1.5.10 – MICROFÁCIES MARGAS FINAMENTE LAMINADAS.....	67
3.1.5.11 – MICROFÁCIES CALCÁRIOS BIOCLÁSTICOS.....	68

3.1.6 – UNIDADES CARBONÁTICAS.....	70
3.1.6.1 – UNIDADE CARBONÁTICA 1.....	70
3.1.6.2 – UNIDADE CARBONÁTICA 2.....	72
3.1.6.3 – UNIDADE CARBONÁTICA 3.....	73
3.1.6.4 – UNIDADE CARBONÁTICA 4.....	74
3.1.6.5 – UNIDADE CARBONÁTICA 5.....	75
3.1.6.6 – UNIDADE CARBONÁTICA 6.....	77
3.1.6.7 – UNIDADE CARBONÁTICA 7.....	77
3.1.7 – PETROGRAFIA DOS CARBONATOS.....	79
3.1.7.1 - MICROFÁCIES RITMITOS ARGILO-CARBONÁTICOS COM OSTRACODES	79
3.1.7.2 - MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM <i>LOOP-BEDDING</i> ..	81
3.1.7.3 - MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM PELÓIDES.....	85
3.1.7.4 - MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM <i>SLUMP</i>	90
3.1.7.5 - MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM LAMINAÇÕES PLANO-PARALELAS.....	91
3.1.7.6 - MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM FRAGMENTOS CARBONOSOS.....	95
3.1.7.7 - MICROFÁCIES CALCÁRIOS LAMINADOS COM OSTRACODES....	95
3.1.7.8 - MICROFÁCIES CALCÁRIOS BIOCLÁSTICOS.....	97
3.1.8 – BIOESTRATIGRAFIA.....	100
3.1.8.1 – INTRODUÇÃO.....	100
3.1.8.2 – REGISTRO DOS OSTRACODES.....	100
3.1.9 – QUIMIOESTRATIGRAFIA.....	109
3.1.9.1 – GEOQUÍMICA ISOTÓPICA.....	109
3.1.9.2 – DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X.....	114
3.1.10 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES.....	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Recôncavo-Tucano-Jatobá. Modificada de Aragão <i>et al.</i> (1999).....	4
Figura 2 - Limites e arcabouço da Bacia do Jatobá. Destaque para as feições estruturais, (Costa <i>et al.</i> , 2003).....	4
Figura 3 – Mapa Geológico da Bacia do Jatobá - Rocha & Leite (1999).....	7
Figura 4 - Coluna Estratigráfica da Bacia do Jatobá (modificado de Neumann <i>et al.</i> , 2009).....	8
Figura.5 – Arenitos fluviais da Formação Tacaratu	9
Figura 6 – Arenitos finos da Formação Inajá	10
Figura 7 – Folhelhos amarronzados da Formação Aliança	11
Figura 8 – Estratificação cruzada acanalada em arenitos grossos a conglomeráticos da Formação Sergi	12
Figura 9 – Arenitos finos intercalados com siltitos e folhelhos, da Formação Candeias	13
Figura 10 – Vista panorâmica da alternância de arenitos finos e argilitos do Grupo Ilhas	15
Figura 11 – Estratificações cruzadas acanaladas de grande porte da Formação São Sebastião	17
Figura 12 – Estratificações cruzadas acanaladas em arenitos flúvio-deltáicos da Formação Marizal	18
Figura 13 – Coluna estratigráfica da Sub-bacia de Tucano Norte e Jatobá (Costa <i>et al.</i> , 2007).....	21
Figura 14 – Visão panorâmica da Serra do Periquito	22
Figura 15 – Mapa Geomorfológico simplificado de parte da Bacia do Jatobá.....	23
Figura 16 – Calcários laminados da Formação Crato	23
Figura 17 – Calcário bioclástico da Formação Romualdo	24
Figura 18 - Arenitos da Formação Exu na Serra do Periquito	25
Figura 19 - Depósito de tálus nas cercanias da Serra Negra	26
Figura 20 – Arcabouço estrutural da Bacia do Jatobá. Modificado de Magnavita,1992 (<i>Apud.</i> Rocha & Leite, 1999).....	28
Figura 21 – Mapa Geológico Esquemático de parte da Bacia do Jatobá.....	33

Figura 22 – Perfil Esquemático do Poço Estratigráfico 2–JSN–0–PE.....	35
Figura 23 - Falhas em afloramento da Formação Romualdo, que refletem estruturas regionais da Bacia do Jatobá.....	36
Figura 24 – Associação de Fácies.....	39
Figura 25 – Arenito médio maciço da litofácies AMm.....	40
Figura 26 - Bioturbações em arenitos muito finos da litofácies AFct.....	41
Figura 27 – Estratificações cruzadas acanaladas em arenitos da litofácies AMFca	41
Figura 28 – Estratificações plano-paralelas em arenitos da litofácies AMFca.....	42
Figura 29 - Associação de Fácies Deltaica (AFD).....	43
Figura 30 - Fotomicrografia mostrando intercalação de siltito em arenitos da litofácies AMFca (NX).....	44
Figura 31 – Fotomicrografia mostrando grãos angulosos de quartzo em arenitos da litofácies AFm (NX).....	44
Figura 32 – Fotomicrografia de arenito mal selecionado, da litofácies AMFca (NX).....	45
Figura 33 – Fotomicrografia mostrando laminações marcadas por lamelas de biotita, em arenitos da litofácies AMFca (NX).....	46
Figura 34 – Fotomicrografia mostrando concentrações de biotita em arenitos da litofácies AMFca (NX).....	46
Figura 35 - Associação de Fácies Terrígena Lacustre	48
Figura 36 – Bioturbações em siltitos da litofácies Sac	49
Figura 37 - Concreções carbonáticas em siltitos da litofácies Scc.....	49
Figura 38 - Folhelhos com intercalações de arenitos calcíferos da litofácies FLac	50
Figura 39 – Fotomicrografia de siltito com fragmentos carbonosos da litofácies So (A–LP e B–NX).....	51
Figura 40 – Fotomicrografia mostrando grãos angulosos a subangulosos de quartzo em siltitos da litofácies Sm (NX).....	52
Figura 41 – Fotomicrografias de siltitos contendo ostracodes da litofácies STo (LP).....	52
Figura 42 - Calcários laminados da Associação de Fácies Carbonática (AFC).....	53

Figura 43 – Associação de Fácies Carbonática.....	54
Figura 44 – Microfácies Carbonáticas.....	57
Figura 45 - Ritmito argilo-carbonático da microfácies m1a.....	58
Figura 46 - Ritmito argilo-carbonático com ostracodes da microfácies m1b, apresentando <i>loop-bedding</i>	58
Figura 47 – Fotomicrografia mostrando estrutura <i>loop-bedding</i> em ritmitos argilo-carbonáticos, da microfácies m1b (NX).....	59
Figura 48 - Estrutura <i>loop-bedding</i> em calcários laminados da microfácies m2.....	60
Figura 49 - Calcário peletoidal da microfácies m3.....	60
Figura 50 – Fotografia da lâmina do calcário peletoidal da microfácies m3.....	61
Figura 51 – Laminação convoluta (<i>slump</i>), em calcários laminados da microfácies m4	62
Figura 52 – Fotomicrografia mostrando “micro- <i>slump</i> ” associado a microfalha, em calcários laminados da microfácies m4 (NX).....	62
Figura 53 - Microfalhas em calcários laminados da microfácies m4	63
Figura 54 – Fotomicrografia mostrando pirita framboidal oxidada em calcários laminados da microfácies m5 (NX).....	64
Figura 55 - Calcário laminado com lamelas carbonosas e concreções carbonáticas da microfácies m6.....	65
Figura 56 – Fotomicrografia mostrando lamelas carbonosas em calcários da microfácies m6 (NX).....	65
Figura 57 - Laminações plano-paralelas em calcários da microfácies m7.....	66
Figura 58 – Fotomicrografia mostrando concreção carbonática em calcários da microfácies m7 (LP).....	66
Figura 59 - Margas finamente laminadas da microfácies m10.....	67
Figura 60 – Vista frontal do calcário bioclástico da microfácies m11 (Formação Romualdo)	68
Figura 61 – Vista lateral do calcário bioclástico da microfácies m11 (Formação Romualdo)	69
Figura 62 - Fotomicrografia do calcário bioclástico da microfácies m11, mostrando carapaças preenchidas por calcita recristalizada (NX).....	69
Figura 63 – Unidades Carbonáticas	71
Figura 64 – Unidade Carbonática UC1	72

Figura 65 – Unidade Carbonática UC3	73
Figura 66 – Unidade Carbonática UC4	75
Figura 67 – Unidade Carbonática UC5	76
Figura 68 – Unidade Carbonática UC6	78
Figura 69 – Análises Petrográficas	80
Figura 70 – Fotomicrografia mostrando terminação da estrutura <i>loop-bedding</i> , em calcários da microfácies m2 (NX).....	84
Figura 71 – Fotomicrografia mostrando bandas claras e escuras, em calcários da microfácies m2 (NX).....	84
Figura 72 – Fotomicrografia mostrando pelóides constituídos por calcisferas e micrita permeados por esteiras algáticas, em calcários da microfácies m3 (NX).....	85
Figura 73 – Fotomicrografia mostrando pelóide deformado e falhado, em calcários da microfácies m3 (NX).....	86
Figura 74 – Fotomicrografia mostrando concreções calcíticas de formas ovaladas, em calcários da microfácies m4 (NX).....	90
Figura 75 – Fotomicrografia mostrando estrutura <i>loop-bedding</i> , em calcários da microfácies m4 (NX).....	91
Figura 76 – Fotomicrografia mostrando pirita framboidal oxidada em calcários da microfácies m5 (NX).....	92
Figura 77 – Localização das Amostras com Ostracodes	101
Figura 78 - Descrição da <i>Cypridea araripensis</i> (Silva, 1978b), detalhe das principais características morfológicas da carapaça. (1) Bico ântero-ventral “ <i>rostrum</i> ”, (2) <i>cyathus</i> . (3) e (4) pequenos nódulos marginais (5) maior altura, (6) maior comprimento, (7) maior largura, (8) região livre de espinhos e (9) nódulos maiores na superfície das extremidades anterior e posterior. (a) Vista dorsal. (b) Vista lateral direita. (c) Vista lateral direita desenhada (Tomé, 2011).....	105
Figura 79 - Comparação entre as duas espécies do gênero <i>Cypridea</i> . (a) Vista lateral esquerda e (b) vista dorsal, (c) e (d) Vista dorsal e vista lateral, respectivamente, da <i>Cypridea araripensis</i> da Bacia do Jatobá (Tomé, 2011).....	106
Figura 80 - Comparação entre as espécies de <i>Rhinocypris jurrasica</i> encontrada na Europa e na Bacia do Jatobá – Brasil (Tomé, 2011).....	107
Figura 81 - Amplitude das espécies de ostracodes estudadas na Bacia do Jatobá, vinculada à tentativa de subzonear localmente o Andar Alagoas (Tomé, 2011).....	108

Figura 82 – Distribuição isotópica do Carbono e do Oxigênio, no poço 2-JSN-01-PE. Os valores em rosa são da porção inferior e os azuis da porção superior do poço.....	112
Figura 83 – Variação isotópica nas unidades carbonáticas do poço 2-JSN-01-PE.....	112
Figura 84 - Calcário laminado da microfácies m5, mostrando os pontos onde foram coletadas amostras das lâminas para as análises isotópicas de oxigênio e carbono.....	113
Figura 85 – Distribuição dos isótopos de oxigênio e carbono no calcário laminado analisado.....	114
Figura 86 – Testemunho do arenito da litofácies AMFca (64,21-64,32m), da associação de fácies deltaica (AFD), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch <i>et al.</i> , 2011).....	115
Figura 87 – Testemunho do arenito da litofácies Sca (90,40-90,50m), da associação de fácies deltaica (AFD), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch <i>et al.</i> , 2011).....	115
Figura 88 – Fotomicrografia (NX) do arenito AMFca da Figura 86, mostrando lamelas de biotita marcando as laminações plano-paralelas. (Vortisch <i>et al.</i> , 2011).....	116
Figura 89 – Testemunho do ritmito da microfácies m1a da UC1 (84,77-84,84m), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch <i>et al.</i> , 2011).....	117
Figura 90 – Difratoograma do ritmito da microfácies m1a, da UC1 (85,56-85,64m), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch <i>et al.</i> , 2011).....	117
Figura 91 - Testemunho mostrando delgados níveis de dolomito intercalados com níveis de folhelhos ricos em matéria orgânica, no topo do calcário peletoidal da microfácies m3 da UC1 (85,30-85,37m), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch <i>et al.</i> , 2011).....	118
Figura 92 - Testemunho do calcário laminado da microfácies m4 da UC5 (21,38-21,46m), parcialmente oxidado, com traços de dolomita e silicatos, do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch <i>et al.</i> , 2011).....	118
Figura 93 – Bloco Diagrama Esquemático do Paleolago Jatobá.....	120

LISTA DE PRANCHAS

Prancha I – Fotomicrografias dos ritmitos argilo-carbonáticos da microfácies m1b	83
Prancha II – Fotomicrografias dos calcários peletoidais da microfácies m3.....	88
Prancha III – Fotomicrografias dos calcários peletoidais da microfácies m3. A amostra do topo (A,B e C) apresenta uma microfalha deslocando a fratura preenchida por calcita espática. A da base (D, E e F), mostra pelóides circundados por esteiras algálicas, parcialmente substituídas por óxido de ferro (partes menos luminescentes na CL). A e D – Luz paralela (LP), B e E – Nicóis cruzados (NX) e C e F – Catodoluminescência (CL).....	89
Prancha IV - Fotomicrografias dos calcários laminados da microfácies m4 ...	94
Prancha V - Fotomicrografias dos calcários laminados da microfácies m6, mostrando estruturas de escorregamentos e microfalhas. A e D – Luz paralela (LP), B e E – Nicóis cruzados (NX) e C e F – Catodoluminescência (CL).....	96
Prancha VI – Aspectos petrográficos do calcário bioclástico da microfácies m11, observados com nicóis cruzados (Santos <i>et al.</i> , 2011).....	99

LISTA DE QUADROS

Quadro I –Litofácies da sequência lacustre aptiana da Bacia do Jatobá.....	38
Quadro II – Microfácies carbonáticas da sequência lacustre aptiana da Bacia do Jatobá.....	56
Quadro III –Relação das lâminas petrográficas das microfácies carbonáticas.....	81
Quadro IV –Amostras com ostracodes do poço 2 – JSN – 01 – PE (Bacia do Jatobá).....	102
Quadro V – Espécies de ostracodes identificados no poço 2 – JSN – 01 – PE (Bacia do Jatobá).....	104
Quadro VI – Quadro explicativo do registro ostracodal na Bacia do Jatobá (Tomé, 2011).....	105
Quadro VII – Dados isotópicos do intervalo carbonático do sistema lacustre aptiano da Bacia do Jatobá	110
Quadro VIII – Variações dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$, em carbonatos do poço 2 – JSN – 01 – PE.....	111
Quadro IX – Resultados das análises dos isótopos de oxigênio e carbono da amostra de calcário laminado da microfácies m5 da Formação Crato.....	113

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Trabalhos Anteriores

A literatura geológica que trata da Bacia do Jatobá é muito limitada, principalmente no que se refere aos sedimentos da sequência pós-rifte da bacia, que compreende a Formação Marizal, as formações Crato e Romualdo do Grupo Santana e a Formação Exu.

Dentre os trabalhos clássicos, destacam-se O Paleozóico da Bacia do Jatobá (Barreto, 1968), que trata dos aspectos estratigráficos, o Projeto Jatobá I e II (CPRM/CNEN, 1972 e 1973), com perfuração de poços visando à pesquisa de Urânio, Hidrogeologia das Bacias Sedimentares de Tucano e Jatobá (Ferreira, 1965), o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, Folha 20 (Leal, 1971) e a Hidrogeologia da Bacia do Jatobá (Melo, 1980) voltados para o estudo hidrogeológico da Bacia, além de Magnavita & Cupertino (1987), Magnavita *et al.* (1994) e Peraro (1995), cujos trabalhos enfatizam os aspectos estruturais, sísmicos e geotectônicos da Bacia do Jatobá.

Dentre os trabalhos regionais mais recentes, destacam-se Geologia da Bacia do Jatobá (Rocha & Leite, 1999), Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá (Leite *et al.*, 2001), Carta Estratigráfica da Sub-bacia Tucano Norte e Bacia do Jatobá, Boletim de Geociências da PETROBRÁS (Costa *et al.*, 2007), e mais recentemente, Geologia de Parte da Folha Airi (Lima, 2011) e Folha Poço da Cruz (Neumann *et al.*, 2011).

Dentre os trabalhos que tratam especificamente da sequência lacustre pós-rifte da Bacia do Jatobá, destacam-se Neumann *et al.* (2009) e Neumann *et al.* (2010), que estudaram as fácies carbonáticas e alguns dados isotópicos da Formação Crato, Tomé (2011), que estudou o conteúdo ostracoidal da Formação Crato, além de Vortisch *et al.* (2011) e Gratzner *et al.* (2011), cuja linha de pesquisa abrange a geoquímica isotópica e a difratometria de raios-X no estudo dos sedimentos carbonáticos e terrígenos dessa sequência lacustre pós-rifte.

1.2 – Justificativas e Objetivo

A Bacia Sedimentar do Jatobá, ainda hoje, não apresenta um conhecimento geológico condizente com sua importância no cenário das bacias interiores do Nordeste, apesar de que, nesta última década, tenha despertado interesse de órgãos de pesquisa e universidades.

Na sua porção norte, mas precisamente nas serras Negra e do Periquito, aflora um pacote de calcários laminados intercalados com sedimentos terrígenos, correlacionado por Rocha e Leite (1999) aos calcários laminados pertencentes ao então Membro Crato da Formação Santana da Bacia do Araripe. Neumann e Cabrera (1999), ao estudar a sequência lacustre Aptiana da Bacia do Araripe, elevaram a Formação Santana à categoria de Grupo Santana e seus membros a categoria de formação, cuja nomenclatura adotamos nesse estudo.

A Formação Crato da Bacia do Jatobá é correlacionada à Formação Riachuelo, da Bacia Sergipe/Alagoas, aos calcários da Serra do Tonã, na Bacia Tucano Norte (Braun, 1966), à Formação Codó, da Bacia do Parnaíba (Bruni *et al.* 1976), como também ao calcário Trairí, da Formação Paracuru da Bacia do Ceará (Neumann *et al.*, 2009). Este calcário tanto é gerador como reservatório de petróleo, dos campos de Xaréu e Atum, em *offshore* (25 km da linha de costa), numa profundidade de cerca de 1600 metros.

Por todas essas semelhanças mencionadas, verifica-se a importância da evolução no conhecimento geológico dessa importante unidade estratigráfica pós-rifte da Bacia do Jatobá.

Portanto, o principal objetivo dessa tese é o estudo da sequência lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá, com foco na caracterização do intervalo carbonático das formações Crato e Romualdo, do Grupo Santana, enfatizando seus aspectos litofaciológicos, petrográficos, paleontológicos, geoquímicos e paleoambientais, cujos resultados contribuirão com o estudo de outros sistemas lacustres correlatos.

CAPÍTULO 1 – BACIA DO JATOBÁ

1.1 - Introdução

A Bacia do Jatobá está situada, em quase sua totalidade, na porção Centro-Sul do Estado de Pernambuco, ocupando uma área de aproximadamente 5600 km² de direção NE-SW, instalada integralmente no Terreno Pernambuco – Alagoas da Província da Borborema.

Corresponde a extremidade setentrional do ramo abortado do Sistema Rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá, cuja origem está relacionada à extensão crustal que fragmentou o Supercontinente Gondwana, dando origem ao Oceano Atlântico, no Eoaptiano (Costa *et al.*, 2007)

Esta bacia marca a inflexão da direção geral do rifte de N-S para N70⁰E (Fig. 1), cuja estruturação está nitidamente controlada pelo Lineamento Pernambuco e zonas de cisalhamento associadas, de idades neoproterozóicas reativadas no Mesozóico.

Seus limites são estabelecidos pela Falha de Ibimirim ao Norte, que segundo Magnavita & Cupertino (1987) controla seu depocentro; pela Falha de São Francisco que a separa da Sub-bacia do Tucano-Norte a oeste e as bordas flexurais nas demais direções, associadas a pequenas falhas (Fig. 2).

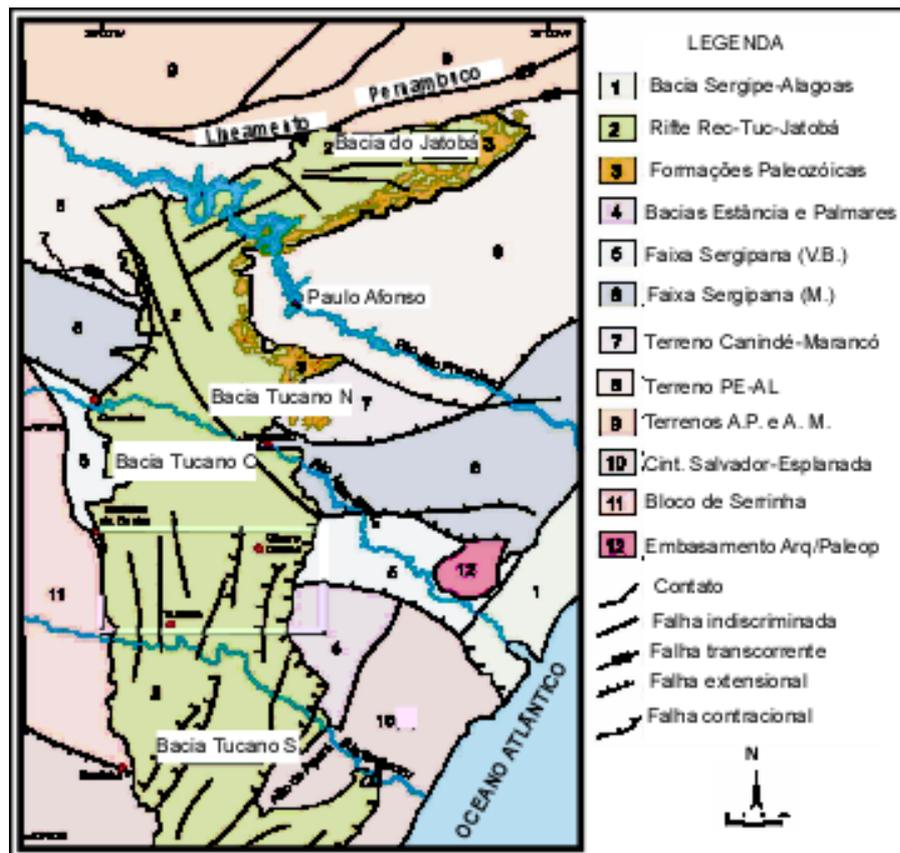


Figura 1– Sistema Recôncavo-Tucano-Jatobá. Modificada de Aragão *et al.* (1999).

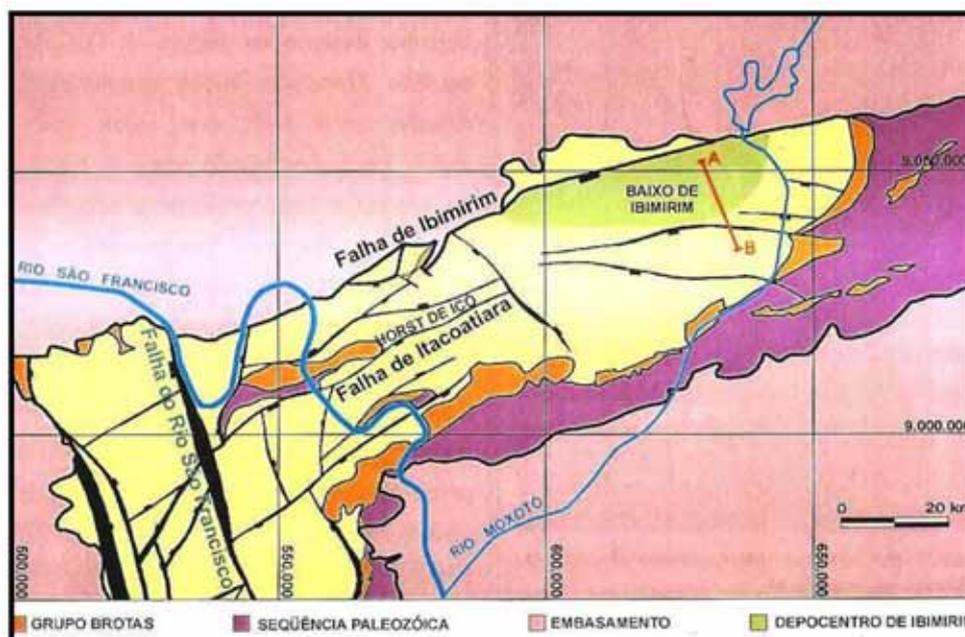


Figura 2 - Limites e arcabouço da Bacia do Jatobá. Destaque para as feições estruturais (Costa *et al.*, 2003).

Além das falhas que limitam a bacia, o Baixo de Ibimirim representa um elemento estrutural importante, pois constitui o seu depocentro, com profundidade superior a 3000 metros (Costa *et al.*, 2003), atestada pela perfuração do poço 2-IMst-01-PE, pela PETROBRÁS na década de 60, que atingiu 2861 metros e não alcançou o embasamento.

A Bacia do Jatobá estruturalmente é caracterizada por um meio *graben* com o substrato constituído, predominantemente, por blocos rotacionados e progressivamente mais baixos em direção a NW, interpretados através de estudos sísmicos e gravimétricos (Peraro,1995), identificando uma tectônica transcorrente (transtrativa), como responsável pela geração e evolução da Bacia do Jatobá.

Segundo Costa *et al.* (2007), falhas normais planares de direção N70⁰E, sintéticas em relação à falha de borda da Bacia do Jatobá (Falha de Ibimirim), acomodam o mergulho das camadas em direção ao depocentro, a partir da margem flexural.

Em termos tectono-estratigráficos, Rocha e Leite (1999), baseando-se nos estudos de sequências de Ponte e Ponte Filho (1996) na Bacia do Araripe, reconheceram, na Bacia do Jatobá, cinco tectonosequências:

- A Tectonosequência Beta, constitui o primeiro ciclo deposicional nas bacias intracratônicas sob condições ortoplateformais, quando a plataforma brasileira se encontrava consolidada e estabilizada. Ela documenta um ciclo transgressivo-regressivo completo, e é representada na bacia pelas formações Tacaratu e Inajá;

- A Tectonosequência Pré-Rifte é o registro sedimentar da fase inicial, ou precursora do episódio de rifteamento que deu origem à Margem Continental Brasileira (Ponte & Ponte Filho, 1996), representando um ciclo sedimentar continental, caracterizado por sistemas lacustres e fluvio-eólicos. Em Jatobá, está representada pelos sedimentos do Grupo Brotas, que compreende as formações Aliança e Sergi;

- A Tectonosequência Sin-Rifte corresponde ao registro estratigráfico do estágio tectônico de ruptura crustal que deu origem ao processo de formação do Atlântico Sul. Esta seqüência também representa um ciclo continental caracterizado por sistemas lacustres, fluviais e eólicos, que caracterizam os litótipos da Formação Candeias, do Grupo Ilhas e do Grupo Massacará, este último representado pela Formação São Sebastião;

- A Tectonosequência Pós-Rifte registra um estágio de subsidência crustal regional (Medeiros & Ponte, 1981) e representa um ciclo sedimentar predominantemente continental, contemporâneo das supersequências Transicional e Marinha, das bacias pericratônicas brasileiras (Ponte & Ponte Filho, 1996). Está caracterizada por sistemas de leques aluviais, fluvio-eólicos e lacustrino, e compreende as formações Marizal, Santana e Exu; e

- A Tectonosequência Zeta, que compreende as coberturas terrígenas continentais, depositadas sobre a superfície penneplanizada do ciclo erosional Sul-Americano, representadas pelos depósitos eluviais/coluviais e aluvionares.

1.2 - Estratigrafia

Anteriormente, a Bacia do Jatobá estava constituída por doze unidades estratigráficas, incluindo as rochas paleozóicas das formações Tacaratu e Inajá, as mesozóicas das formações Aliança, Sergi, Candeias, Grupo Ilhas, formações São Sebastião, Marizal, Santana e Exu, além das rochas cenozóicas representadas pelas coberturas detríticas residuais elúvio/coluviais e aluviões (Fig. 3). Como a Bacia do Jatobá é correlacionada à Bacia do Araripe, nesta tese, adotamos a nomenclatura de Neumann & Cabrera (1999), que estudando a Formação Santana a elevou a categoria de Grupo Santana e seus membros, Crato e Romualdo, à categoria de formações. Portanto, a coluna estratigráfica da Bacia do Jatobá atualmente utilizada possui treze unidades estratigráficas formais (Fig.4).

GEOCRONOLOGIA			TECTÔNICA	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	AMBIENTE DEPOSICIONAL	COMPOSIÇÃO LITOLÓGICA		
PERÍODO	IDADE							
Cenozóico	Neógeno	Pleistoceno		Sedimentos Aluvionares	Fluvial	Areias, siltes, argilas e lentes conglomeráticas		
	Paleógeno	Oligoceno		Depósitos colúvio-eluviais	Cobertura detrítica residual	Cascalhos e areias		
Mesozóico	Cretáceo	Albiano/Cenomaniano	Pós-Rifte	Formação Exu	Fluvial entrelaçado e meandrante	Arenitos grossos a conglomeráticos com leitos finos.		
		Aptiano		Grupo Santana	Formação Romualdo	Lacustrino raso	Siltitos e folhelhos na base e calcários e calcário coquinóide no topo	
					Formação Crato	Lacustrino raso a profundo	Calcários laminados intercalados a arenitos, margas e folhelhos	
		Formação Marizal		Fluvial associado a deltas	Arenitos, siltitos e argilitos, com estruturas de sobrecarga			
		Barremiano	Rifte	Formação São Sebastião	Fluvial de alta energia com retrabalhamento eólico	Arenitos médios a finos com níveis grossos na base		
		Hauteriviano						
	Valanginiano	Grupo Ilhas					Deltaico associado a lacustre	Alternância de arenitos médios a grossos com argilitos e siltitos creme
	Berriano	Formação Candeias					Flúvio-lacustre raso	Arenitos, folhelhos e siltitos argilosos intercalados com carbonatos
	Jurássico	Tithoniano	Pré-Rifte	Formação Sergi	Fluvial entrelaçado com retrabalhamento eólico	Arenitos grossos a finos esbranquiçados a avermelhados com crostas lateríticas		
				Formação Aliança	Lacustrino raso, com influência fluvial	Folhelhos e siltitos amarronzados e esverdeados com intercalações de arenitos finos, calcarenitos e níveis de gipsita		
Paleozóico	Devoniano	Sinéclise	Formação Inajá	Marinho de plataforma rasa associada a fluvial	Arenitos finos laminados, ferruginosos com intercalações de arenitos grossos e siltitos			
	Siluriano		Formação Tacaratu	Fluvial entrelaçado associado a leques aluviais	Arenitos grossos a conglomeráticos de cores cinza, rósea e vermelha com crostas lateríticas			

Figura 4 - Coluna Estratigráfica da Bacia do Jatobá (modificado de Neumann *et al.*, 2009).

1.2.1 – Formação Tacaratu

A Formação Tacaratu (Fig. 5) litologicamente está caracterizada por uma sequência predominantemente arenosa, onde se destacam arenitos cinza esbranquiçados a róseos avermelhados, de granulação média a conglomerática, apresentando níveis de conglomerados, e mais raramente, intercalações pelíticas subordinadas, muitas vezes caulíníticas.

Possui características típicas de ambiente fluvial entrelaçado (*braided*), associado, inicialmente, a leques aluviais, evoluindo para fácies mediana a distal, com características de planície de inundação, e posterior retrabalhamento eólico (Rocha & Leite, 1999).

. A Formação Tacaratu, de idade siluro-devoniana, é correlacionada ao Grupo Serra Grande da Bacia do Parnaíba, e à Formação Mauriti da Bacia do Araripe.

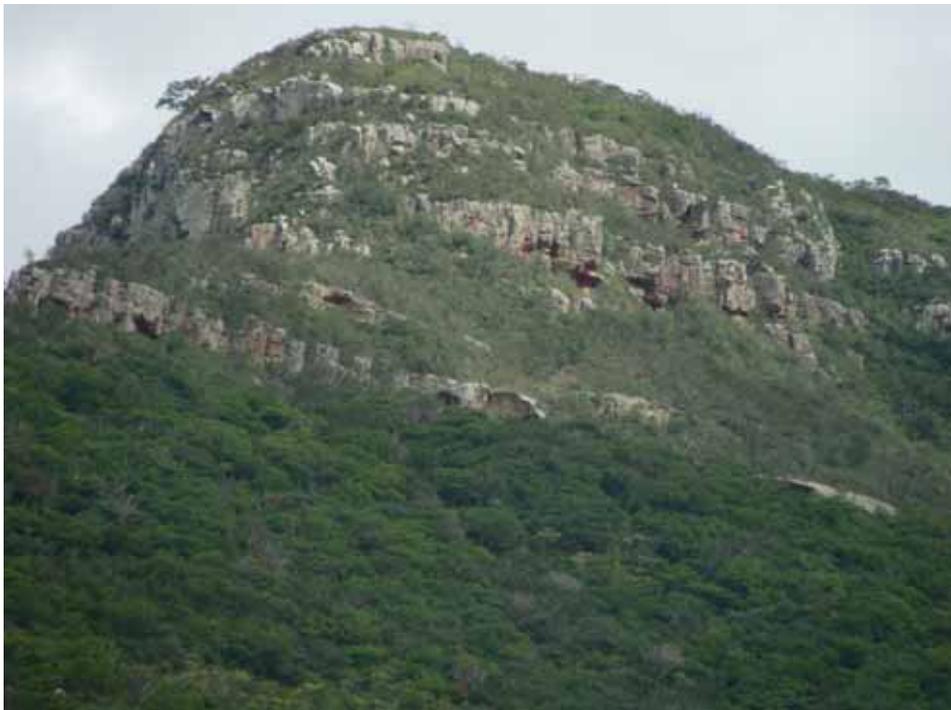


Figura 5 – Arenitos fluviais da Formação Tacaratu, nas proximidades da cidade de Manari – PE (PE-300).

1.2.2 – Formação Inajá

A Formação Inajá (Fig. 6) está caracterizada por arenitos finos a grossos, róseos, esbranquiçados e avermelhados, por vezes ferruginosos, intercalados com siltitos micáceos, fossilíferos, lajotados, apresentando estratificações cruzadas acanaladas, estruturas do tipo *wavy* e *linsen* e marcas de onda.

Suas características litológicas, associadas ao seu conteúdo fossilífero (Barreto, 1968) e as suas estruturas sedimentares, permitem associar a Formação Inajá a um ambiente deposicional marinho de plataforma rasa dominante, apresentando, de forma subordinada, um evento regressivo caracterizado pela tentativa de implantação de um sistema fluvial entrelaçado (Rocha & Leite, 1999).



Figura 6 – Arenitos finos da Formação Inajá, nas proximidades da cidade de Inajá (BR-316).

Esta formação, de idade devoniana (Barreto,1968), é correlacionada à Formação Pimenteiras, da Bacia do Parnaíba e a sua porção superior é correlacionada à Formação Cabeças, desta mesma bacia.

1.2.3 – Grupo Brotas

1.2.3.1 – Formação Aliança

Unidade basal do Grupo Brotas (Viana *et al.*, 1971), a Formação Aliança litologicamente está caracterizada por folhelhos e siltitos amarronzados e esverdeados (Fig.7), com intercalações de arenitos finos, calcíferos, intercalados por calcissiltitos esbranquiçados a marrom claro, pouco espessos, lenticularizados, fossilíferos, e mais raramente, níveis de evaporitos.

Com características marcantes de ambiente lacustre raso de grande extensão, a Formação Aliança, de idade neojurássica, representa a primeira fase lacustre da Bacia do Jatobá. Está correlacionada à Formação Brejo Santo, da Bacia do Araripe e à Formação Bananeiras, da Bacia SE/AL (Menezes Filho *et al.*, 1988).



Figura 7 – Folhelhos amarronzados da Formação Aliança (Sítio Varas – Ibimirim/PE).

1.2.3.2 – Formação Sergi

A Formação Sergi, unidade estratigráfica superior do Grupo Brotas (Viana *et al.*, 1971) caracteriza-se litologicamente por arenitos, de granulação variando de grossa a fina, por vezes conglomeráticos, com algumas intercalações de siltitos de coloração creme com tons avermelhados, apresentando estratificações cruzadas acanaladas (Fig. 8). Uma característica importante desta formação é o seu conteúdo de madeira silicificada e concreções de silexito.

Esta formação, apesar de sua cartografia geológica mais recente apresentar sua área aflorante concentrada na porção ocidental da Bacia do Jatobá (ver Fig. 3), possui outras áreas de afloramento, geralmente constituindo faixas estreitas, tanto na porção centro-sul e oriental da bacia, que não foram cartografadas, por serem de difícil representação nas escalas mais comuns de mapeamentos geológicos regionais.



Figura 8 – Estratificação cruzada acanalada em arenitos grossos a conglomeráticos da Formação Sergi (proximidades de Petrolândia-PE).

A Formação Sergi possui sua origem associada a um sistema fluvial entrelaçado (*braided*), em um ambiente caracterizado por profundas modificações climáticas, onde se desenvolveram extensas florestas, soterradas por arenitos fluviais com posterior retrabalhamento eólico, sob condições de clima árido a desértico.

De idade neojurássica, a Formação Sergi é correlacionada à Formação Missão Velha da Bacia do Araripe (Ponte & Appi, 1990) e à Formação Serraria, da Bacia Sergipe/Alagoas (Menezes Filho *et al.*, 1988).

1.2.4 – Formação Candeias

Base da sequência rifte da Bacia do Jatobá, a Formação Candeias (Figura 9), do Grupo Santo Amaro (Viana *et al.*, 1971), representa a segunda fase lacustre dessa bacia, que é constituída litologicamente por folhelhos e siltitos argilosos de coloração marrom e esverdeados, contendo intercalações de arenitos finos calcíferos e margas, níveis de calcilitosossilíferos e arenitos médios a finos com intercalações pelíticas.



Figura 9 – Arenitos finos intercalados com siltitos e folhelhos, da Formação Candeias (Faz, Bandarra – margem leste da PE-336).

Na Bacia do Jatobá, a Formação Candeias possui uma contribuição psamítica bem maior do que nas bacias do Recôncavo e Tucano. No entanto, os folhelhos comuns na sua porção basal, por apresentarem características muito semelhantes aos folhelhos da Formação Aliança, a ela sotoposta, constituem um fator de dificuldade na definição das relações de contato dessas formações. Quando afloram os sedimentos típicos da Formação Sergi entre esses pelitos, esta relação é facilmente definida, mas nem sempre isto acontece.

De idade eocretácica, com origem associada a um ambiente flúvio-lacustre raso, com freqüentes exposições subaéreas (Rocha & Leite, 1999), a Formação Candeias é correlacionada à Formação Barra de Itiúba, da Bacia SE/AL (Menezes Filho *et al.*, 1988).

1.2.5 – Grupo Ilhas

Na Bacia do Jatobá, não foi possível identificar as formações Marfim e Pojuca, que constituem o Grupo Ilhas, individualizadas por Viana *et al.* (1971), na Bacia do Recôncavo.

Litologicamente é formado por uma alternância de camadas de arenitos médios a finos, com camadas de argilitos e siltitos (Fig. 10).

Os arenitos constituem lentes amalgamadas apresentando estratificações cruzadas planares tangenciais, cruzadas acanaladas de pequeno porte e estruturas convolutas.

Os argilitos e siltitos apresentam delgadas intercalações de arenito fino, onde são comuns marcas onduladas e estratificações plano-paralelas.

Menezes Filho *et al.* (1988) associam os sedimentos do Grupo Ilhas a um ambiente de sedimentação de planície e frente deltaica, com aporte de material oriundo de um sistema fluvial, que constituem as frentes deltaicas do “lago” Candeias, no estágio rifte da evolução do sistema Recôncavo-Tucano-Jatobá.



Figura 10 – Vista panorâmica da alternância de arenitos finos e argilitos do Grupo Ilhas, próximo ao Riacho dos Nazaros, (PE-336).

De idade eocretácica (Viana *et al.*, 1971), parte do Grupo Ilhas é correlacionado à sequência intermediária da Formação Barra de Itiúba, da Bacia SE/AL, como também à Formação Penedo, dessa mesma bacia.

1.2.6 – Formação São Sebastião

A exemplo do Grupo Ilhas, o Grupo Massacará (Viana *et al.*, 1971) na Bacia do Jatobá é indiviso, sendo representado apenas pela Formação São Sebastião, que constitui a última unidade estratigráfica da Tectonosequência Sin-rifte da bacia (Rocha & Leite, 1999).

Litologicamente está caracterizada, na base, por arenitos avermelhados, variando de grossos a finos, de selecionamento regular, por vezes oxidados. A

sequência de topo está caracterizada por arenitos creme a avermelhados, de granulação variando de finos a muito finos, bem selecionados, bimodais.

Estratificações cruzadas acanaladas de grande porte (Fig. 11) são bastante comuns, nesses arenitos mais finos, com paleocorrentes indicando diversos sentidos do fluxo sedimentar, típicos de ambiente eólico.

As características litológicas e estruturais da Formação São Sebastião, na Bacia do Jatobá, permitem associá-la a um ambiente fluvial de alta energia com posterior retrabalhamento eólico (Rocha & Leite, 1999).

Em termos de correlação, a Formação São Sebastião apresenta características semelhantes a partes das formações Penedo, Coqueiro Seco e Morro do Chaves, da Bacia SE- AL (Ponte & Appi, 1990).

1.2.7 – Formação Marizal

A Formação Marizal representa a unidade estratigráfica basal da Tectonosequência Pós-rifte da Bacia do Jatobá, que é complementada pelas formações Crato e Romualdo, do Grupo Santana e pela Formação Exu.

Litologicamente é constituída essencialmente por arenitos esbranquiçados de granulação variando de média a grossa, por vezes fina, associados de forma subordinada, a siltitos e argilitos.

São frequentes estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a médio porte (Fig. 12) e estruturas de sobrecarga e fluidificação.

Suas características litológicas e suas estruturas primárias sugerem um ambiente deposicional flúvio-deltáico (Neumann *et al.*, 2011).



Figura 11 – Estratificações cruzadas acanaladas de grande porte da Formação São Sebastião, no Morro do Cruzeiro – Faz. Serrota (E de Ibimirim-PE).



Figura 12 – Estratificações cruzadas acanaladas em arenitos flúvio-deltáicos da Formação Marizal, nas proximidades do sopé da Serra Negra.

A Formação Marizal, baseada em seu conteúdo palinológico, é datada como mesocretácica (Bruni *et. al.*, 1976), e é correlacionada ao Membro Carmópolis da Formação Muribeca da Bacia SE/AL, e também às formações Itapecuru (Bacia do Parnaíba) e Urucuia (Bacia do São Francisco), do Oeste da Bahia (Ghignone, 1979).

1.2. 8 – Grupo Santana

Na Bacia do Jatobá, aflora um pacote essencialmente carbonático com intercalações siliciclásticas, concentrado nas serras Negra e do Periquito, que representa a terceira e última fase lacustre da Bacia do Jatobá. Rocha & Leite (1999) individualizaram essa unidade estratigráfica como pertencente à Formação Santana, sua correlata da Bacia do Araripe.

Estes sedimentos constituem a denominada Sequência Lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá, objeto principal dessa tese.

A Sequência Aptiana da Bacia do Jatobá está constituída pelas formações Crato e Romualdo do Grupo Santana (ver Fig. 4), que junto com as formações Marizal e Exu formam a Tectonosequência Pós-rifte da Bacia do Jatobá descrita por Rocha & Leite (1999).

Na Bacia do Tucano Norte ocorre uma sequência lacustre composta por calcários laminados, margas e folhelhos escuros, parcialmente betuminosos, correlacionados por Braun (1966) aos sedimentos da então Formação Santana, da Bacia do Araripe, que também correlaciona esses calcários de padrão estratiforme às “argilas calcíferas da Serra Negra”, da Bacia do Jatobá.

Rolim (1984) sugeriu a elevação da Formação Marizal à categoria de grupo, sendo formado na base pela Formação Marizal, caracterizada por arenitos fluvio-deltáicos e no topo pela Formação Serra do Tonã, constituída por pelitos, margas e calcários laminados, e também correlaciona esta última com a Formação Santana.

Magnavita *et al.* (1994), estudando o sistema Recôncavo-Tucano-Jatobá, destacaram a presença de sedimentos albianos, que eles chamaram de formações equivalentes às formações Santana e Exu, da Bacia do Araripe.

Bueno (1996) identificou que arenitos típicos da Formação Marizal, no Riacho do Tonã, encontram-se encobertos por camadas de folhelhos intercalados com calcários, similares aos encontrados no Membro Crato da Formação Santana. Este autor inclusive cita a presença de bioconstruções estromatolíticas colunares junto com oólitos, similares às que ocorrem no Membro Ipubi da mesma formação, atestando, portanto, que o empilhamento sedimentar da Serra do Tonã é similar àquele encontrado na Formação Santana da Chapada do Araripe.

Apesar de todas essas informações, esses sedimentos, ainda hoje são incluídos, pela PETROBRÁS (Costa *et al.*, 2007), como pertencentes à

Formação Marizal, base da Tectonosequência Pós-rifte da Bacia do Jatobá (Fig. 13).

Tomé (2011), estudando o conteúdo ostracoidal da Formação Crato, associa essa sequência Aptiana à fase transicional e não a fase Pós-rifte da Bacia do Jatobá, atestada por vários autores e pela PETROBRÁS (Costa *et al.*, 2007).

Na Bacia do Jatobá não foram encontrados afloramentos de litótipos evaporíticos correlatos aos sedimentos da Formação Ipubi, do Grupo Santana da Bacia do Araripe. Provavelmente eles podem não ter sido depositados, devido à baixa salinidade da sequência lacustre aptiana dessa bacia.

Esta sequência lacustre apresenta uma espessura média de 170 metros, dos quais cerca de 140 metros são constituídos pela Formação Crato, principal unidade estratigráfica do Grupo Santana. Ocupa uma área de aproximadamente 75 km² e está situada, exclusivamente, nas serras Negra e do Periquito (Fig. 14), que representam um platô residual de grande expressão topográfica de destaque no relevo geral da Bacia do Jatobá (Fig. 15).

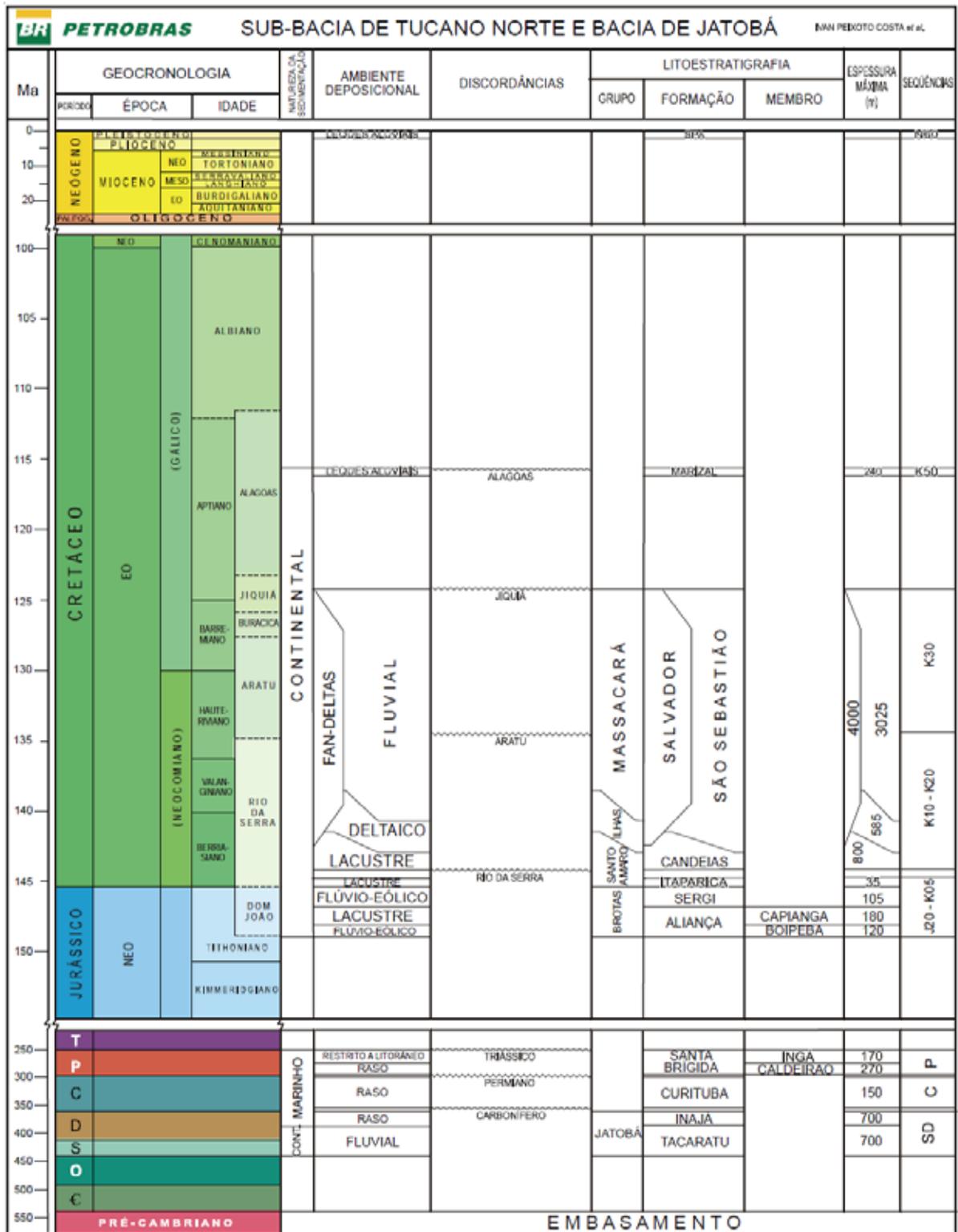


Figura 13 – Coluna estratigráfica da Sub-bacia de Tucano Norte e Jatobá (Costa et al., 2007).



Figura 14 – Visão panorâmica da Serra do Periquito.

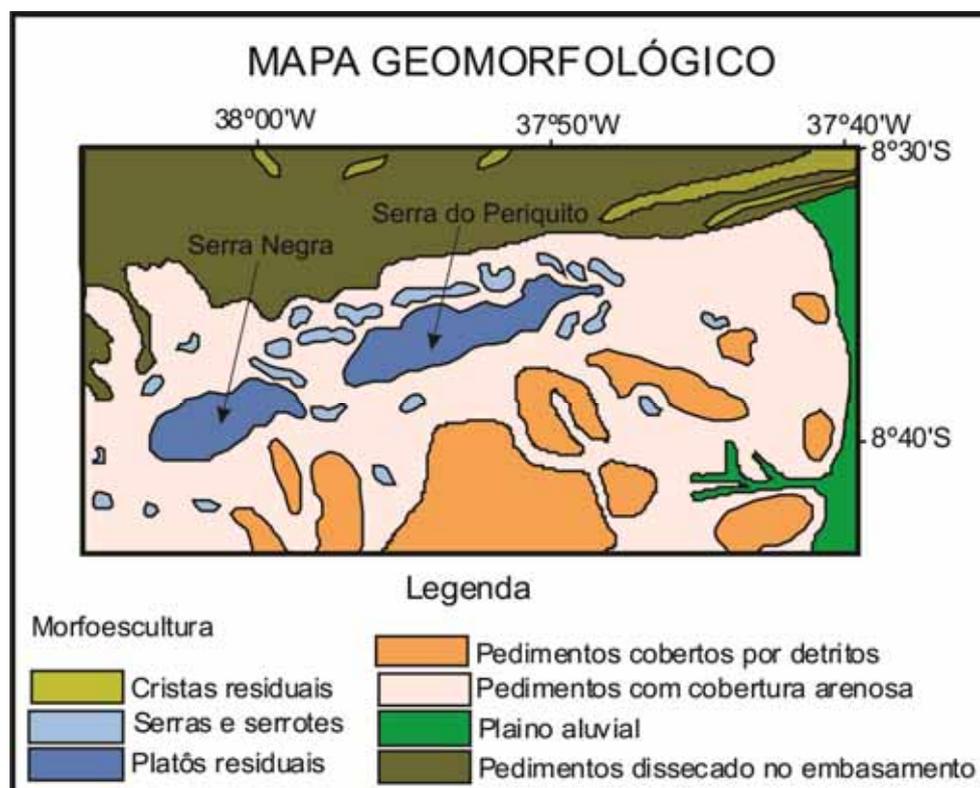


Figura 15 – Mapa Geomorfológico simplificado de parte da Bacia do Jatobá.

1.2.8.1 – Formação Crato

A Formação Crato litologicamente está caracterizada por calcilutitos laminados fossilíferos (Fig. 16), de coloração creme a cinza claro, intercalados por siltitos, folhelhos e arenitos finos, finamente estratificados. Apresentam estratificações plano-paralelas, onduladas, estruturas de escorregamento (*slump*), fluidificação e bioturbações.

Tem sua origem associada a um ambiente essencialmente lacustre com contribuições flúvio-deltaicas.

A Formação Crato de idade Aptiana, é correlacionada à Formação Riachuelo, da Bacia SE/AL (Braun, 1966) e à Formação Codó, da Bacia do Parnaíba (Bruni *et al.*, 1976).



Figura 16 – Calcários laminados da Formação Crato na Serra Negra (JSN-04).

1.2.8.2 – Formação Romualdo

A Formação Romualdo é caracterizada por calcários coquinóides (Fig. 17) intercalados com folhelhos e siltitos (Santos *et al.*, 2011).

Nesses calcários bioclásticos predominam fragmentos de bivalves, gastrópodes, ostracodes, fragmentos de estruturas algálicas e calcisferas.

Apesar de possuir características e conteúdo fóssil predominantemente lacustres (Neumann, 1999), a Formação Romualdo (Albiano), na sua unidade homônima da Bacia do Araripe, apresenta uma influência marinha no seu ambiente de deposição, segundo Beurlen (1966) e Coimbra *et al.* (2002).



Figura 17 – Detalhe de amostra de mão do calcário bioclástico da Formação Romualdo.

Na Bacia do Jatobá, a origem lacustre da Formação Romualdo foi mantida, pois não foram observadas características que sugiram influência marinha.

1.2.9 – Formação Exu

A Formação Exu constitui a última unidade estratigráfica Mesozóica da Tectonosequência Pós-rifte da Bacia do Jatobá.

De natureza essencialmente psamítica, bastante silicificada, esta formação é responsável pela morfologia aplainada das serras Negra e do Periquito, como também pela grande quantidade de depósitos de tálus, que capeiam as formações sotopostas.

Litologicamente está constituída predominantemente por arenitos grossos a conglomeráticos de coloração creme a lilás, com níveis de conglomerados, com intercalações de pelitos de planície de inundação, apresentando estratificações cruzadas planar e acanaladas (Fig. 18), numa associação de fácies característica de sistemas fluviais entrelaçados (*braided*). Do Cretáceo Superior, a Formação Exu é correlacionada à Formação Urucuaia, em Goiás (Braun, 1966).

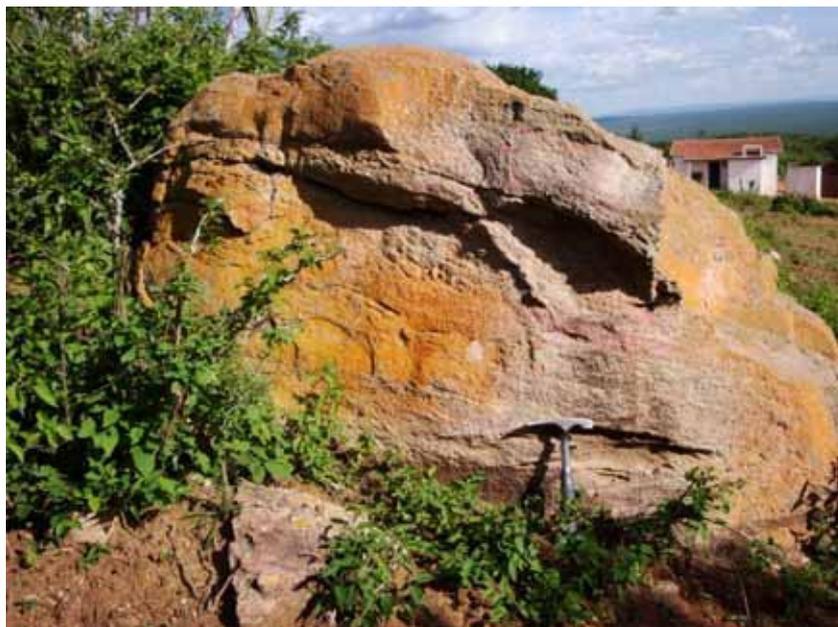


Figura 18 – Arenitos da Formação Exu na Serra do Periquito (JSP-08).

1.2.10 – Coberturas Cenozóicas

Na Bacia do Jatobá as coberturas cenozóicas ocupam faixas bastante significativas, representadas por extensas áreas irregulares que se distribuem por toda bacia, dificultando, muitas vezes, as relações de contato entre algumas unidades, como também a identificação de traços estruturais importantes, fundamentais no entendimento do arcabouço da bacia.

Nesse contexto, predominam as coberturas detríticas residuais representadas por sedimentos elúvio/colúviais, de caráter essencialmente arenoso, com rara contribuição pelítica, que formam extensos areiais, provenientes do retrabalhamento dos sedimentos psamíticos das formações Tacaratu, Sergi, Candeias, São Sebastião e Marizal, principalmente.

Depósitos de tálus são comuns nas cercanias das serras Negra e do Periquito, constituídos por blocos de tamanhos diversos, produto da desagregação dos arenitos silicificados da Formação Exu, que capeiam a Sequência Lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá (Fig. 19).



Figura 19 – Depósito de tálus nas cercanias da Serra Negra.

Os sedimentos aluvionares na Bacia do Jatobá são pouco desenvolvidos, por se tratar de uma região de clima semi-árido, onde dominam rios intermitentes. Mesmo assim podemos destacar as aluviões areno-argilosas do Rio Moxotó, de extrema importância na atividade agrícola de subsistência da região, representando as coberturas superficiais transportadas.

1.3 - Geologia Estrutural

A Bacia do Jatobá tem sua geração e evolução associada a esforços transtrativos de uma tectônica transcorrente (Peraro, 1995), caracterizada por um meio *graben* constituído, predominantemente, por blocos rotacionados e progressivamente mais baixos em direção a NW.

Segundo Costa *et al.* (2007), falhas normais planares de direção N70°E, sintéticas em relação à falha de borda da Bacia do Jatobá (Falha de Ibimirim), acomodam o mergulho das camadas em direção ao depocentro, a partir da margem flexural.

As principais feições estruturais que se destacam na Bacia de Jatobá (Fig 20) são:

- a Falha de Ibimirim (falha de borda);
- o Grabén de Ibimirim (depocentro principal da bacia);
- o *Horst* do Icó;
- a Falha de Mata Verde; e
- a Falha do Moxotó.

Rocha & Leite (1999) mapearam uma janela tectônica na base da Serra do Manari (*Horst do Manari*), porção Centro-Sul da bacia, onde afloram rochas granitóides, circundadas por arenitos das formações Tacaratu e Inajá (Fig. 20).

Outro elemento estrutural de destaque é a Falha de São Francisco, que separa a Bacia do Jatobá da Sub-bacia de Tucano Norte (Fig. 20).

O arcabouço estrutural da Bacia do Jatobá possui outras inúmeras falhas, que apesar de serem de menor expressão, não minimizam sua complexidade tectônica. Estas falhas possuem direção preferencial ENE-WSW, que é a estruturação geral da bacia, associadas a esforços distensivos SE-NW, responsáveis pela implantação da bacia.

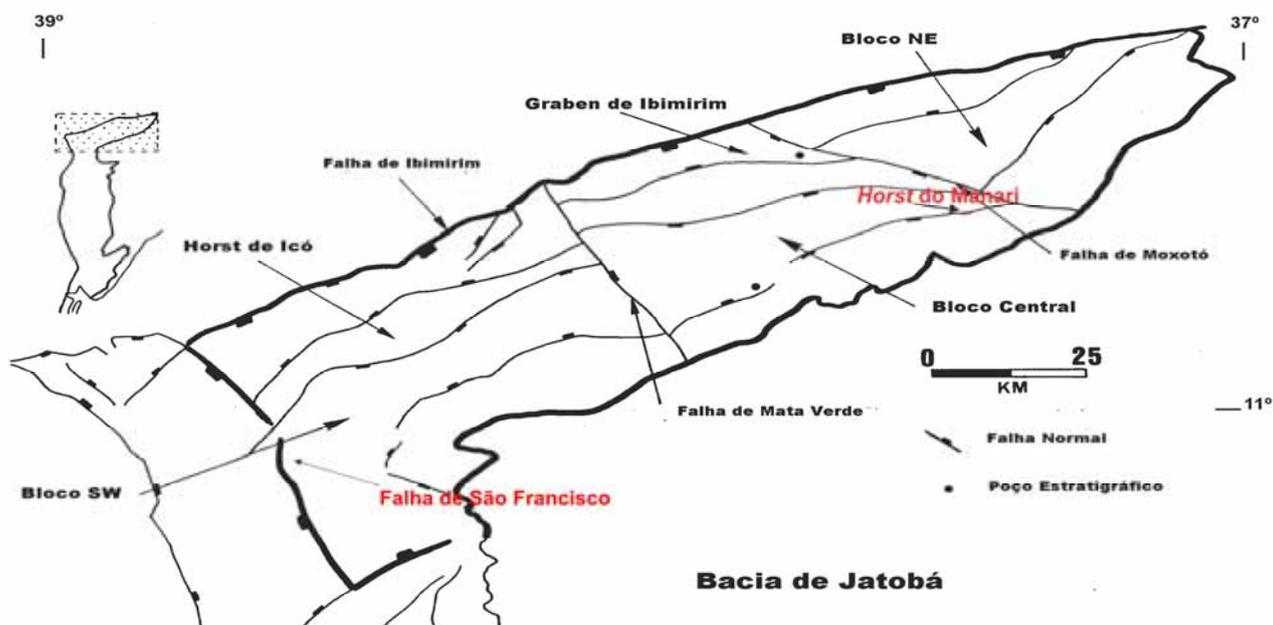


Figura 20 – Arcabouço estrutural da Bacia do Jatobá. Modificado de Magnavita, 1992 (*apud*, Rocha & Leite, 1999).

CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Levantamento Bibliográfico

Para a elaboração desse estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico envolvendo, principalmente, o conhecimento geológico atualizado da Bacia do Jatobá, na qual a área estudada está inserida e da Bacia do Araripe, com ênfase nos carbonatos lacustres da Formação Crato do Grupo Santana, correlatos aos calcários laminados caracterizados nesse trabalho.

Também foram consultados trabalhos que tratam da geologia das bacias de Tucano Norte e do Ceará, onde se destacam a Serra do Tonã e o Calcário Trairi, respectivamente, cujas características se assemelham ao calcário estudado.

2.2 – Bases cartográficas e Sensores Remotos

As bases planimétricas utilizadas foram as folhas Airi (SC-24-X-A-V) e Poço da Cruz (SC-24-X-A-VI) da SUDENE, na escala 1:100.000, utilizadas para plotagem dos pontos de afloramentos e da interpretação fotogeológica e como base para a elaboração do mapa geológico final.

Para a fotointerpretação geológica, foram utilizadas fotografias aéreas da SUDENE (1969), na escala 1:70.000, pelo método tradicional, como também utilizando recursos de *software* de interpretação 3D.

Como ferramenta adicional, utilizou-se imagens de satélite LANDSAT, para a identificação de grandes feições regionais, associadas a levantamentos aerogeofísicos.

2.3 – Trabalhos de Campo

Foram executadas seis etapas de campo, concentradas nas áreas das serras Negra e do Periquito, objetivando a verificação da fotointerpretação, o estudo de afloramentos, a coleta de amostras para análises, como também a

locação e o acompanhamento da perfuração de um (1) poço estratigráfico na Serra Negra.

Foram estudados doze (12) afloramentos, no âmbito das formações Crato, Romualdo e Marizal, da sequência pós-rifte da Bacia do Jatobá, e coletadas dezoito (18) amostras para análises petrográficas e quimioestratigráficas.

2.4 – Poço Estratigráfico 2-JSN-01-PE

Este poço, perfurado utilizando recursos do Projeto Rede 07 – Caracterização Geológica e Geofísica de Campos Maduros – Fase 4, Convênio 01.07.0721.00 – FINEP/UFPE, está localizado na Serra Negra, próximo à sede da Reserva Biológica do Instituto Chico Mendes (REBIO - Serra Negra), cuja profundidade atingiu noventa metros e cinquenta centímetros (90,50m), perfurado no âmbito da Formação Crato, na Bacia do Jatobá.

O poço 2-JSN-01-PE constituiu-se na principal fonte de dados para a elaboração desse estudo, possibilitando a identificação e a caracterização das associações de fácies e as microfácies carbonáticas da Formação Crato, na Bacia do Jatobá, principal unidade carbonática da bacia.

2.5 – Estudos Petrográficos

Foram coletadas 47 amostras para elaboração de lâminas delgadas, sendo 29 oriundas do poço estratigráfico e 18 de afloramentos. Dessas amostras, 38 são de carbonatos das formações Crato e Romualdo e 9 de arenitos e siltitos das associações de fácies deltaicas e fluvio-lacustres da Formação Crato, na Bacia do Jatobá. As amostras de carbonatos foram utilizadas para caracterização das microfácies.

.2.6 – Quimioestratigrafia

Foram coletadas 113 amostras para análises de isótopos estáveis de carbono e oxigênio (Gratzer *et al.*, 2011) e difração de raios-X (Vortisch *et al.*, 2011). Desse total foram selecionadas 17 amostras para estudo de

argilominerais (Vortisch *et al.*, 2011) e algumas amostras de arenitos para estudo em microscópio eletrônico de varredura.

2.7 – Bioestratigrafia

Foram coletadas 179 amostras no poço 2-JSN-01-PE, para estudo de conteúdo ostracoidal e palinológico, sendo que os resultados das análises palinológicas serão divulgados posteriormente, em outra tese de doutorado.

Para o estudo dos ostracodes, utilizou-se o método de desagregação do material, separando-o em três granulometrias, utilizando peneiras com malhas de 250 µm, 180 e 62 µm. Posteriormente, foi realizado um ataque químico com Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂), para a eliminação da matéria orgânica, seguido de secagem à 70°C.

No material final obtido foi feita uma triagem, sendo os microfósseis separados manualmente do conteúdo mineralógico residual, para posterior classificação, utilizando lupa binocular com capacidade de aumento de 20X a 40X. Em seguida foi feita uma análise da abundância relativa das espécies, com parâmetros que variam de raros a dominantes.

Finalmente, alguns exemplares foram selecionados para serem fotografados no microscópio eletrônico de varredura (MEV), com o objetivo de melhor definir as formas e as estruturas morfológicas das espécies identificadas e classificadas, produzindo estampas ilustradas para estudos de correlações taxonômicas.

Todos os dados e resultados analíticos foram divulgados em Tomé (2011).

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 – Sistema Lacustre Aptiano da Bacia do Jatobá

3.1.1 – Introdução

A sequência Aptiana da Bacia do Jatobá representa a terceira fase lacustre da bacia e está constituída pelas formações Crato e Romualdo do Grupo Santana

O preenchimento sedimentar Aptiano apresenta uma espessura média de 170 metros e ocupa aproximadamente 75 km² de área aflorante. Constitui cerca de 70% das serras Negra e do Periquito, que representam um platô residual de grande expressão topográfica de destaque no relevo geral da Bacia do Jatobá (Fig. 21).

A Formação Crato está constituída por litótipos flúvio-lacustres, que se intercalam com carbonatos lacustres laminados, que dominam sua porção superior, estudados, principalmente, com base em amostras do furo estratigráfico 2 - JSN – 01 – PE e em alguns afloramentos na Serra Negra e na Serra do Periquito.

A Formação Romualdo, por sua vez, está constituída por pelitos lacustres na base e calcários maciços fossilíferos com intercalações pelíticas no topo, estudados, principalmente, em afloramentos nas serras Negra e do Periquito.

Todos esses litótipos, frequentemente, apresentam-se cobertos, de forma esparsa, por depósitos coluviais (tálus) resultantes da erosão dos arenitos da Formação Exu, que se sobrepõe à toda sequência.

Comparando esta sequência lacustre com a da Bacia do Araripe, observa-se a ausência dos evaporitos da Formação Ipubi, posicionada estratigraficamente entre as formações Crato e Romualdo. A falta de informações na literatura geológica, aliada a escassez de afloramentos, tanto na Serra Negra quanto na Serra do Periquito, impede de atestarmos a

existência ou não desses evaporitos na Bacia do Jatobá, apesar de que as características ambientais, litofaciológicas e geoquímicas predominantes nesta sequência do Jatobá, identificadas nessa pesquisa nos leve a pensar na falta de condições favoráveis à deposição desses evaporitos.

3.1.2 – Estratigrafia

3.1.2.1 – Formação Crato

Definida inicialmente como membro Crato, que junto com os membros Ipubi e Romualdo, constituem a Formação Santana do Grupo Araripe definido por Beurlen (1971) e elevada à categoria de formação por Martill (1993), Neumann (1999) e Neumann & Cabrera (1999).

Na Bacia do Jatobá a Formação Crato apresenta uma espessura média de aproximadamente 140 metros e representa a principal unidade estratigráfica da sequência lacustre Aptiana da bacia.

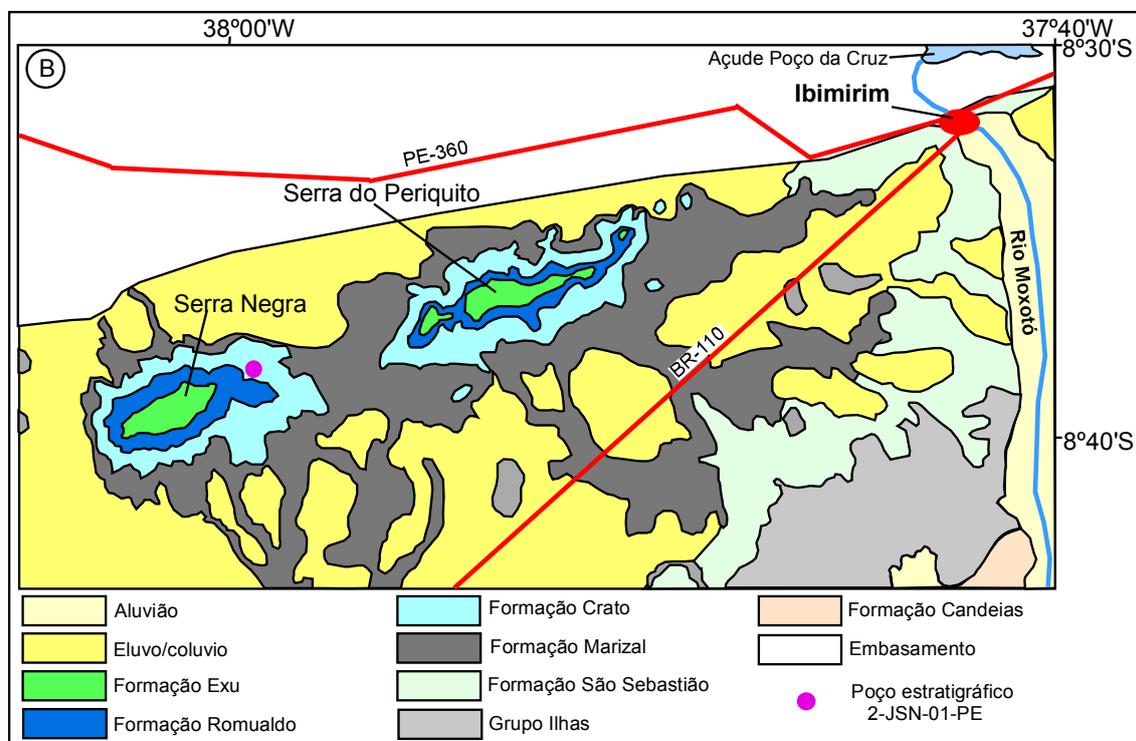


Figura 21 – Mapa Geológico Esquemático de parte da Bacia do Jatobá.

Litologicamente, a Formação Crato, está caracterizada por sedimentos psamíticos e pelíticos, distribuídos em associações de fácies deltaica e terrígena lacustre, e, principalmente, por ritmitos argilo-carbonáticos e calcários laminados que compõem uma associação de fácies carbonática, que ocorrem de forma expressiva ao longo de toda formação.

O estudo do perfil estratigráfico do poço 2-JSN-01-PE (Fig. 22) e as observações realizadas em seis afloramentos, aliados ao estudo petrográfico de trinta e oito amostras, permitiram individualizar na Formação Crato seis unidades carbonáticas e subdividi-la em três associações de fácies, contendo dezesseis litofácies e onze microfácies carbonáticas.

3.1.2.2 – Formação Romualdo

A exemplo da Formação Crato, o membro Romualdo foi definido na Bacia do Araripe, por Beurlen (1971), e elevado à categoria de formação por Neumann (1999) e Neumann & Cabrera (1999).

De uma maneira geral, a Formação Romualdo está constituída por siltitos e folhelhos com níveis de concreções carbonáticas, calcários fossilíferos, arenitos finos e raros níveis de folhelhos pirobotuminosos.

Muitas dessas concreções contêm peixes fósseis, os conhecidos ictiólitos, famosos em todo o mundo.

Esta formação possui características de ambiente deposicional predominantemente lacustre, com algumas evidências de incursão marinha, como por exemplo, a presença de equinóides (Beurlen, 1966), em um nível sobrejacente ao nível de ictiólitos.

Na Bacia do Jatobá, se apresenta com uma espessura média de aproximadamente 30 metros e foi identificada através de observações feitas em três afloramentos, tanto na Serra do Periquito quanto na Serra Negra.

Poço 2 - JSN - 01 - PE - Perfil Esquemático

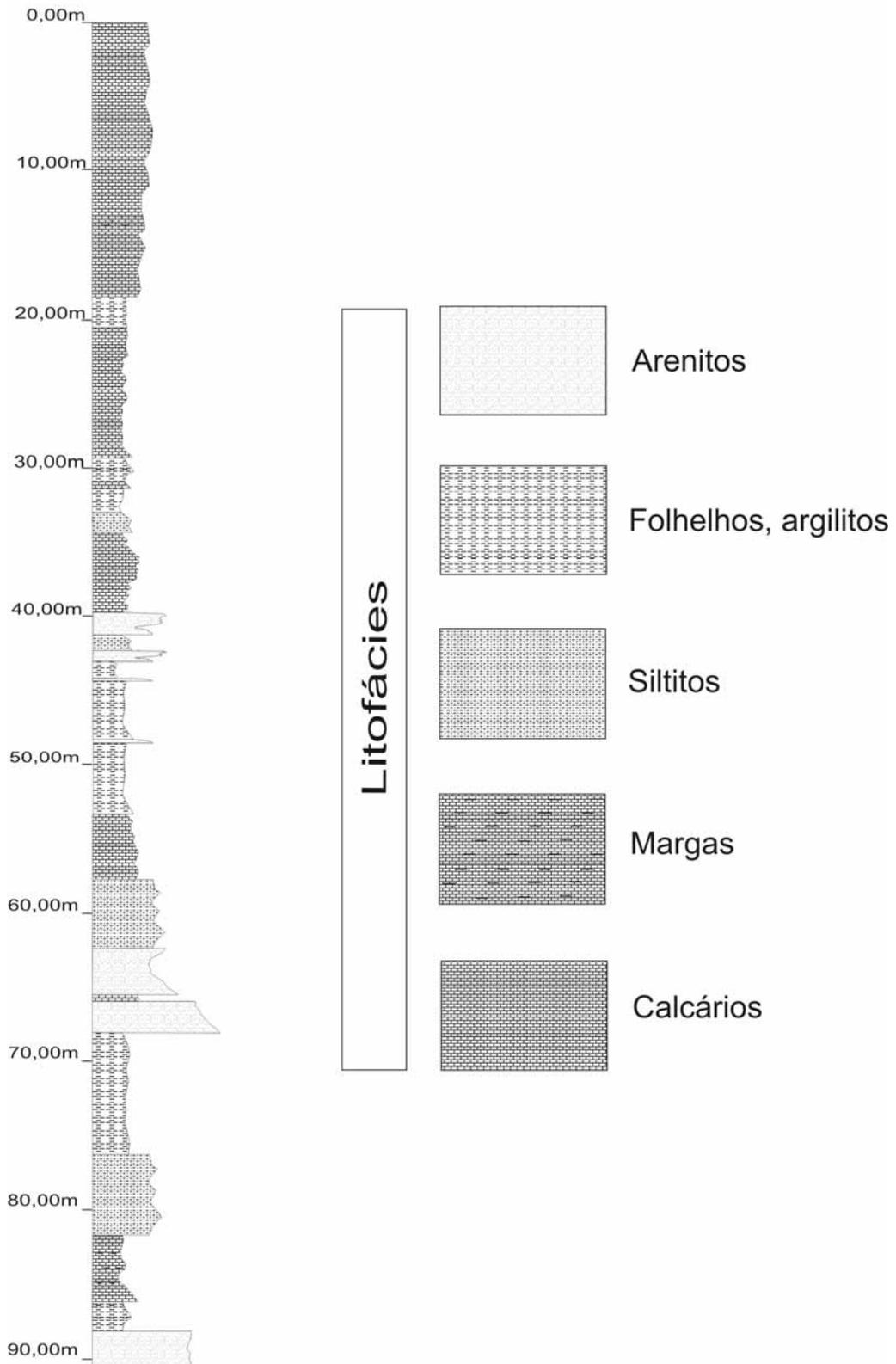


Figura 22 – Perfil Esquemático do Poço Estratigráfico 2–JSN–0-PE

Litologicamente está constituída, na base, por siltitos e folhelhos, característicos de associação de fácies terrígena lacustre e no topo, por calcários maciços bioclásticos, que se alternam com níveis de folhelhos pouco espessos.

Em alguns afloramentos de folhelhos desta formação, observamos pequenas falhas normais, que refletem a tectônica regional, como mostra a comparação entre a seção migrada de um perfil sísmico na Bacia do Jatobá e a foto de um afloramento dessa formação, na Serra Negra (Fig.23).

3.1.3 – Associações de Fácies Sedimentares

3.1.3.1 – Introdução

O estudo detalhado do furo estratigráfico 2-JSN-01-PE, perfurado na Serra Negra, as observações realizadas em afloramentos, tanto na Serra Negra quanto na Serra do Periquito e as correlações com o Grupo Santana da Bacia do Araripe, permitiram a individualização e a caracterização de três associações de fácies, na sequência lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá, de acordo com seus ambientes de sedimentação. (Fig. 24).

As ilustrações que retratam testemunhos de sondagem, apresentam a profundidade correspondente da amostra no poço estratigráfico acima mencionado, enquanto que as fotomicrografias mostram o número da lâmina petrográfica estudada.

A Associação de Fácies Deltaica (AFD) representada por arenitos muito finos a finos, predominantemente, raramente médios, siltitos com intercalações de arenito fino, apresentando geralmente cimento calcífero, que se distribuem desde a base até a porção intermediária do poço. É composta por cinco litofácies (Quadro I).

A Associação de Fácies Terrígena Lacustre (AFTL) está representada por siltitos, folhelhos, folhelhos com intercalações de arenitos finos e argilitos, onde são freqüentes as intercalações de lâminas carbonáticas e fragmentos carbonosos. É composta por onze litofácies.

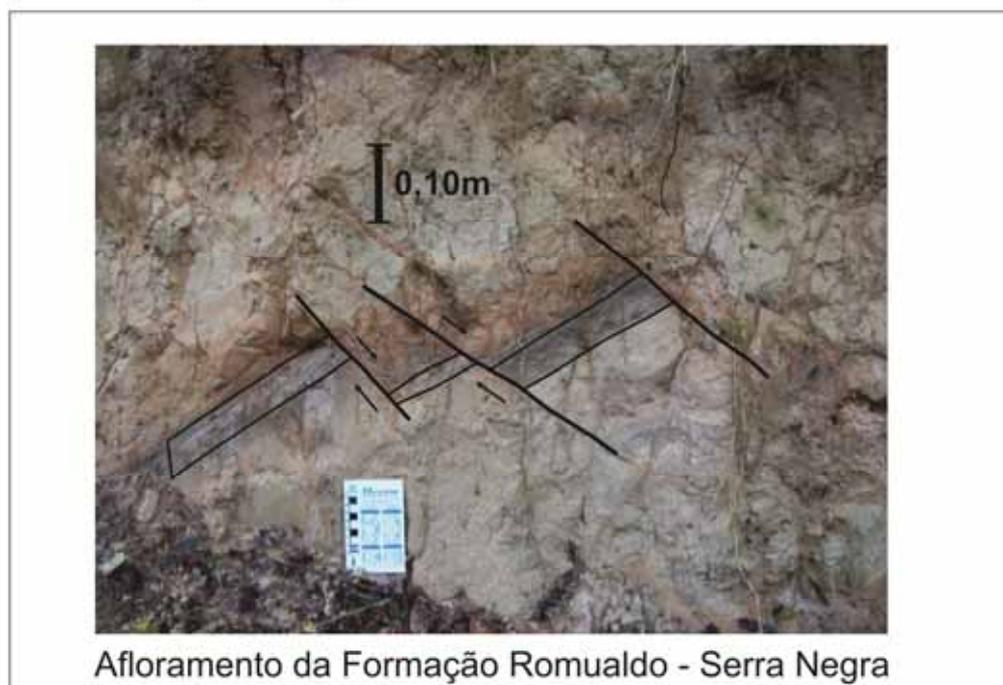
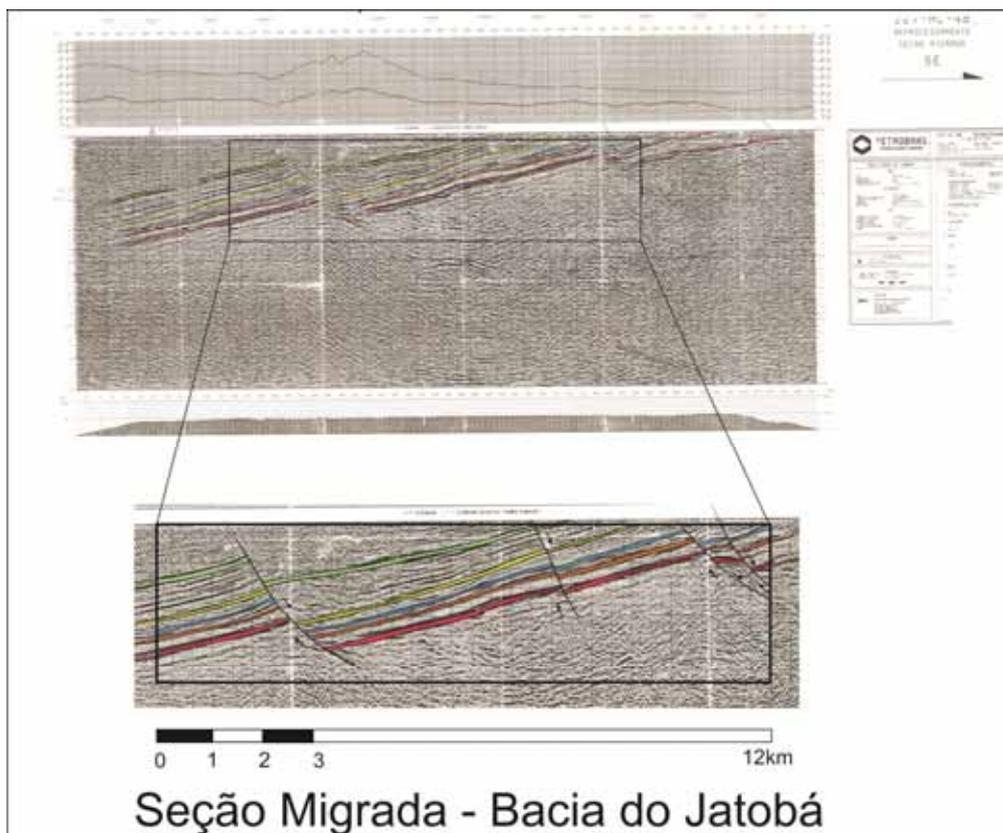


Figura 23 - Falhas em afloramento da Formação Romualdo (JSN-05) na Serra Negra, que refletem estruturas regionais da Bacia do Jatobá.

Poço 2 - JSN - 01 - PE - Perfil Esquemático
Associações de Fácies

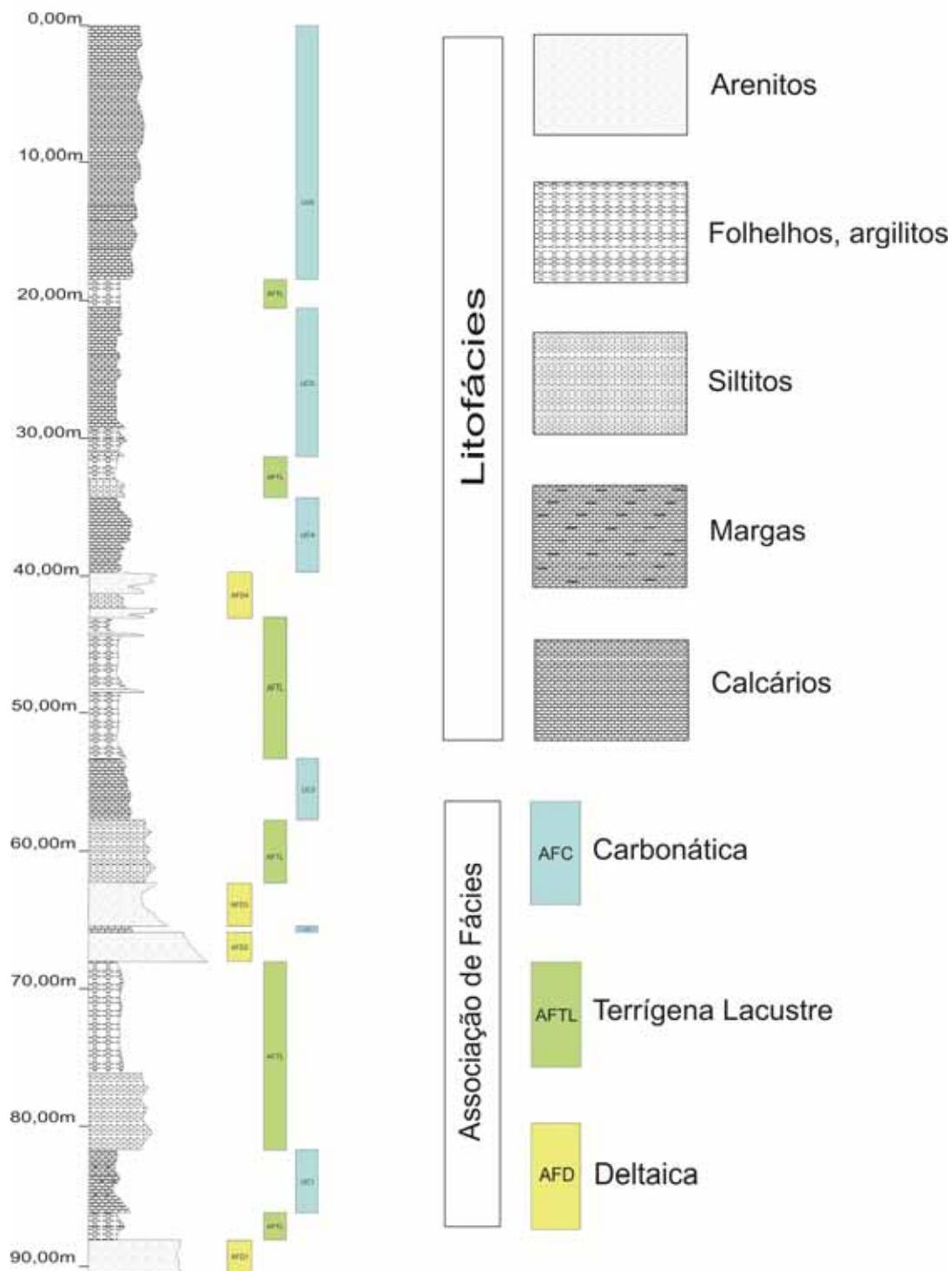


Figura 24 – Associação de Fácies

Quadro I – Litofácies da sequência lacustre aptiana da Bacia do Jatobá.

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	LITOFÁCIES	DESCRIÇÃO
DELTAÍCA (AFD)	AMm	Arenito médio maciço, com cimento algo calcífero
	AFm	Arenito fino maciço, micáceo, com cimento calcífero
	AFct	Arenito fino a muito fino, com estratificações cruzadas tangenciais e onduladas
	AMFca	Arenito muito fino a siltico, com estratificações cruzadas acanaladas e plano-paralelas
	Sca	Siltito com interlaminacões de arenito fino, com micro-laminacões cruzadas acanaladas
TERRÍGENA LACUSTRE (AFTL)	Sac	Siltito c/ int. aren. calcífero. c/ estrut. de fluidizacão, bioturbação e slump
	Sc	Siltito maciço, por vezes calcífero, c/ concreções carbonáticas e clastos carbonosos
	Sm	Siltito maciço, ou fracamente laminado, c/ fluidizacão, bioturbação e slump
	Sc	Siltito com intercalacões de lâminas carbonáticas
	So	Siltito maciço calcífero, c/ ostracodes e fragmentos carbonosos
	FLac	Folhelho contendo interc. de aren. calcífero e concreções carbonáticas
	FLo	Folhelho com ostracodes
	FLcc	Folhelho com concreções carbonáticas
	FLc	Folhelho carbonosos
	FLs	Folhelho com interlaminacões silticas
	AG	Argilito
CARBONÁTICA (AFC)	Rac	Ritmitos argilo-carbonáticos constituídos por folhelhos com finas laminacões carbonáticas, onde é comum a presença de níveis de calcário laminado e concreções carbonáticas e ostracodes
	Cl	Calcários laminados de coloraçao creme a cinza-clara, apresentando estratificações plano-paralelas, onduladas, estruturas de escorregamento, fluidizacão e <i>loop-bedding</i>
	Ml	Margas finamente laminadas
	Cb	Calcário bioclástico, contendo bivalves, ostracodes, calcisferas

A Associação de Fácies Carbonática (AFC) está caracterizada por quatro litofácies. A primeira constituída por ritmitos argilo-carbonáticos, a segunda constituída por calcários laminados, a terceira formada por margas finamente laminadas e a quarta e última, constituída por calcários maciços bioclásticos.

Como representa o intervalo carbonático, principal foco de interesse dessa tese, essas quatro litofácies foram subdivididas em doze microfácies, sendo onze no âmbito da Formação Crato e uma na Formação Romualdo, constituindo sete unidades carbonáticas de espessuras variadas, cujas características serão discutidas mais adiante.

3.1.3.2 – Associação de Fácies Deltaica (AFD)

Esta associação de fácies está representada por lobos arenosos de frente deltaica, que caracterizam a progradação do sistema flúvio-deltaico no lago Aptiano da Bacia do Jatobá, ocorrendo, geralmente, intercalados com depósitos pelíticos da Associação de Fácies Terrígena Lacustre (AFTL).

De uma forma geral a Associação de Fácies Deltaica (AFD) está constituída por cinco litofácies:

A primeira está caracterizada por arenitos predominantemente médios (Fig. 25) a finos, maciços, de coloração cinza a cinza-esverdeada, com cimento fracamente calcífero (AMm).

A segunda litofácies está representada por arenitos finos a muito finos maciços, de coloração cinza clara a cinza-esverdeada, bastante micáceos (AFm), com cimento calcífero, apresentando estruturas de fluidificação e bioturbações.

A terceira litofácies está constituída por arenitos finos a muito finos (AFct), micáceos, com cimento calcífero, por vezes, apresentando finas lâminas pelíticas e carbonáticas distribuídas espaçadamente. Apresentam estratificações cruzadas acanaladas tangenciais e onduladas, estruturas de fluidificação e bioturbações (Fig 26).

A quarta litofácies está constituída por arenitos muito finos a silticos (AMFca), de coloração cinza, micáceo, calcífero, apresentando estratificações cruzadas acanaladas (Fig. 27) e plano-paralelas (Fig. 28).

A quinta e última litofácies está representada por siltitos com interlaminações de arenitos muito finos, formando micro-laminações cruzadas acanaladas (Sca).



Figura 25 – Arenito médio maciço da litofácies AMm (67,24m).



Figura 26 – Bioturbações em arenitos muito finos da litofácies AFct (33,40m).



Figura 27 – Estratificações cruzadas acanaladas em arenitos da litofácies AMFca (64,30m).

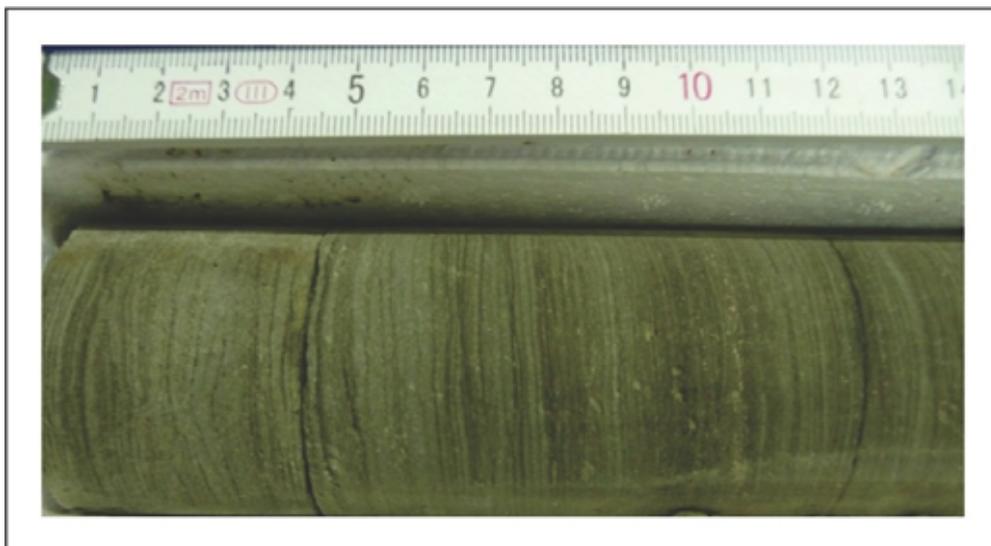


Figura 28 – Estratificações plano-paralelas em arenitos da litofácies AMFca (84,35m).

Ao longo do poço estratigráfico 2 - JSN – 01 – PE identificou-se quatro pulsos desses sedimentos deltaicos (Fig.29), onde predominam arenitos finos a muito finos micáceos, às vezes sílticos, com espessuras mais ou menos constantes, que se destacam do perfil essencialmente pelítico-carbonático.

Poço 2 - JSN - 01 - PE - Perfil Esquemático

Associação de Fácies Deltaica

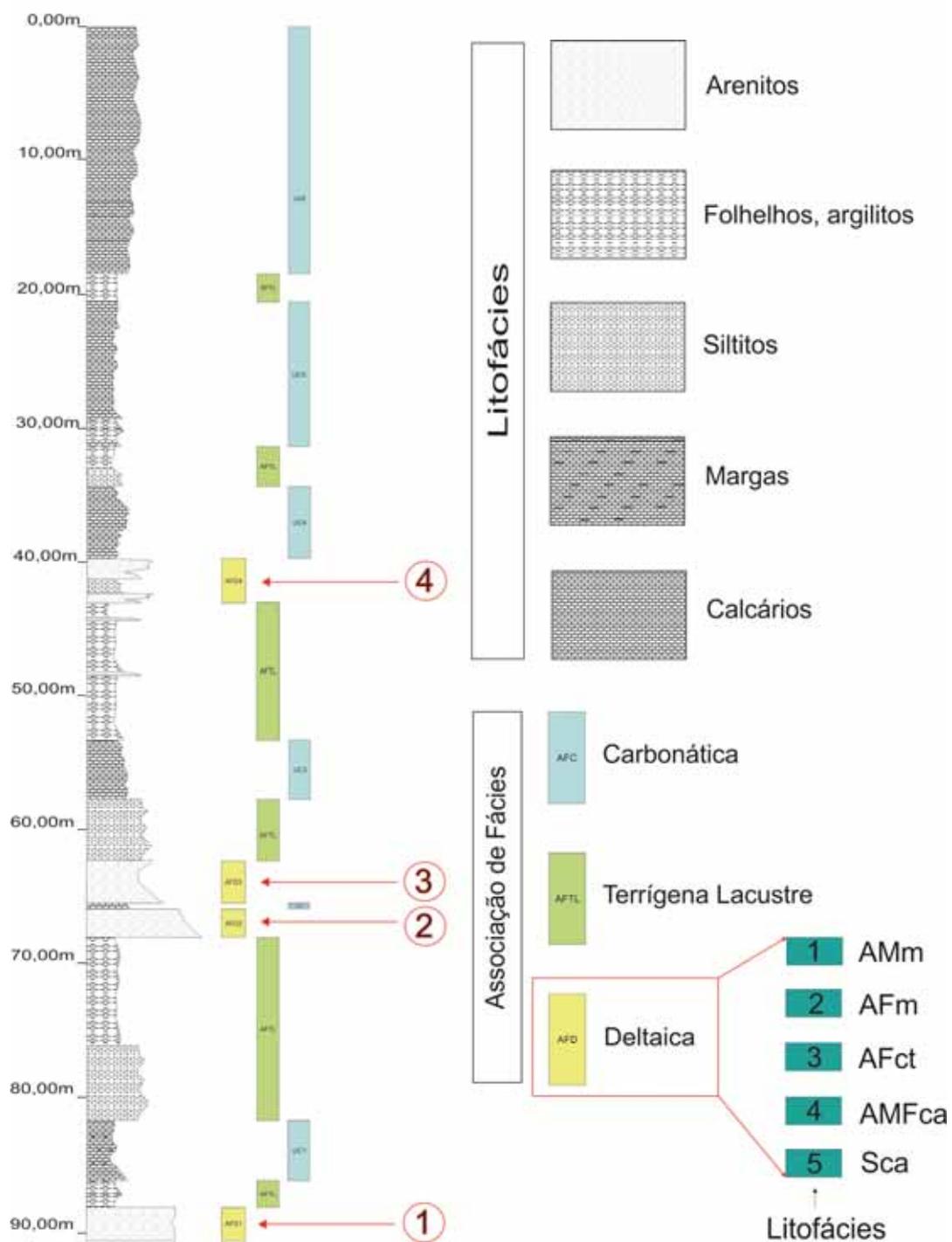


Figura 29 – Associação de Fácies Deltaica (AFD)

Em direção a porção mediana do poço, tornam-se freqüentes as intercalações desses arenitos com os siltitos e folhelhos da Associação de Fácies Terrígena Lacustre (AFTL). Este comportamento evidencia a freqüente oscilação do nível de base do lago, ora recebendo um maior aporte de sedimentos terrígenos psamíticos, ora permitindo o desenvolvimento de depósitos pelíticos e carbonáticos. A partir desse ponto (pulso 4 – Fig 29) se observa que a sedimentação carbonática já é predominante.

Petrograficamente, estes arenitos são constituídos por cerca de 60% de quartzo, associado a micas (principalmente biotita e clorita), plagioclásios, k-feldspatos, matriz argilosa, óxido de ferro e cimento calcífero.

Algumas amostras apresentam delgadas intercalações de siltitos micáceos (Figura 30).

Os grãos de quartzo, na sua maioria, são monocristalinos, angulosos a subarredondados, e tamanhos variados (Figuras 31 e 32).

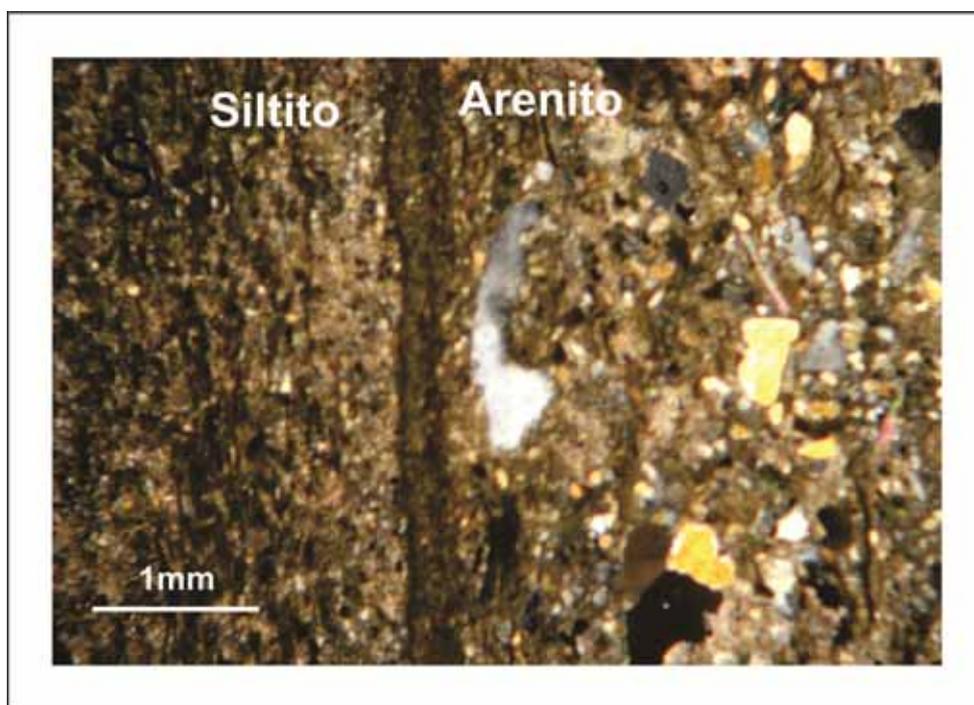


Figura 30 - Fotomicrografia (JSN-17) mostrando intercalação de siltito em arenitos da litofácies AMFca (NX).

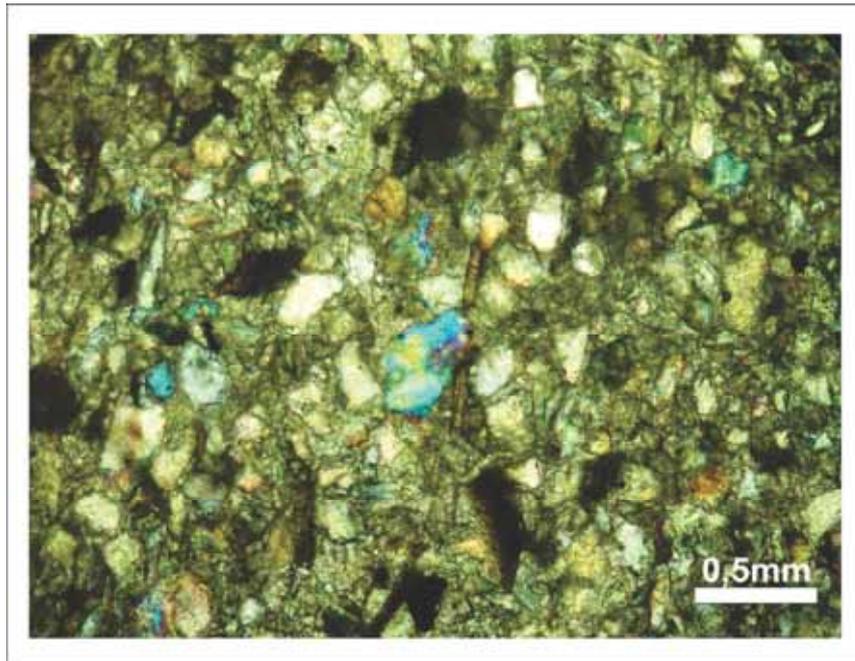


Figura 31 – Fotomicrografia (JSN-28) mostrando grãos angulosos de quartzo, em arenitos da litofácies AFm (NX).

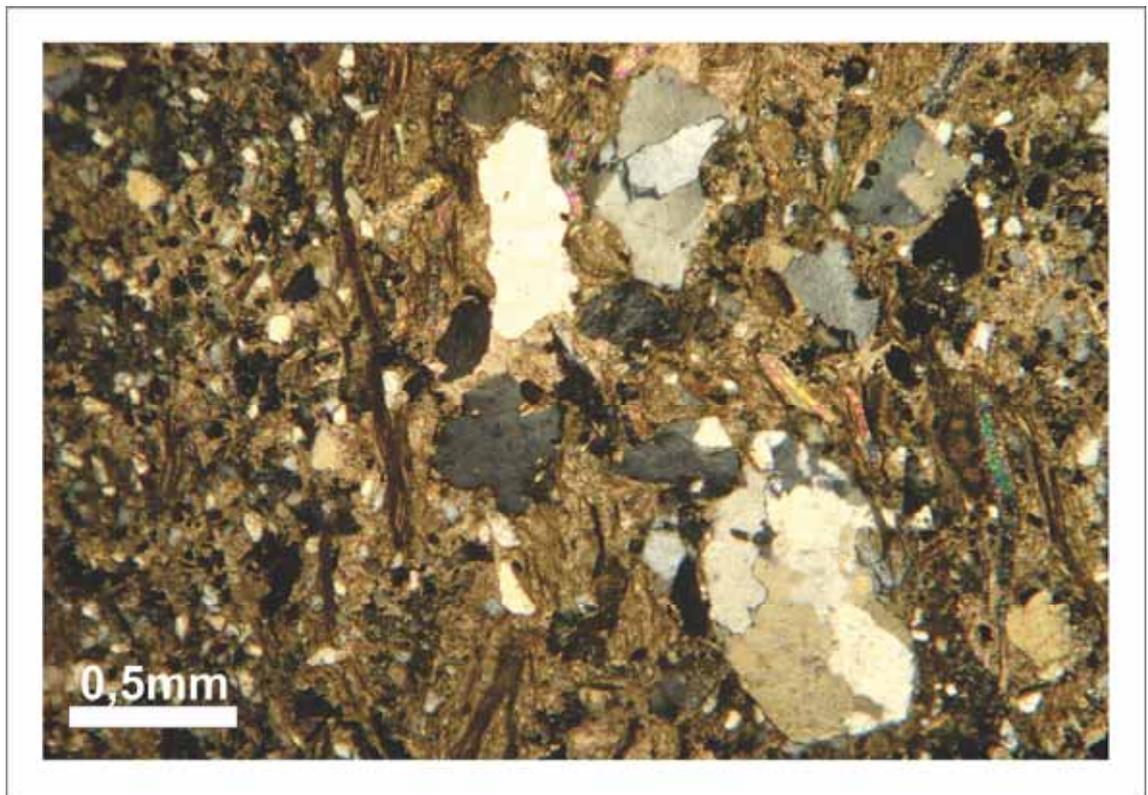


Figura 32 – Fotomicrografia (JSN-17) de arenito mal selecionado, da litofácies AMFca (NX).

Alguns arenitos mostram uma alta concentração de biotitas não ou pouco intemperizadas, muitas vezes marcando estruturas internas, como as laminações plano-paralelas, onduladas e cruzadas (Fig. 33), como também formando bandas escuras e concentrações irregulares (Fig. 34). A presença da biotita e da clorita como componentes clásticos, indica uma erosão e um transporte muito rápido do material da área fonte, carregado para a bacia lacustre e rapidamente soterrado. Dentre os argilominerais presentes, a difratometria de raios-X destaca a presença da esmectita, seguida pela illita, caulinita e clorita (Vortisch *et al.*, 2011).

Algumas lamelas micáceas apresentam-se deformadas, por efeito de compactação do pacote sedimentar.

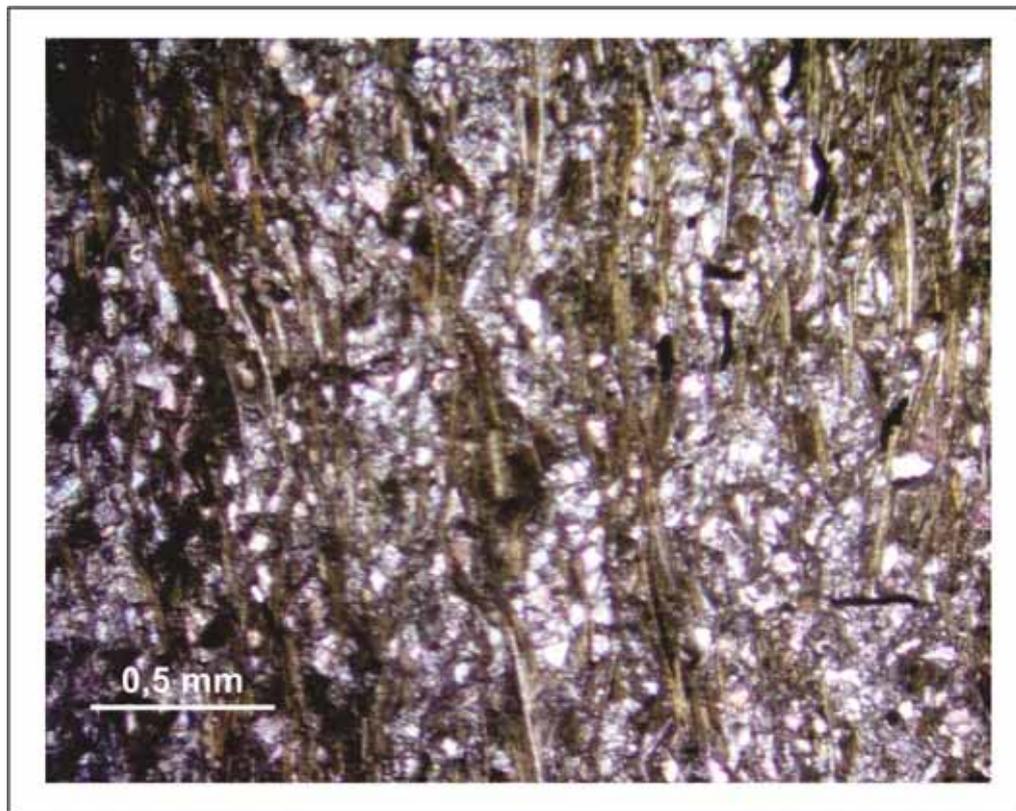


Figura 33 – Fotomicrografia (JSN-25) mostrando laminações marcadas por lamelas de biotita, em arenitos da litofácies AMFca (NX).

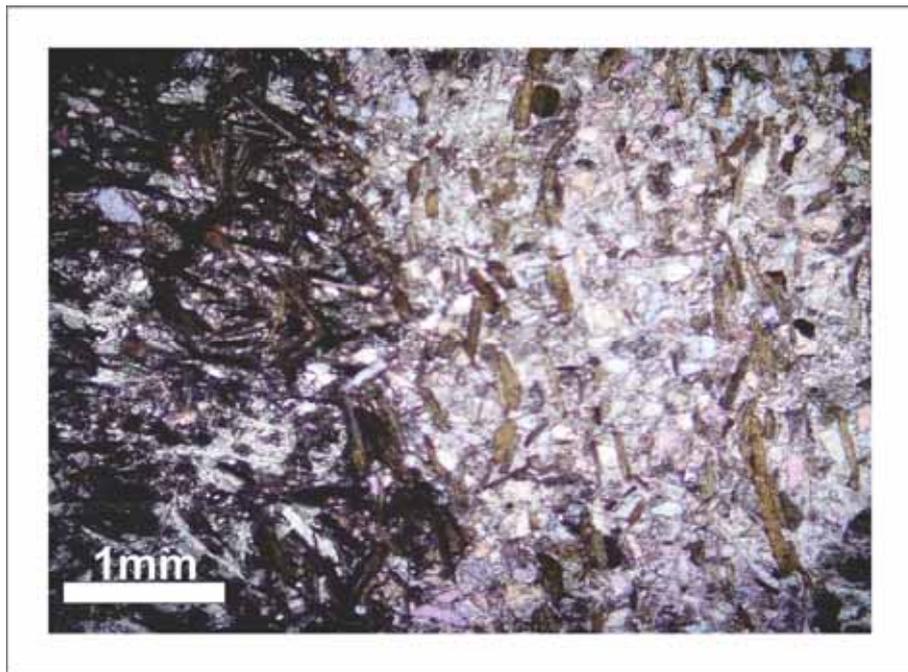


Figura 34 – Fotomicrografia (JSN-29) mostrando concentrações de biotita em arenitos da litofácies AMFca (NX).

3.1.3.3 – Associação de Fácies Terrígena Lacustre (AFTL)

Esta associação de fácies está representada por sedimentos de prodelta, principalmente pelitos, onde se destacam folhelhos e siltitos, por vezes intercalados com arenitos calcíferos e, mais raramente, argilitos escuros. Esses litótipos são produto da sedimentação do material terrígeno em suspensão, em um ambiente de águas mais tranquilas, próximo a porção mais interna do lago, com pouca flutuação do nível de base.

Esta associação mantém um estreito inter-relacionamento com as demais associações, evidenciado pela alternância desses sedimentos com os arenitos finos da AFD e com algumas unidades carbonáticas, na porção inferior do poço estratigráfico 2 - JSN – 01 – PE, evidenciando certa ciclicidade. Este comportamento também se repete com as unidades carbonáticas superiores mais espessas, na porção superior do poço, onde as intercalações tornam-se mais frequentes (Fig. 35).

Poço 2 - JSN - 01 - PE - Perfil Esquemático
 Associação de Fácies Terrígena Lacustre

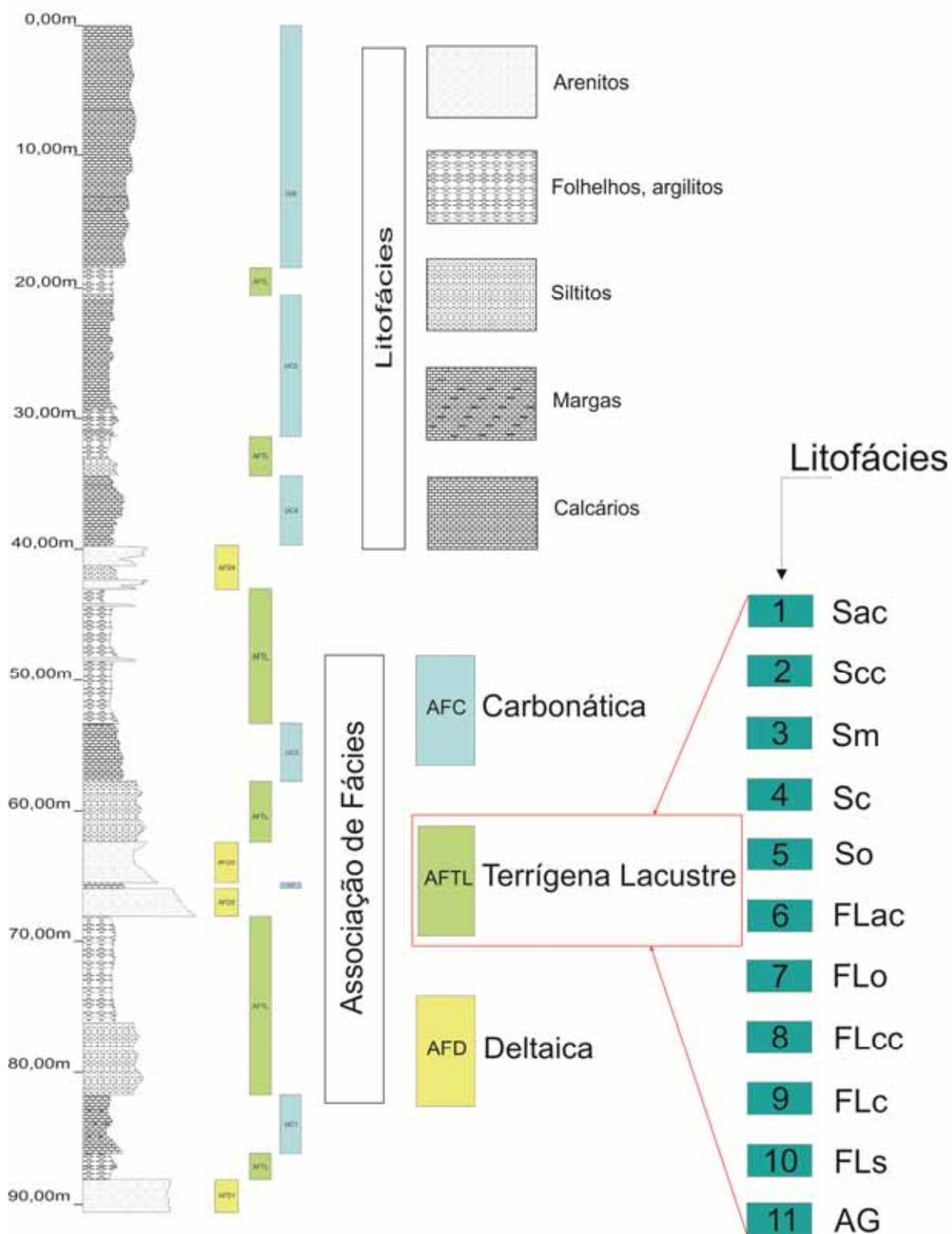


Figura 35 – Associação de Fácies Terrígena Lacustre

Estes depósitos terrígenos apresentam espessuras que diminuem em direção ao topo, variando de quatro a dois metros. No entanto, na base do poço 2-JSN-01_PE, logo acima da primeira manifestação carbonática, ocorre um pacote com espessura em torno de treze metros, formado na base por siltitos com intercalações de arenitos finos calcíferos, capeados por folhelhos de aspecto rítmico, que por sua vez são sobrepostos por argilitos carbonosos, formando o pacote mais representativo dessa associação.

A Associação de Fácies Terrígena Lacustre (AFTL) está composta por onze litofácies:

- ▶ Sac - Siltitos com intercalações de arenitos calcíferos, apresentando estruturas de escorregamento (*slump*), bioturbação (Fig. 36) e fluidificação;
- ▶ Scc - Siltitos maciços, por vezes calcíferos, apresentando concreções carbonáticas (Fig. 37) e clastos carbonosos;



Figura 36 – Bioturbações em siltitos da litofácies Sac (33,40m).

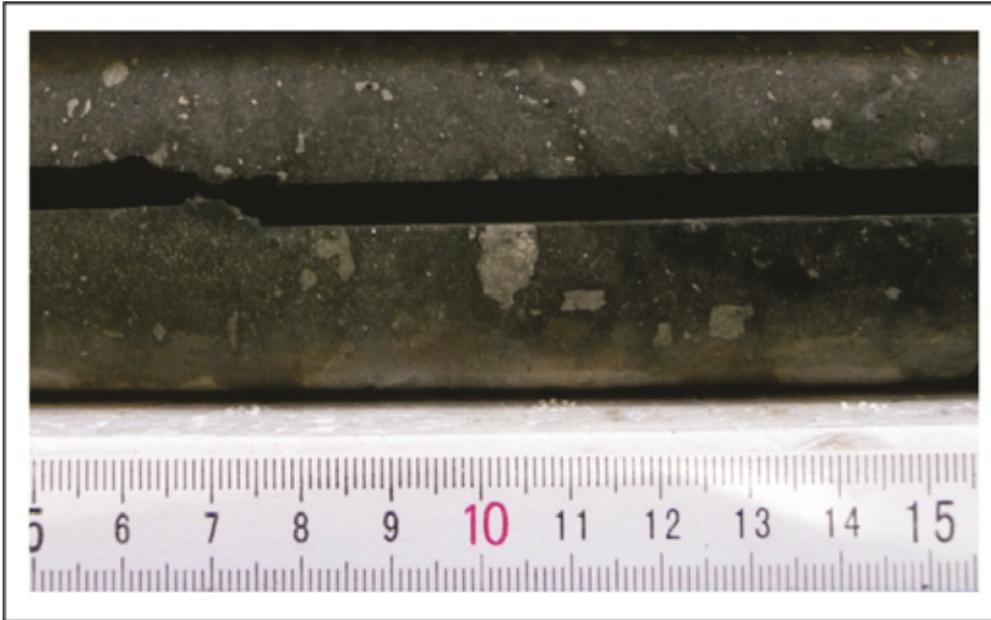


Figura 37 – Concreções carbonáticas em siltitos da litofácies Scc (59,90m).

- ▶ Sm - Siltitos maciços ou fracamente laminados, apresentando estruturas de escorregamento (*slump*), bioturbação e fluidificação;
- ▶ Sc - Siltitos com intercalações de lâminas carbonáticas;
- ▶ So - Siltitos maciços calcíferos, com ostracodes e fragmentos carbonosos;
- ▶ FLac - Folhelhos com intercalações de arenitos calcíferos (Fig. 38) e concreções carbonáticas;
- ▶ FLo - Folhelhos com ostracodes;
- ▶ FLcc - Folhelhos com concreções carbonáticas;
- ▶ FLc - Folhelhos carbonosos;
- ▶ FLs - Folhelhos com interlaminas silticas;
- ▶ AG - Argilitos (AG).



Figura 38 – Folhelhos com intercalações de arenitos calcíferos da litofácies FLac (45,40m).

Devo destacar que tanto a litofácies siltitos com ostracodes (STo), quanto a litofácies folhelhos com ostracodes (FLo), logicamente, foram classificadas com o auxílio da identificação do conteúdo ostracoidal com lupa binocular e microscópio petrográfico.

Algumas amostras de siltitos analisadas petrograficamente, mostraram uma composição essencialmente quartzosa, contendo biotita, clorita, restos de matriz argilosa, opacos e fragmentos carbonosos, com algum cimento calcítico (Fig. 39). Os grãos de quartzo geralmente são angulosos a subarredondados e possuem os mais variados tamanhos (Fig. 40).

Nos folhelhos estudados evidenciou-se uma predominância de argilas expansivas, como os interestratificados de ilita-esmectita, seguidas pela ilita, caulinita e clorita (Vortisch *et al.*, 2011).

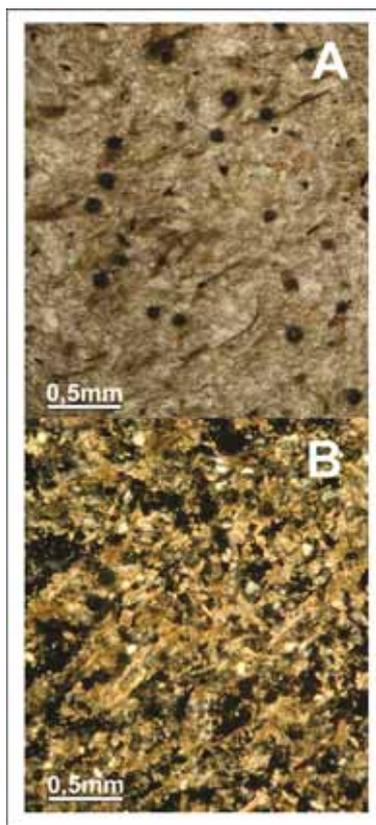


Figura 39 – Fotomicrografia (JSN-08) de siltito com fragmentos carbonosos da litofácies So (A–LP e B–NX).

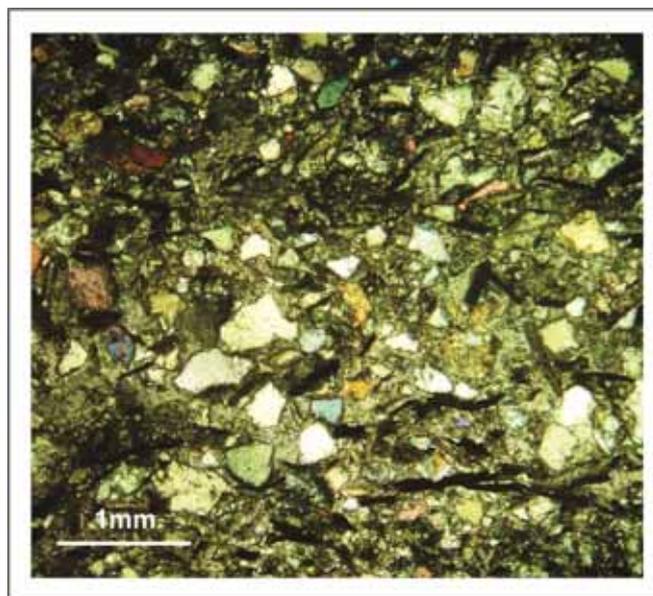


Figura 40 – Fotomicrografia (JSN-27) mostrando grãos angulosos a subangulosos de quartzo em siltitos da litofácies Sm (NX).

Os ostracodes observados apresentam valvas, geralmente preenchidas por calcita espática, por vezes desarticuladas, produto de compactação (Fig. 41).

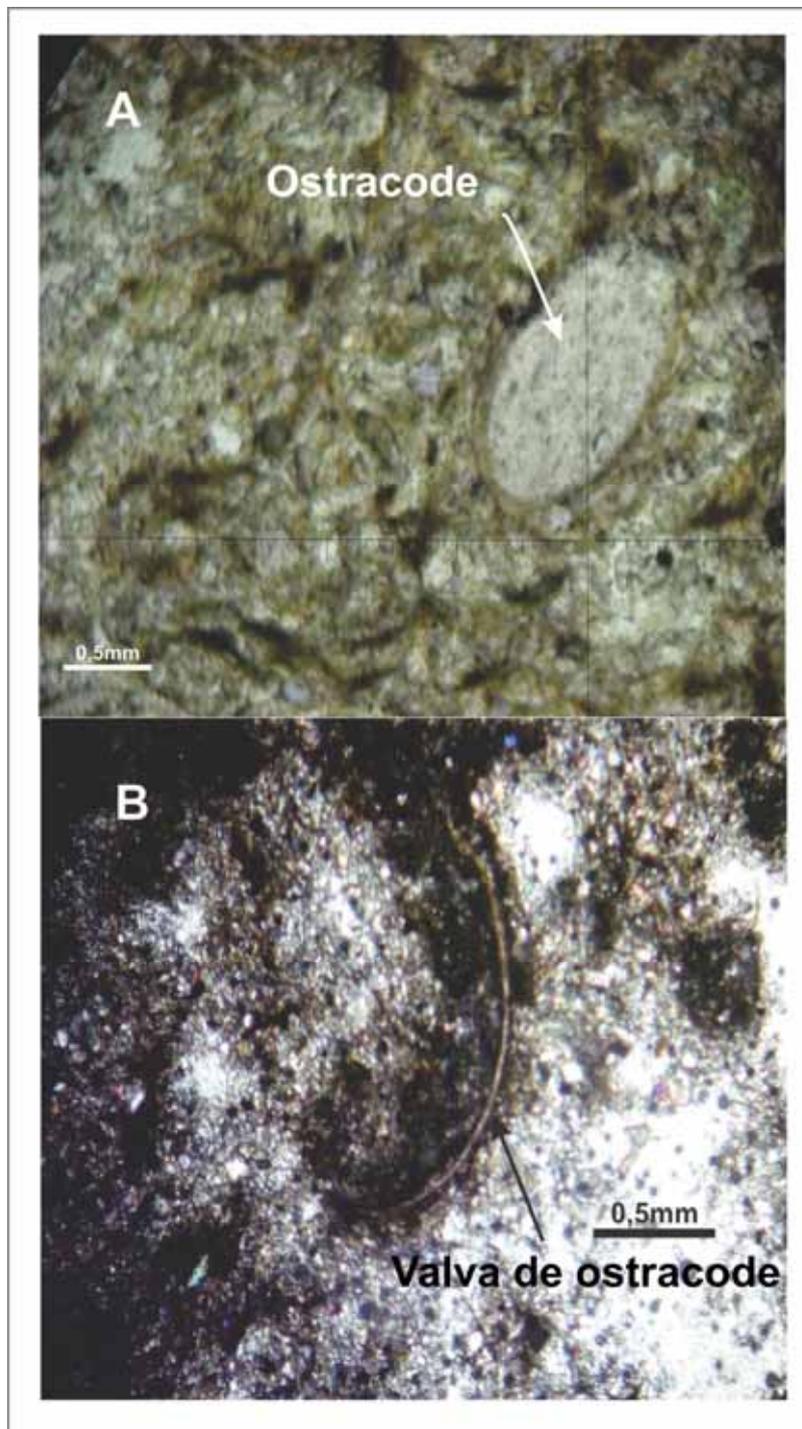


Figura 41 – Fotomicrografias de siltitos contendo ostracodes (A – JSN-08 e B – JSN- 26), da litofácies So (LP).

3.1.3.4 – Associação de Fácies Carbonática (AFC)

Esta associação de fácies está representada por sedimentos argilo-carbonáticos, calcários laminados (Fig. 42) e margas, característicos de porção mais interna do lago, e calcários maciços bioclásticos, cujo conjunto foi dividido em quatro litofácies (Fig. 43).

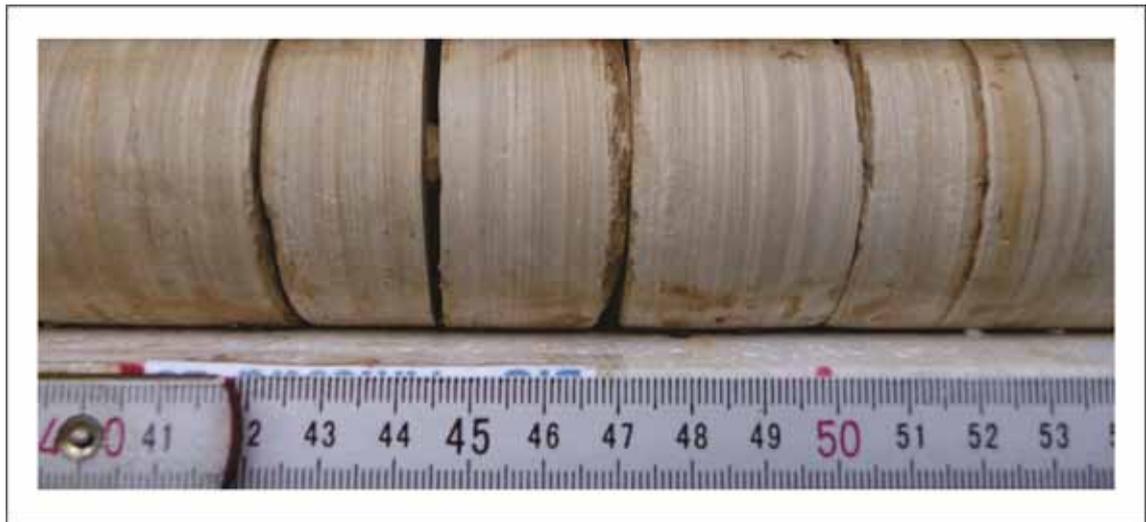


Figura 42 – Calcários laminados da Associação de Fácies Carbonática – AFC (11,50m).

A primeira litofácies está constituída por ritmitos argilo-carbonáticos, a segunda por calcários laminados, a terceira por margas finamente laminadas, todas estas representando a Formação Crato e a quarta e última litofácies, formada por calcários maciços bioclásticos da Formação Romualdo (Fig. 43).

O detalhamento dessas litofácies carbonáticas, permitiu uma melhor caracterização do intervalo carbonático da sequência lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá, objetivo principal dessa tese de doutoramento.

Perfil Esquemático Associação de Fácies Carbonática

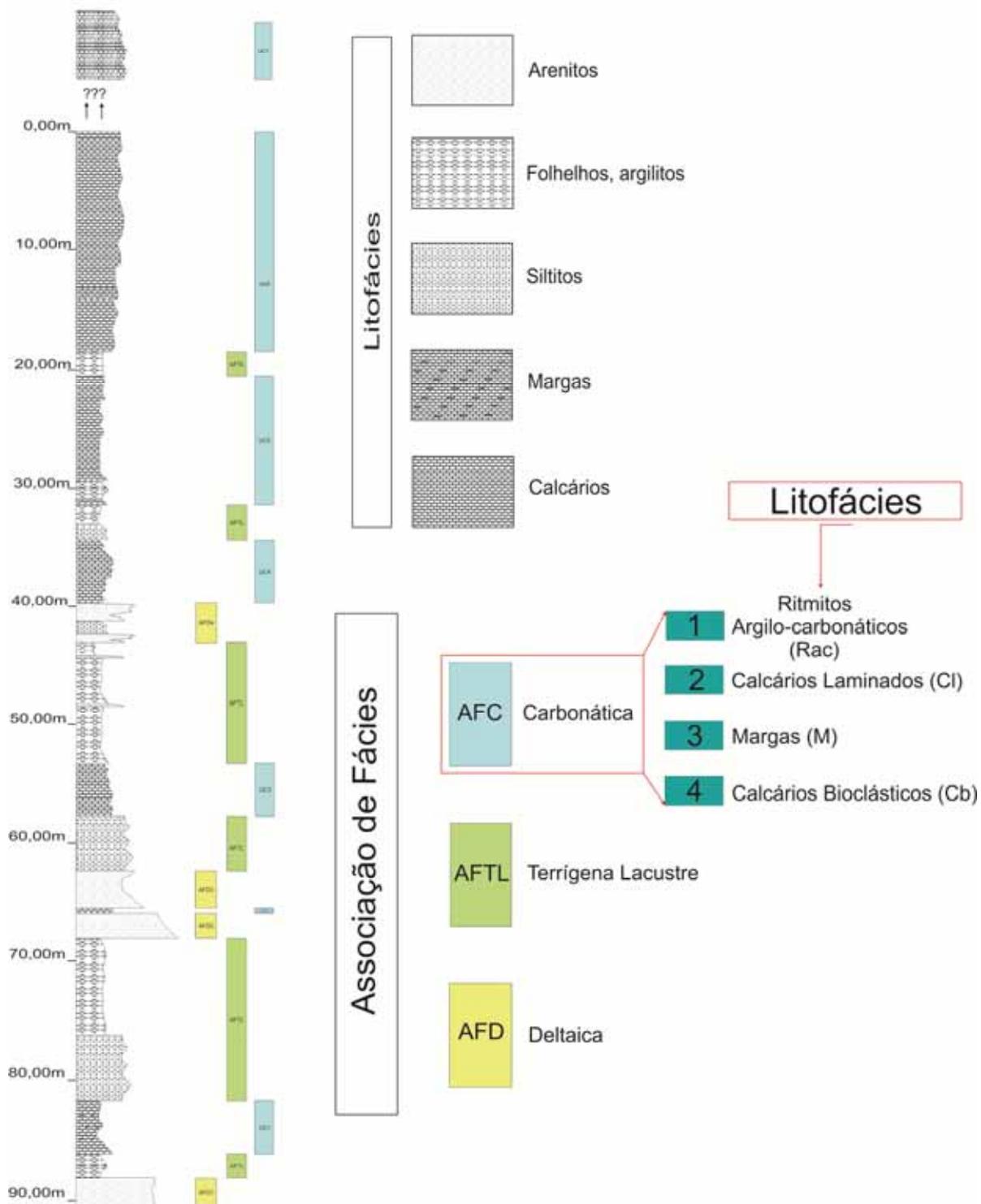


Figura 43 – Associação de Fácies Carbonática

3.1.4 – Litofácies Carbonáticas

3.1.4.1 – Litofácies Ritmitos Argilo-carbonáticos (Rac)

A litofácies ritmitos argilo-carbonáticos ocorre praticamente em quase todas as unidades carbonáticas individualizadas ao longo do poço estratigráfico 2 - JSN - 01 – PE e está intimamente associada aos carbonatos laminados do segundo grupo. Apresentam espessuras que variam de 0,30 a 3,60 metros.

Esta litofácies está constituída basicamente por folhelhos com finas laminações carbonáticas, de coloração cinza a marrom escuro, onde é comum a presença de níveis de calcário laminado e concreções carbonáticas centimétricas. Localmente, apresentam estruturas de sobrecarga, fluidificação e “pseudo-boudinages”. Nesta litofácies foram identificadas duas microfácies.

3.1.4.2 – Litofácies Calcários Laminados (CI)

Esta litofácies representa o principal e mais importante grupo de litofácies carbonática da sequência lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá.

Está constituída por calcários laminados creme a cinza esbranquiçados, calcários margosos, apresentando estratificações plano-paralelas, onduladas, estruturas de escorregamento, fluidificação e *loop-bedding*. Nesta litofácies, identificou-se oito microfácies.

3.1.4.3 – Litofácies Margas (M)

Essa litofácies está representada por margas finamente laminadas, que ocorrem no terço médio da unidade carbonática superior do poço 2 – JSN – 01 – PE. Esta litofácies está representada por uma única microfácies.

3.1.4.4 – Litofácies Calcários Bioclásticos (Cb)

Esta litofácies está representada por calcários maciços bioclásticos com fortemente litificados, identificados em afloramentos na Serra do Periquito, que ocorrem intercalados com folhelhos e siltitos argilosos. Representa a unidade

carbonática da Formação Romualdo, na Bacia do Jatobá. Também está representada por apenas uma microfácies.

3.1.5 – Microfácies Carbonáticas

No detalhamento das litofácies carbonáticas foram identificadas doze microfácies (Quadro II), ferramenta extremamente importante na caracterização do intervalo carbonático da sequência lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá.

Quadro II – Microfácies Carbonáticas da Sequência Lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá

ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	LITOFÁCIES	MICROFÁCIES	DESCRIÇÃO
CARBONÁTICA (AFC)	Rac	m1a	Ritmito argilo-carbonático
		m1b	Ritmito argilo-carbonático com ostracodes
	Cl	m2	Calcário laminado com <i>loop-bedding</i>
		m3	Calcário laminado com pelóides
		m4	Calcário laminado com <i>slump</i>
		m5	Calcário laminado com laminações plano-paralelas
		m6	Calcário laminado com fragmentos carbonosos
		m7	Calcário laminado com ostracodes
		m8	Calcário laminado margoso com ostracodes
		m9	Calcário laminado margoso
	M	m10	Marga finamente laminada
Cb	m11	Calcário bioclástico	

São elas: Ritmitos argilo-carbonáticos (Rac), com duas (2) microfácies (m1a e m1b); calcários laminados (Cl), com oito (8) microfácies (m2 → m9); margas (M), com uma (1) microfácies (m10); e, finalmente, calcários bioclásticos (Cb), também com uma (1) microfácies (m11). Todas estas microfácies estão representadas, de forma resumida, na figura 44.

3.1.5.1 – Microfácies Ritmitos Argilo-carbonáticos (m1a) e (m1b)

As microfácies ritmitos argilo-carbonáticos (m1a) e (m1b) possuem as mesmas características, diferenciando-se apenas pelo conteúdo de ostracodes. Estas microfácies estão constituídas basicamente por folhelhos cinza com finas laminações carbonáticas, onde é comum a presença de níveis de calcários laminados com *loop-bedding* (Fig. 45 e 46) e concreções carbonáticas centimétricas.

Perfil Esquemático - Microfácies Carbonáticas

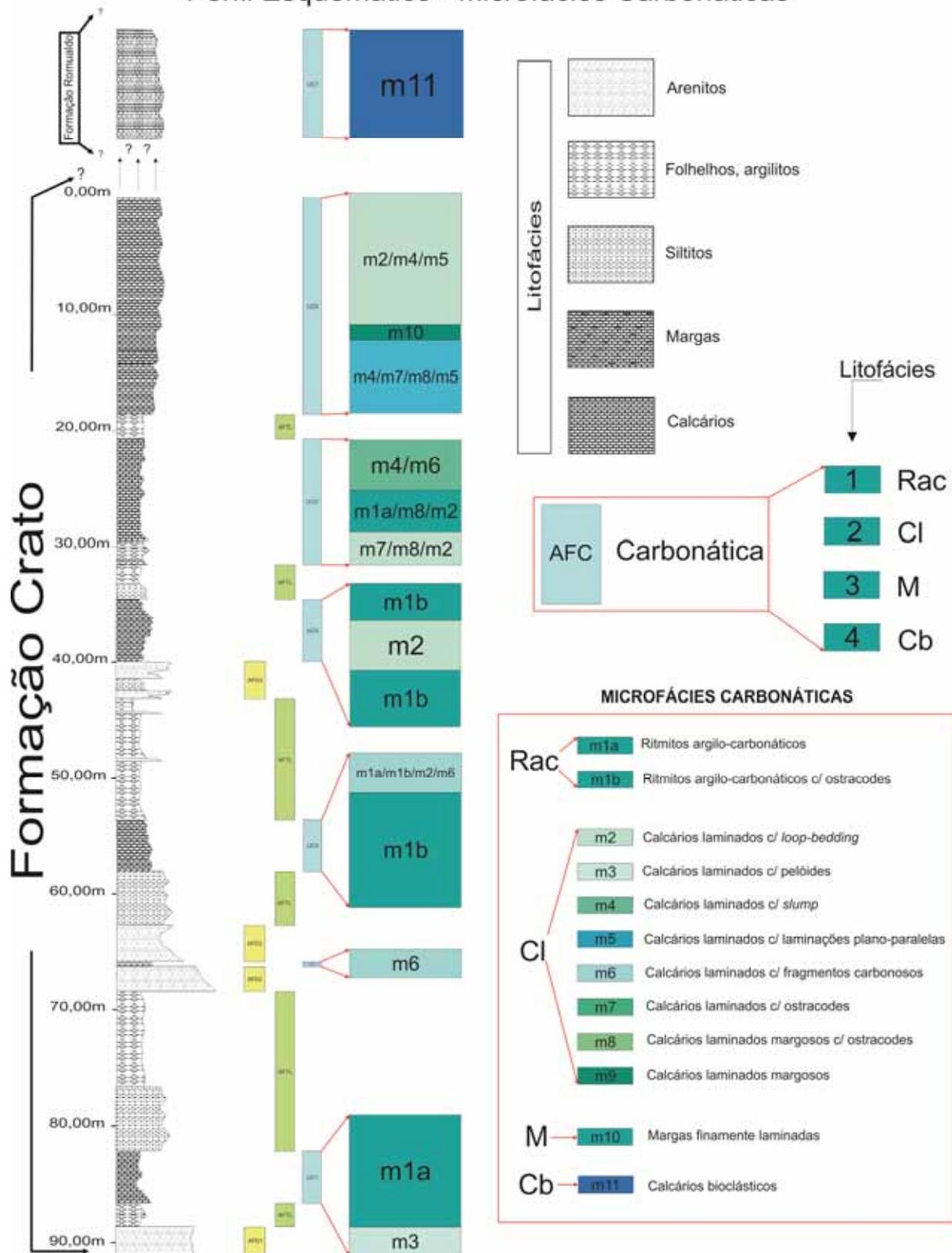


Figura 44 – Microfácies Carbonáticas

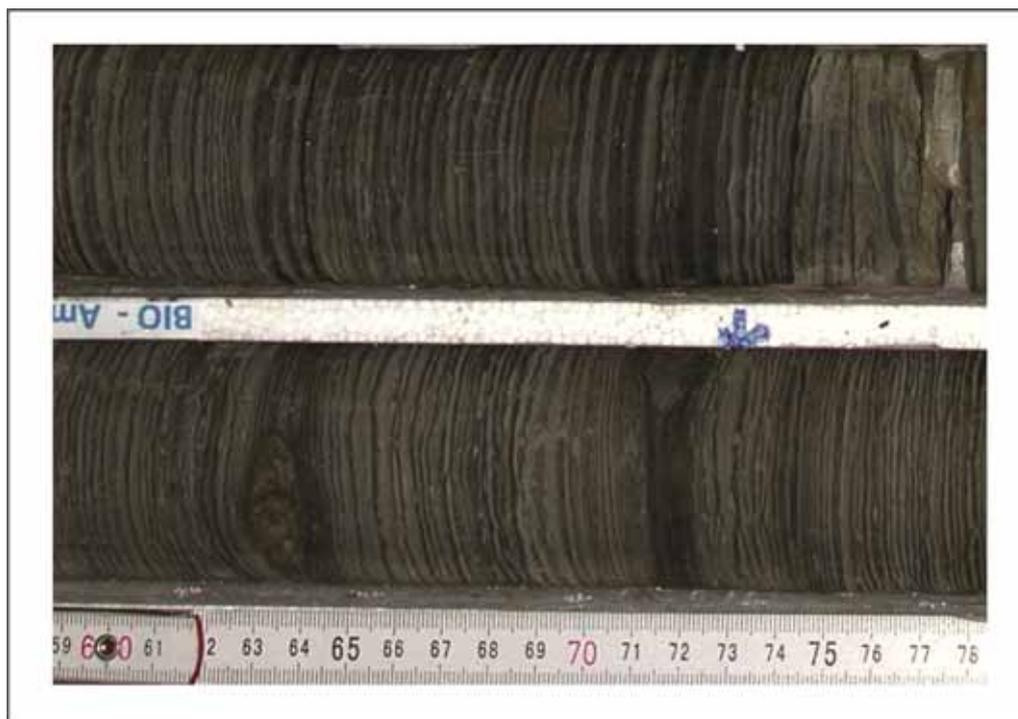


Figura 45 – Ritmito argilo-carbonático da microfácies m1a (83,90m).



Figura 46 – Ritmito argilo-carbonático com ostracodes da microfácies m1b, apresentando *loop-bedding* (54,08m).

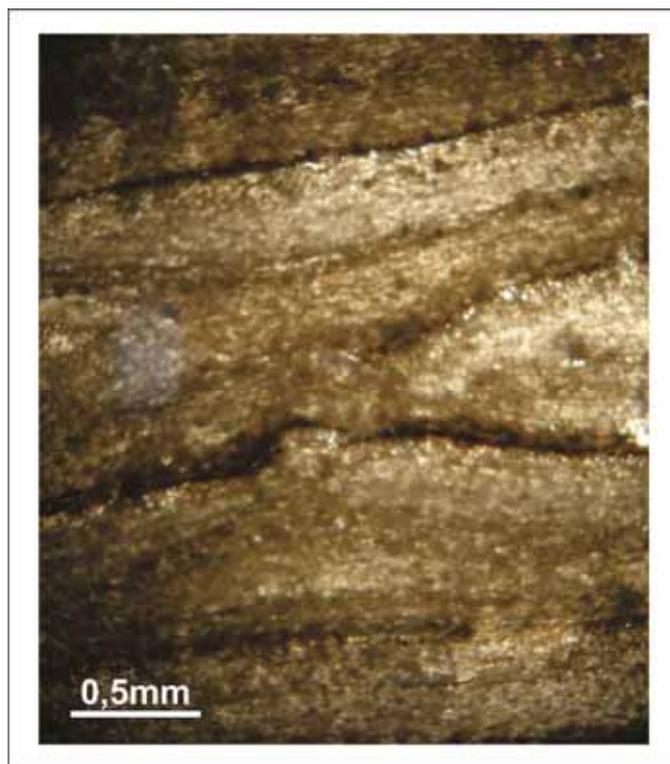


Figura 47 – Fotomicrografia (JSN-23) mostrando estrutura *loop-bedding* em ritmitos argilo-carbonáticos, da microfácies m1b (NX).

3.1.5.2 – Microfácies calcários laminados com *loop-bedding* (m2)

A microfácies m2 é caracterizada por calcários laminados que apresentam laminações plano-paralelas e onduladas, com estruturas de deformação do tipo *loop-bedding* (Fig. 48). Esta microfácies ocorre de forma representativa nas várias unidades carbonáticas, geralmente associada às microfácies m4 e m5, exceto nas unidades mais basais, onde não foi identificada.



Figura 48 – Estrutura *loop-bedding* em calcários laminados da microfácies m2 (37,20m).

3.1.5.3 – Microfácies calcários laminados com pelóides (m3)

A microfácies m3 é caracterizada por calcários laminados peletoidais (Fig. 49), com pelóides constituídos, na sua maioria, por calcisferas, permeados por esteiras algálicas (Fig. 50). Esta microfácies representa a primeira deposição carbonática da Formação Crato, no poço 2 - JSN - 01 - PE (ver Fig. 44).

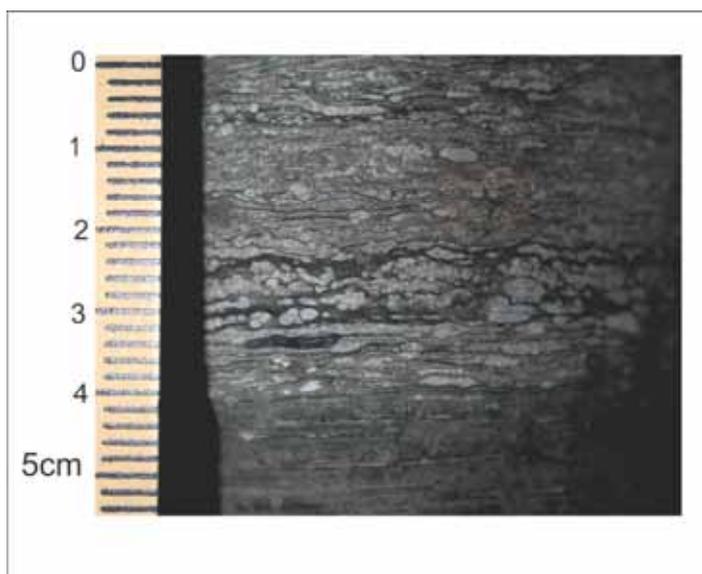


Figura 49 – Calcário peletoidal da microfácies m3 (85,90m).

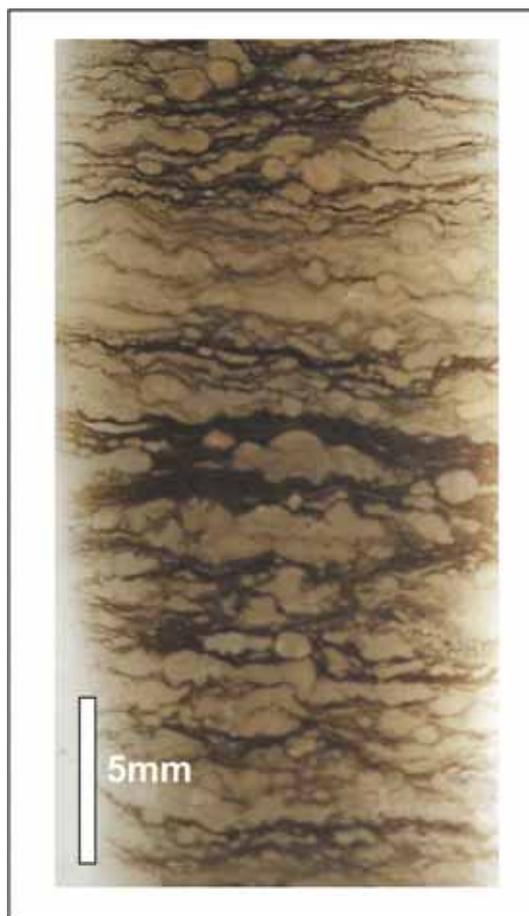


Figura 50 – Fotografia da lâmina do calcário peletoidal da microfácies m3 (JSN-15).

3.1.5.4 – Microfácies calcários laminados com *slump* (m4)

A microfácies m4 é caracterizada por calcários laminados de coloração creme, apresentando laminações plano-paralelas e onduladas, além de estruturas de escorregamento tipo *slump* (Fig. 51). Também são comuns micro-*slumps* (Fig. 52) e microfalhas (Fig. 53).

Esta microfácies ocorre de forma mais frequente nas unidades carbonáticas superiores, mais espessas, e geralmente associada às microfácies m2 e m5.

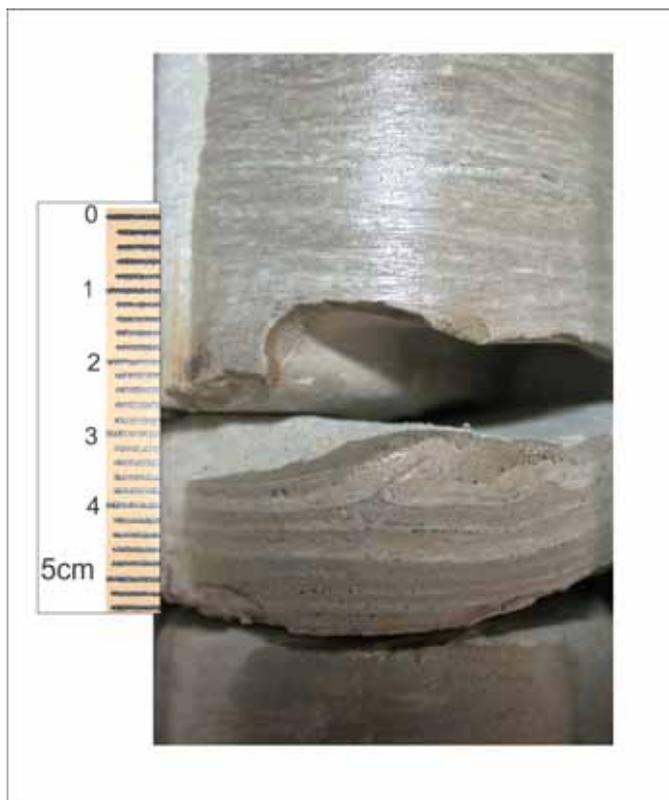


Figura 51 – Laminação convoluta (*slump*), em calcários laminados da microfácies m4 (21,20m).

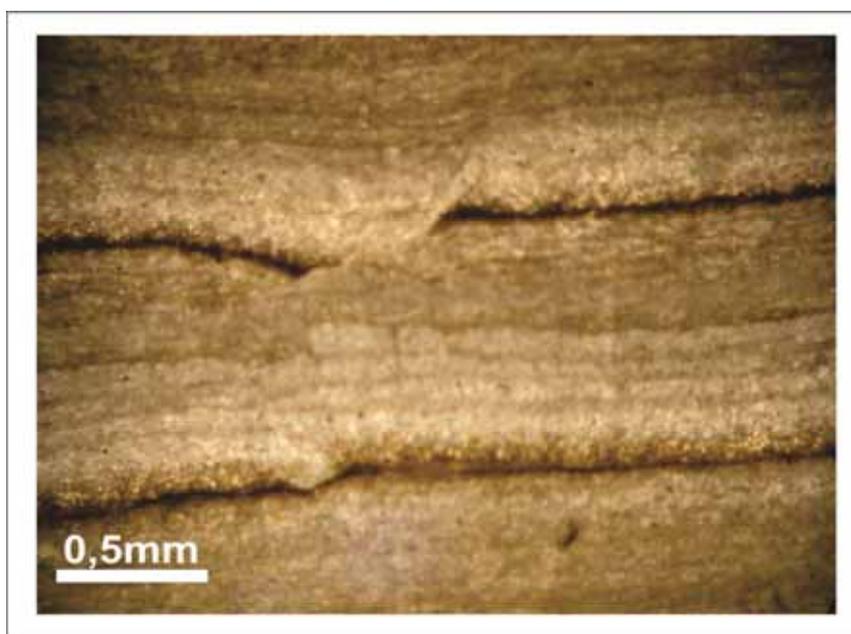


Figura 52 – Fotomicrografia (JSN-12) mostrando “micro-slump” associado a micro-falha, em calcários laminados da microfácies m4 (NX).

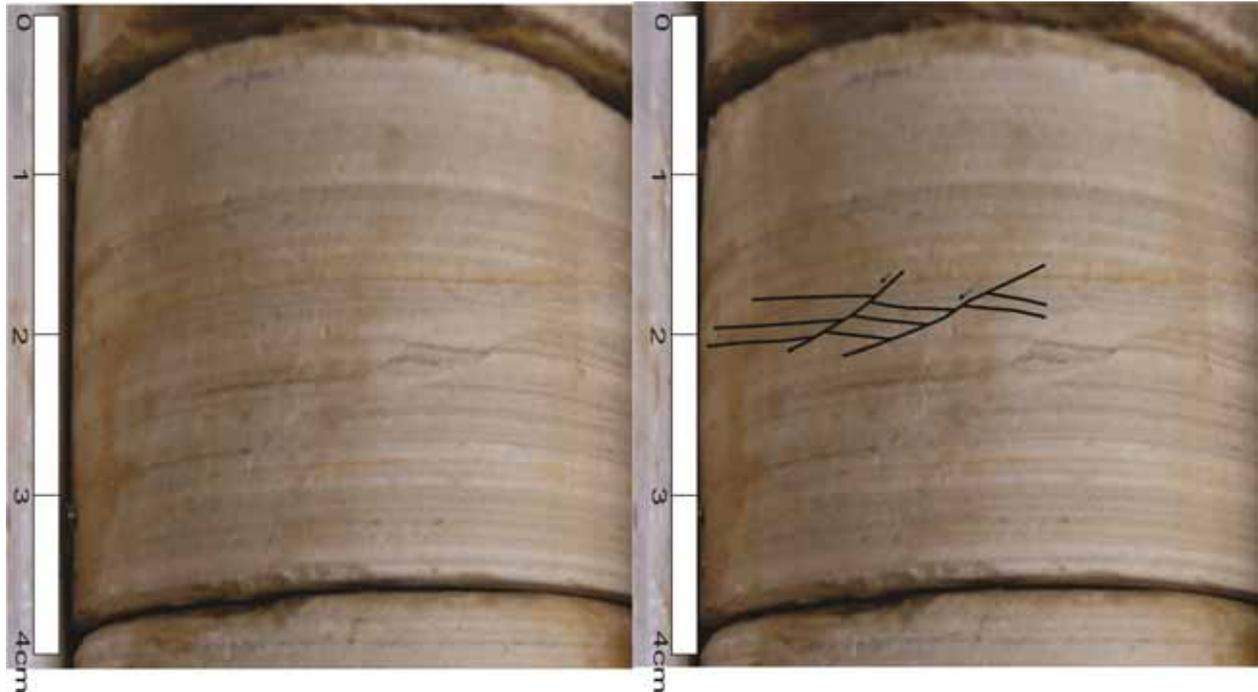


Figura 53 – Microfalhas em calcários laminados da microfácies m4 (11,50m).

3.1.5.5 – Microfácies calcários laminados com laminações plano-paralelas (m5)

A microfácies m5 é caracterizada por calcários laminados com laminações plano-paralelas, raramente, onduladas, apresentando localmente porções argilosas, que lhe imprimem um aspecto “manchado”. Geralmente, ocorre associada às microfácies m2 e m4, nas unidades carbonáticas superiores do poço 2 – JSN – 01 - PE. Nesta microfácies, são comuns cristais de pirita framboidal oxidados (Fig. 54).

3.1.5.6 – Microfácies calcários laminados com fragmentos carbonosos (m6)

A microfácies m6 é caracterizada por calcários laminados com laminações plano-paralelas e onduladas, apresentando concreções carbonáticas (Fig. 55) além de lamelas e fragmentos carbonosos (Fig. 56). Ocorre nas unidades carbonáticas mais basais, ricas em matéria orgânica, produto da grande mistura dos carbonatos com os sedimentos terrígenos do prodelta.

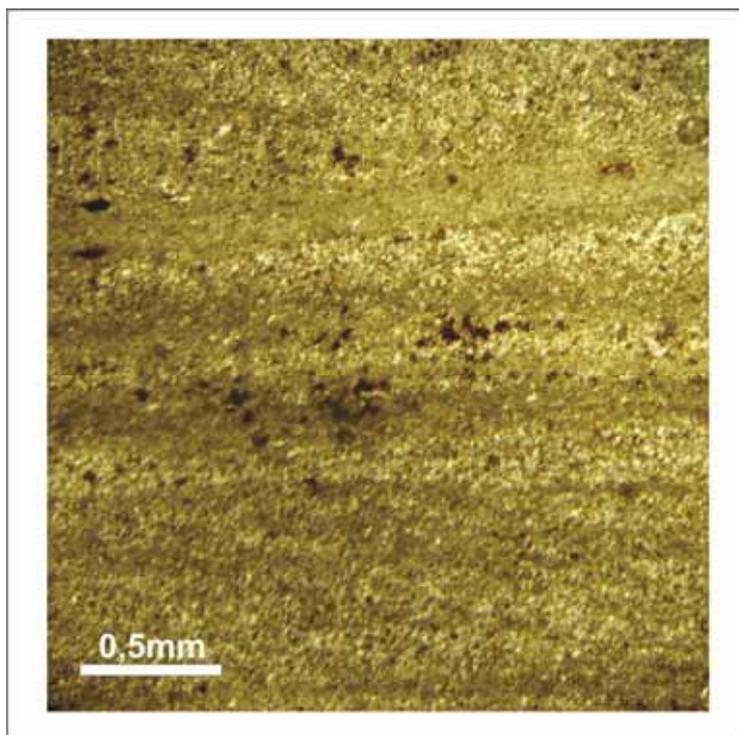


Figura 54 – Fotomicrografia (JSN-06) mostrando pirita framboidal oxidada em calcários laminados da microfácies m5 (NX).



Figura 55 – Calcário laminado com lamelas carbonosas e concreções carbonáticas da microfácies m6 (54,35m).

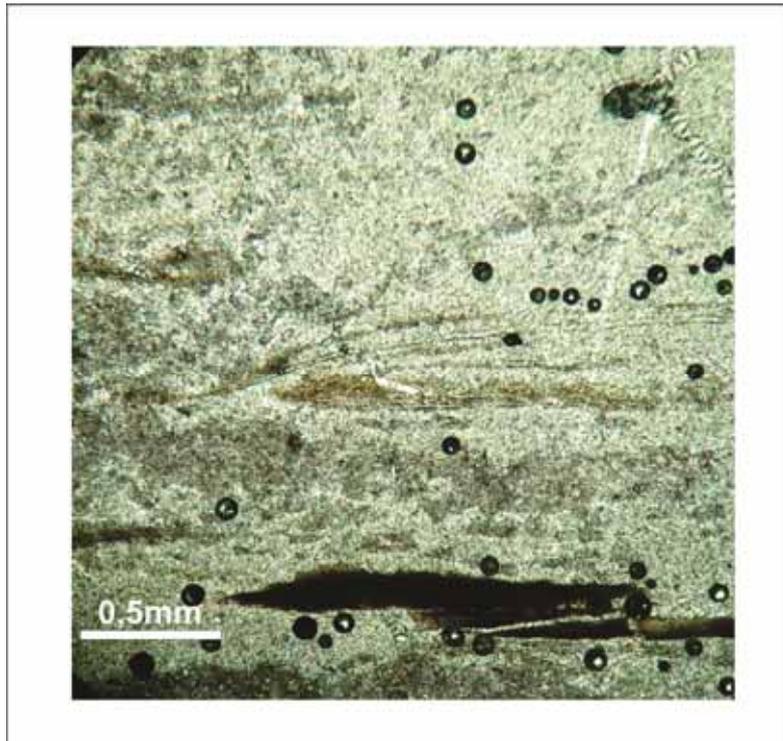


Figura 56 – Fotomicrografia (JSN-22) mostrando lamelas carbonosas em calcários da microfácies m6 (NX).

3.1.5.7 – Microfácies calcários laminados com ostracodes (m7)

A microfácies m7 é caracterizada por calcários laminados com laminações plano-paralelas (Fig. 57) e plano-onduladas, contendo concreções carbonáticas (Fig. 58) e ostracodes. Representa o primeiro registro de ostracodes em calcários laminados, da porção mais interna do lago.

3.1.5.8 – Microfácies calcários laminados margosos com ostracodes (m8)

A microfácies m8 é caracterizada por calcários margosos laminados com laminações plano-paralelas e plano-onduladas, contendo ostracodes. Esta microfácies ocorre associada geralmente à microfácies m7 e a folhelhos da litofácies FLo, em um ambiente misto do lago, onde dominam margas e calcários margosos.



Figura 57 – Laminação plano-paralela em calcários da microfácies m7 (11,60m).

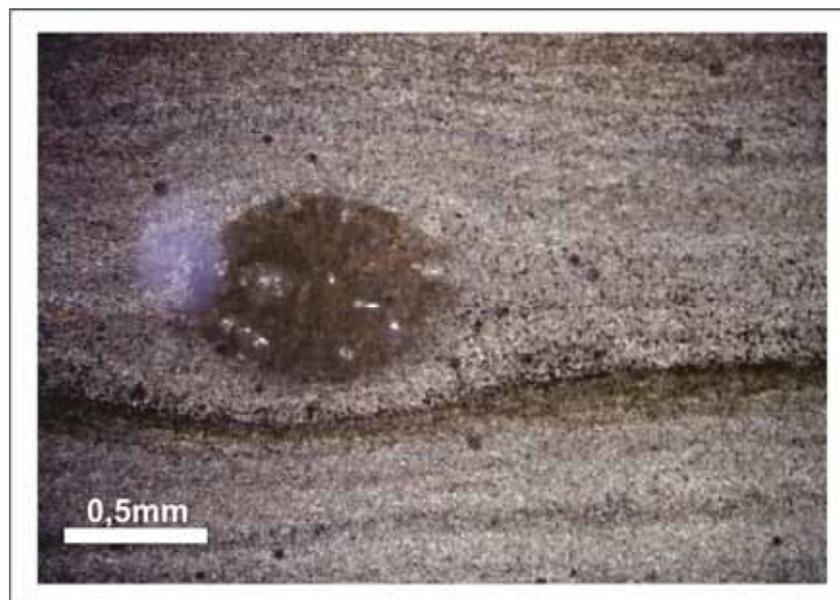


Figura 58 – Fotomicrografia (JSN-07) mostrando concreção carbonática em calcários da microfácies m7 (LP).

3.1.5.9 – Microfácies calcários laminados margosos (m9)

A microfácies m9 é caracterizada por calcários margosos laminados semelhantes à microfácies m8, diferenciando desta pela ausência de ostracodes. Esta microfácies ocorre apenas numa unidade carbonática na

porção intermediária do poço 2 - JSN - 01 -PE (ver Fig. 44), associada à microfácies ritmitos argilo-carbonáticos com ostracodes (m1b).

3.1.5.10 – Microfácies margas finamente laminadas (m10)

A microfácies m10 é caracterizada por margas finamente laminadas (Fig. 59), de coloração cinza com porções amarronzadas, com laminações plano-paralelas e plano-onduladas. Esta microfácies foi identificada apenas na unidade carbonática mais superior do poço 2 - JSN - 01 - PE, onde são freqüentes as interdigitações de carbonatos com folhelhos da AFTL (ver Fig. 44).



Figura 59 – Margas finamente laminadas da microfácies m10 (13,50m).

3.1.5.11 – Microfácies calcários bioclásticos (m11)

Esta microfácies é caracterizada por um calcirrudito constituído por bivalves, ostracodes, calcisferas e vários outros organismos (Fig. 60, 61 e 62), numa matriz esparítica, apresentando muita calcita recristalizada, muitas vezes preenchendo as carapaças desses organismos (Fig. 63). Possui características de um calcário coquinóide.

As características petrográficas de todas essas microfácies serão discutidas na seção relativa à petrografia dos carbonatos.



Figura 60 – Vista frontal do calcário bioclástico da microfácies m11 (Formação Romualdo).

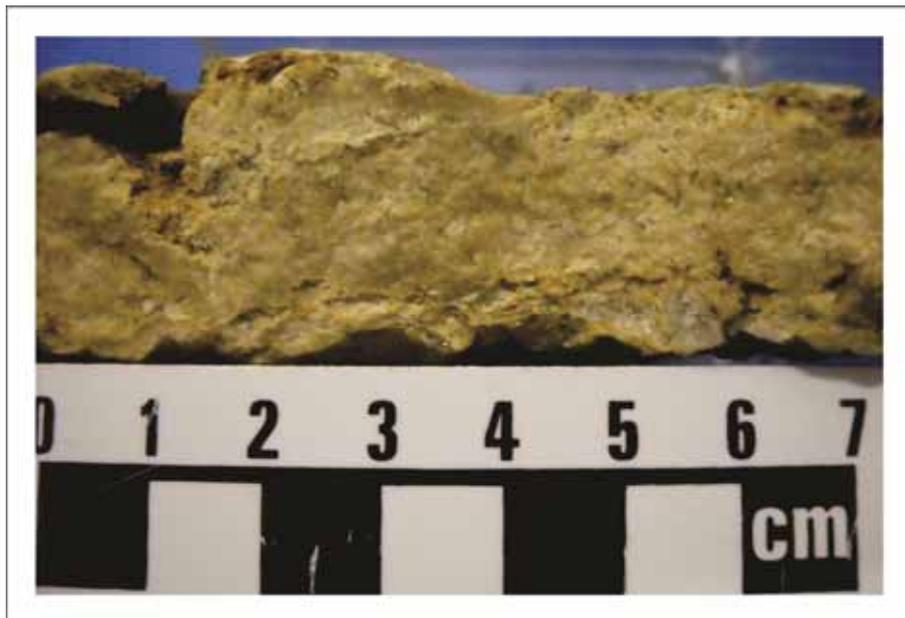


Figura 61 – Vista lateral do calcário bioclástico da microfácies m11 (Formação Romualdo).

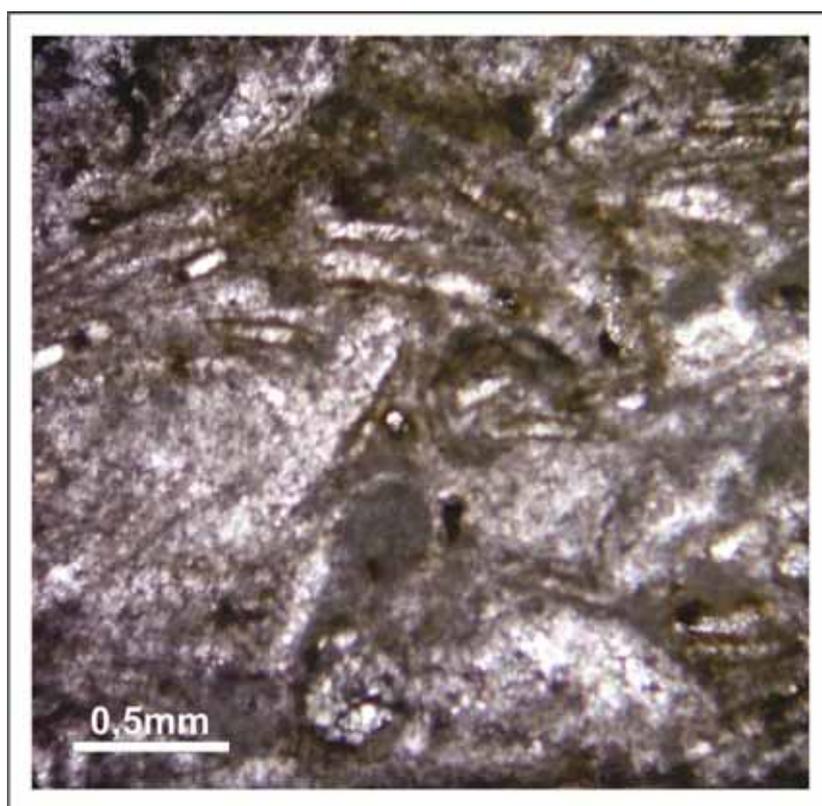


Figura 62 – Fotomicrografia (JSP-04) do calcário bioclástico da microfácies m11, mostrando carapaças preenchidas por calcita recristalizada (NX).

3.1.6 – Unidades Carbonáticas

O conjunto de informações obtidas com o estudo do poço estratigráfico 2 - JSN -1 – PE e as observações de campo, permitiram a individualização de sete unidades carbonáticas, das quais seis caracterizam os carbonatos da Formação Crato e uma a Formação Romualdo.

Estas unidades carbonáticas possuem espessuras variáveis e são constituídas essencialmente por calcários micríticos laminados, associados à ritmitos argilo-carbonáticos nas unidades basais e a folhelhos, da associação de fácies terrígena lacustre (AFTL), nas unidades superiores (Fig. 63)

3.1.6.1 – Unidade Carbonática 1 (UC1)

A unidade carbonática UC1 possui 4,44 metros de espessura e representa o primeiro registro carbonático da sequência lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá, na área estudada.

A base desta unidade está constituída por 0,80m de um calcário laminado peletoidal com calcisferas e esteiras algálicas, apresentando processo de oxidação, da microfácies m3.

O restante da UC1 está constituído por 3,64 metros de ritmitos argilo-carbonáticos da microfácies m1a, onde predominam folhelhos com finas lâminas carbonáticas, contendo concreções carbonáticas, apresentando “pseudo-boudinages” e fluidificação (Fig. 64).

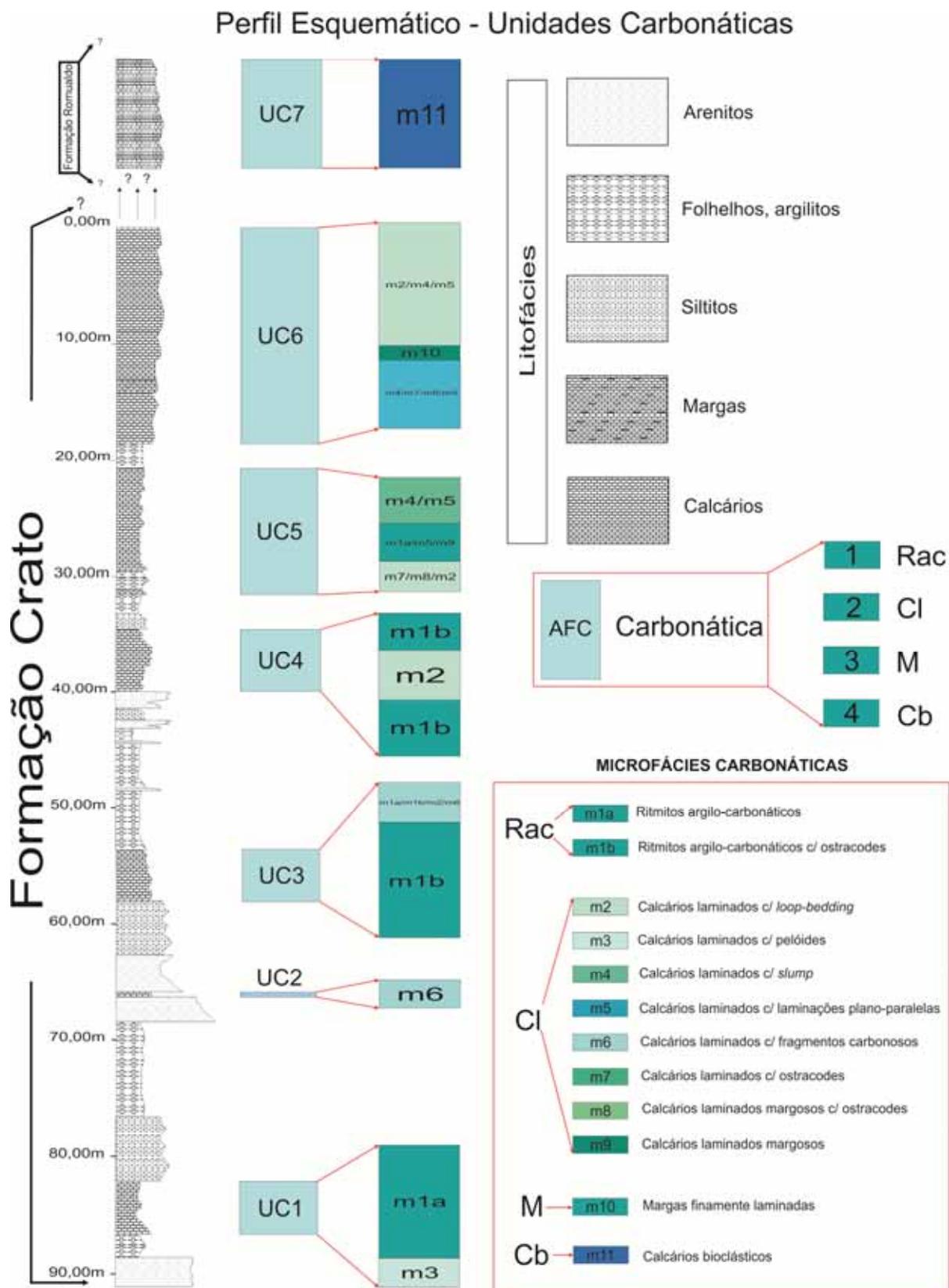


Figura 63 – Unidades Carbonáticas

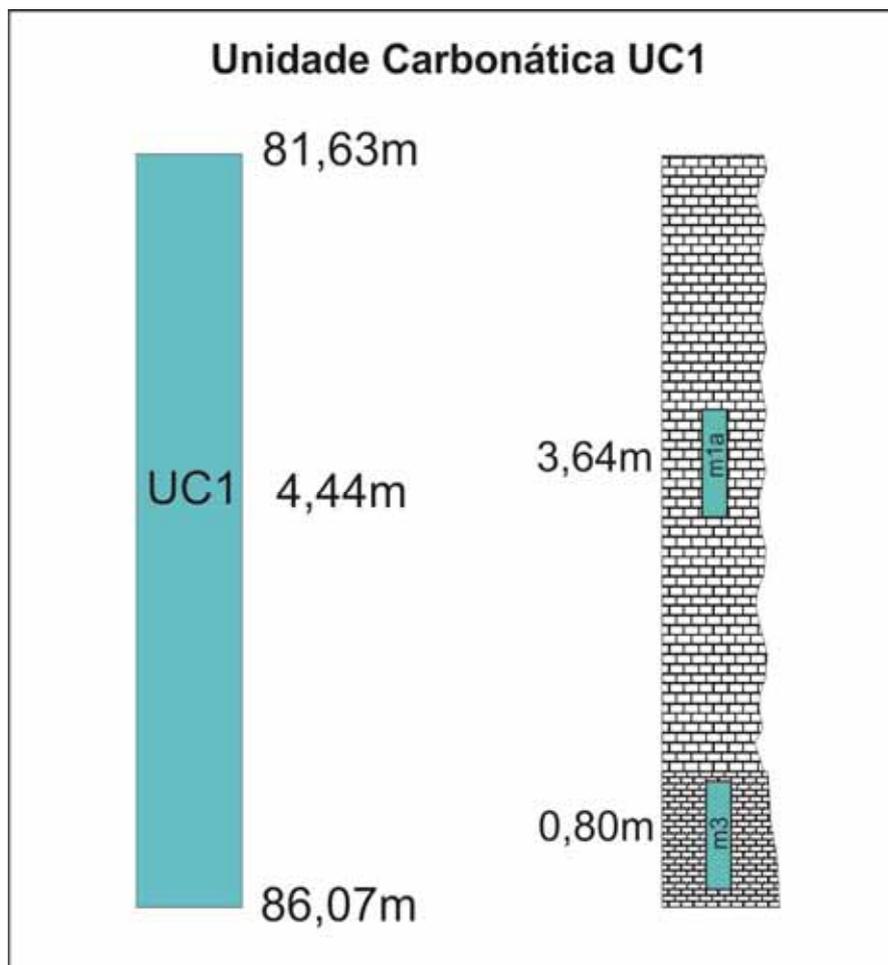


Figura 64 – Unidade Carbonática UC1

3.1.6.2 - Unidade Carbonática 2 (UC2)

Esta unidade apresenta pouca espessura (0,43m) e está constituída unicamente pela microfácies m6, caracterizada por calcários laminados cinza-claros, moderadamente litificados, com laminações plano-paralelas, apresentando clastos carbonosos e grande concentração de lamelas carbonosas, que emprestam à rocha um aspecto bandado. Na sua porção basal, é comum a presença de bioturbações.

3.1.6.3 - Unidade Carbonática 3 (UC3)

A maior parte desta unidade carbonática, que apresenta uma espessura total de 4,35 metros, está constituída por ritmitos argilo-carbonáticos com ostracodes, da microfácies m1b, na base e no terço médio, que se intercalam com calcários laminados das microfácies m2 e m6, na sua porção superior (Fig. 65).

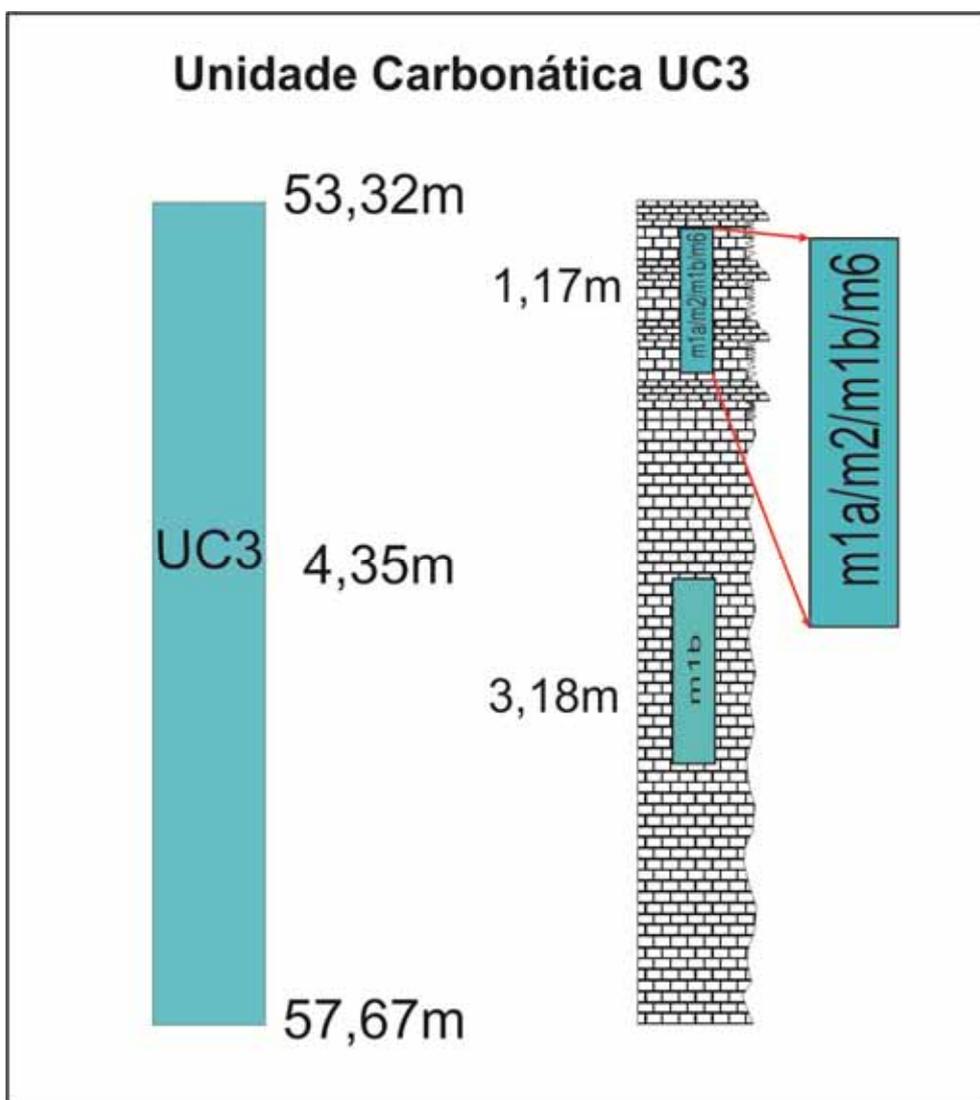


Figura 65 – Unidade Carbonática UC3

A microfácies m1b, com espessura de 3,18 metros, está caracterizada por folhelhos cinza a marrom escuro com finas lâminas carbonáticas distribuídas espaçadamente, apresentando, em seu terço médio, concreções carbonáticas milimétricas a centimétricas.

A porção superior desta unidade carbonática está constituída por intercalações pouco espessas das microfácies m1b, m2, m1a e m6, perfazendo um total de 1,17 metros de espessura. Os calcários laminados das microfácies m2 e m6 apresentam estratificações plano-paralelas e plano-onduladas, além de concreções carbonáticas, fragmentos carbonosos e estruturas do tipo *loop-bedding*.

3.1.6.4 - Unidade Carbonática 4 (UC4)

Apresenta uma espessura total de 5,32 metros, onde predominam folhelhos com interlaminacões carbonáticas, os chamados ritmitos argilo-carbonáticos, intercalados com calcários laminados.

A base desta unidade está constituída por 1,96 metros de ritmitos argilo-carbonáticos com ostracodes da microfácies m1b, apresentando freqüentes intercalações com níveis centimétricos de calcários laminados com *loop-bedding* e concreções carbonáticas de formas ovaladas e lenticulares.

Sua porção mediana está constituída por calcários laminados da microfácies m2, com 1,57 metros de espessura.

O topo desta unidade está ocupado pelos mesmos ritmitos argilo-carbonáticos (m1b) da base, com espessura em torno de 1,79 metros, onde se observa que as interlaminacões carbonáticas diminuem em direção ao topo (Fig.66).

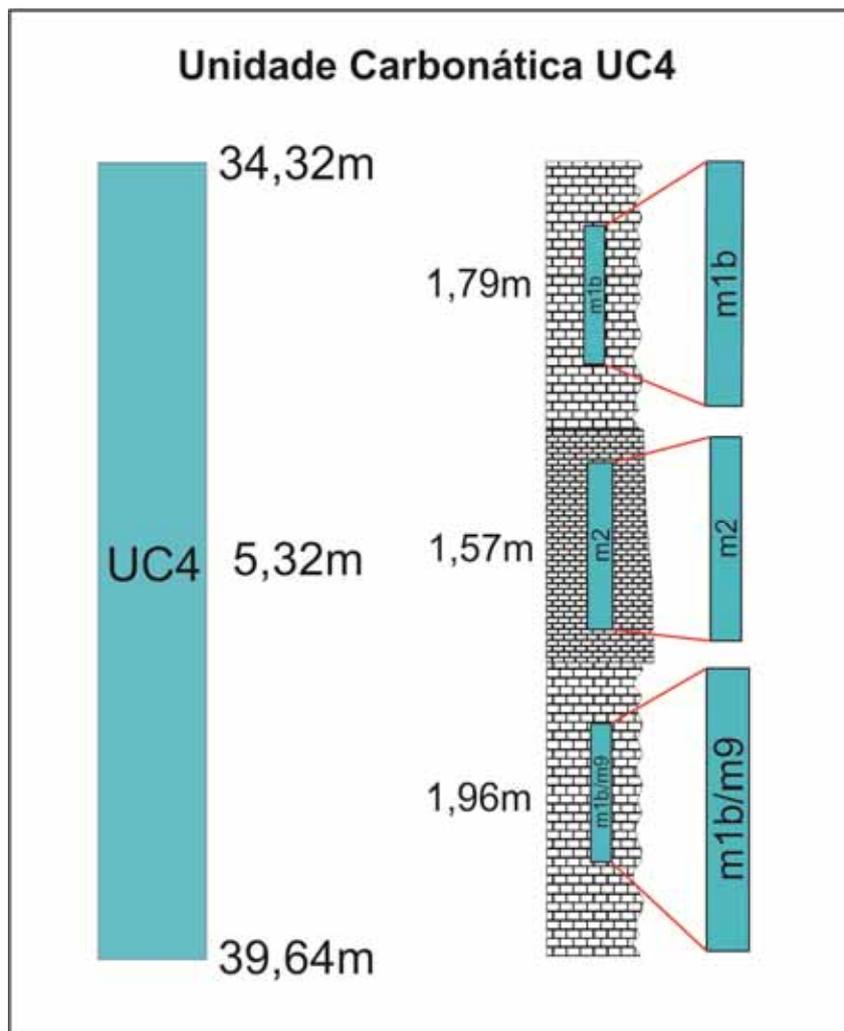


Figura 66 – Unidade Carbonática UC4

3.1.6.5 - Unidade Carbonática 5 (UC5)

Esta unidade carbonática apresenta uma espessura total de 10,75 metros e está caracterizada por intercalações de várias microfácies carbonáticas com folhelhos da associação de fácies terrígena lacustre (Fig. 67)

No terço inferior desta unidade, com 2,50 metros de espessura, predominam calcário laminados com ostracodes das microfácies m7, m8, calcários da microfácies m2, intercalados com ritmitos argilo-carbonáticos da microfácies m1b.

O seu terço médio, com 3,79 metros, está ocupado cerca de 80% por ritmitos argilo-carbonáticos da microfácies m1a, na base, capeados por calcários laminados da microfácies m5 e calcários laminados margosos da microfácies m9, com raros folhelhos.

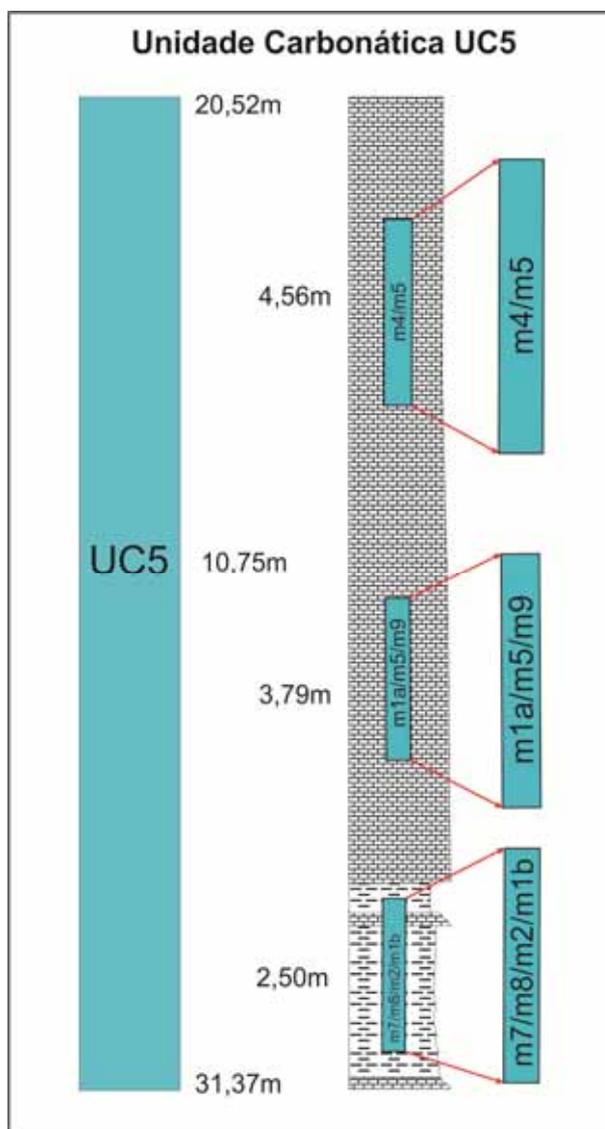


Figura 67 – Unidade Carbonática UC5

O terço superior, com 4,56 metros, está constituído essencialmente por calcários finamente laminados com estratificações plano-onduladas e estruturas de *slump*, da microfácies m4 e, subordinadamente, por calcários laminados da microfácies m5.

3.1.6.6 - Unidade Carbonática 6 (UC6)

Representa o pacote carbonático de maior expressão do furo 2-JSN-01-PE, com 18,45 metros de espessura e está constituída por cerca de seis microfácies carbonáticas, das onze individualizadas, intercaladas com folhelhos da AFTL.

A base dessa unidade apresenta 4,29 metros de espessura e está representada pela alternância de calcários laminados das microfácies m4, m5, m8 e m7, com níveis de folhelhos pouco espessos. Nesse intervalo destacam-se os calcários laminados com *slump*, da microfácies m4 e os calcários laminados com ostracodes, da microfácies m7.

Seu terço médio apresenta 1,95 metros de espessura e caracteriza-se pelas intercalações de calcários laminados das microfácies m2, m4 e m5, além de uma espessa camada (1,14m) de margas finamente laminadas, da microfácies m10.

O topo dessa unidade, com espessura de 12,21 metros, representa o intervalo carbonático de maior continuidade da Formação Crato na Bacia do Jatobá. Está caracterizado por calcários laminados com estruturas de *loop-bedding* e *slump* das microfácies m2, m4 e m5 (Fig.68).

3.1.6.7 - Unidade Carbonática 7 (UC7)

Finalizando as unidades carbonáticas, temos a UC7 caracterizada em afloramentos na Serra do Periquito, constituída por calcários maciços bioclásticos, com conteúdo fossilífero bastante diversificado. A ausência de bons afloramentos e a baixa qualidade dos poucos existentes, dificultaram uma melhor caracterização dessa microfácies. Alguns detalhes desses calcários serão discutidos na próxima seção.

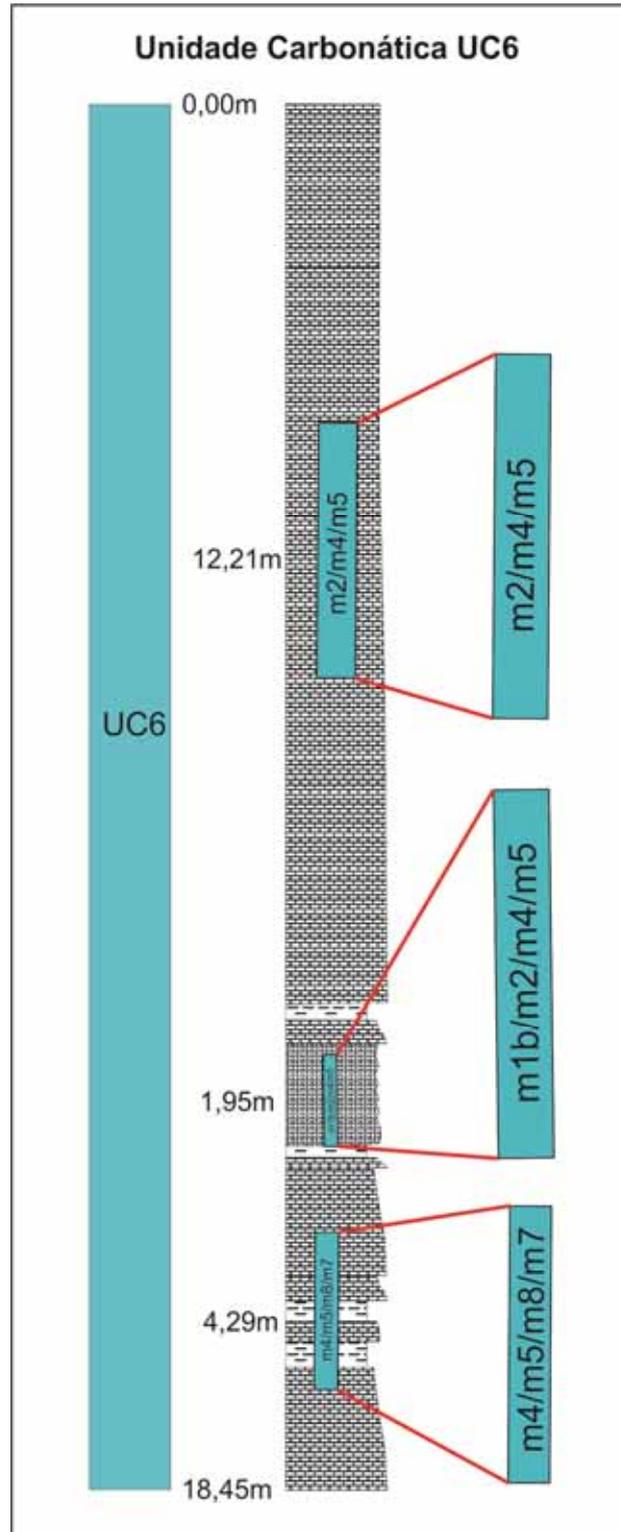


Figura 68 – Unidade Carbonática UC6

3.1.7 – Petrografia dos carbonatos

O estudo petrográfico dos carbonatos foi realizado através da análise de trinta e uma lâminas delgadas, sendo vinte em amostras do furo 2-JSN-01-PE e onze de afloramentos das serras Negra e do Periquito (Fig. 69). Este conjunto de informações se constituiu numa ferramenta extremamente importante na caracterização das microfácies carbonáticas (Quadro III).

3.1.7.1 – Microfácies ritmitos argilo-carbonáticos com ostracodes (m1b)

A microfácies ritmitos argilo-carbonáticos com ostracodes (m1b) foi observada apenas em uma lâmina, cuja característica principal é a alternância de bandas carbonáticas com folhelhos com matéria orgânica, cujas principais características petrográficas, estão apresentadas na Prancha I.

Observou-se que a frequência das intercalações pelíticas aumenta em direção ao topo da amostra, com a base sendo composta, essencialmente, por bandas micríticas. Parte das lâminas de folhelhos apresenta matéria orgânica oxidada, por vezes, piritizadas.

Foram observados alguns fragmentos de bioclastos, ao longo das lâminas argilosas, que possuem características de valvas desarticuladas de ostracodes deformados (Prancha I – Fotomicrografia 5), além de grãos de calcita recristalizada.

Estruturas de *loop-bedding* (Prancha I – Fotomicrografia 3) e micro-escorregamentos (Prancha I – Fotomicrografia 7) são freqüentes. Algumas amostras apresentam característica de estruturas de sobrecarga ou fluidificação (Prancha I – Fotomicrografia 4). É comum a porosidade em fraturas.

Perfil Esquemático - Análises Petrográficas

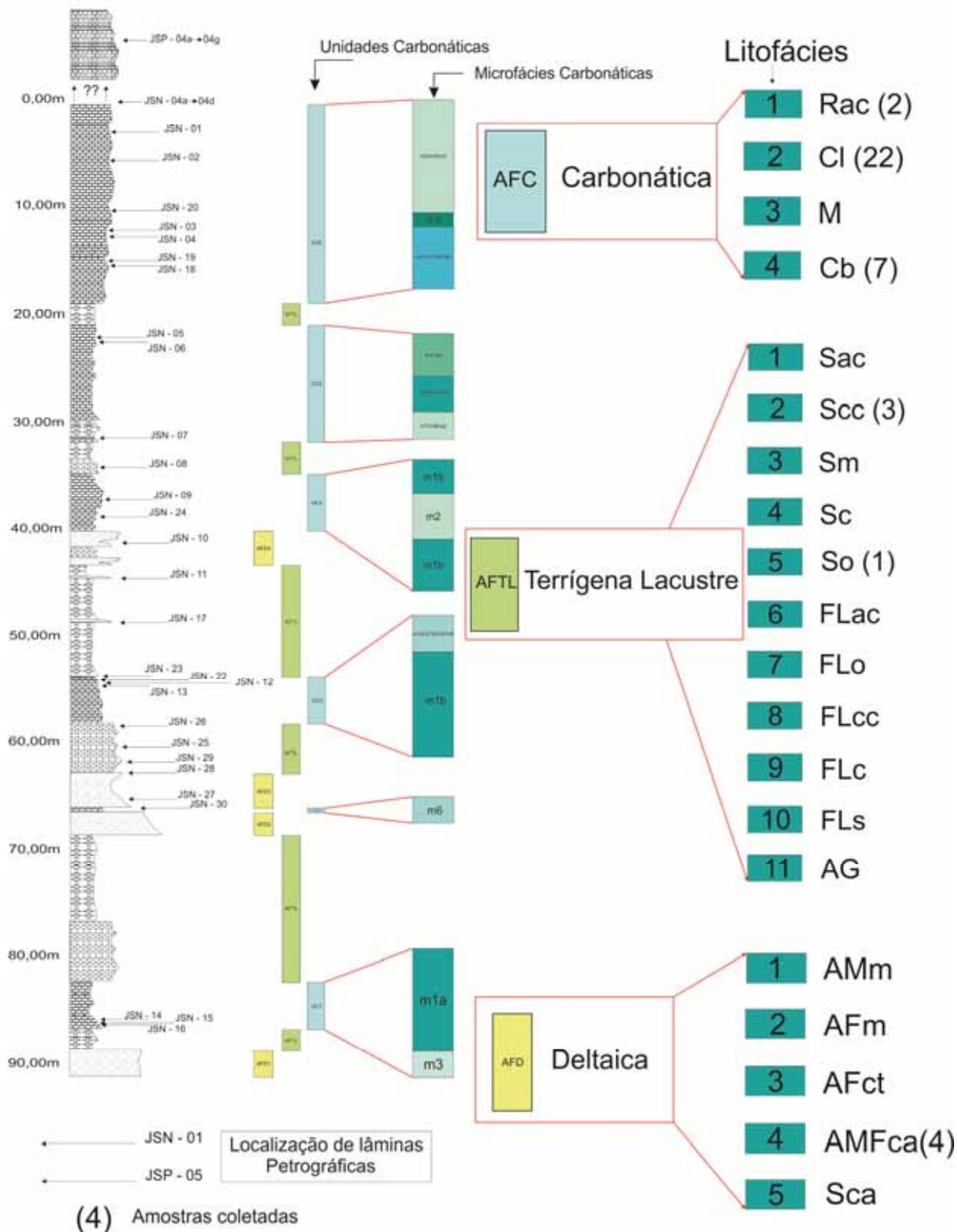


Figura 69 – Análises Petrográficas

QUADRO III – Relação das lâminas petrográficas das microfácies carbonáticas

LÂMINA	PROF.(m)	CAIXA	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA	MICROFÁCIES
JSN - 01 - 2010	2,62	01	CALCÁRIO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	CALCILUTITO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	m2
JSN - 02 - 2010	5,30	01	CALCÁRIO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	CALCILUTITO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	m2
JSN - 03 - 2010	11,69	02	CALCÁRIO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	CALCILUTITO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	m2
JSN - 04 - 2010	12,28	02	CALCÁRIO LAMINADO C/ "SLUMPS"	CALCILUTITO LAMINADO C/ "SLUMPS"	m4
JSN - 05 - 2010	21,75	03	CALCÁRIO LAMINADO C/ "SLUMPS"	CALCILUTITO LAMINADO C/ "SLUMPS"	m4
JSN - 06 - 2010	22,13	04	CALCÁRIO LAMINADO	CALCILUTITO LAMINADO	m5
JSN - 07 - 2010	30,67	05	CAL. LAMINADO C/ CONC. CALCÍTIAS	CALCILUTITO LAMINADO C/ "SLUMPS"	m4
JSN - 09 - 2010	36,86	06	CALCÁRIO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	CALCILUTITO LAMINADO	m5
JSN - 12 - 2010	53,98	10	CALCÁRIO LAMINADO MARGOSO	CALCILUTITO LAMINADO ARGILOSO	m4
JSN - 13 - 2010	54,26	10	CALCÁRIO LAMINADO MARGOSO?	CALCILUTITO LAMINADO C/ "SLUMPS"	m4
JSN - 14 - 2010	85,30	17	CALCÁRIO PELETÓIDAL	PELMICRITO C/ CALCISFERAS	m3
JSN - 15 - 2010	85,63	17	CALCÁRIO PELETÓIDAL	PELMICRITO C/ CALCISFERAS	m3
JSN - 16 - 2010	85,83	17	CALCÁRIO FINAMENTE LAMINADO	CALCILUTITO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	m2
JSN - 18 - 2010	15,00	02	CALCÁRIO LAMINADO MARGOSO	CALCILUTITO MARGOSO C/ SILIC. E OSTRAC.	m7
JSN - 19 - 2010	14,53	02	CALCÁRIO LAMINADO C/ SILICLÁSTICOS	CALCÁRIO LAMINADO C/ SILICLÁSTICOS	m7
JSN - 20 - 2010	9,97	01	CALCÁRIO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	CALCILUTITO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	m2
JSN - 22 - 2010	53,68	10	CALCÁRIO LAMINADO C/ FRAG. CARBONOSOS	CALCILUTITO LAMINADO	m6
JSN - 23 - 2010	53,34	10	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
JSN - 24 - 2010	38,46	07	CALCÁRIO LAMINADO C/ CONC. CARBONÁTICAS	CALCILUTITO LAMINADO C/ "SLUMPS"	m4
JSN - 30 - 2010	65,64	13	CALCÁRIO LAMINADO C/ FORTE DIAGÊNESE	CALCILUTITO C/ SILICLÁSTICOS	m6
JSN - 04a	Afloramento		CALCÁRIO FINAMENTE LAMINADO	CALCILUTITO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	m2
JSN - 04b	Afloramento		CALCÁRIO FINAMENTE LAMINADO	CALCILUTITO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	m2
JSN - 04c	Afloramento		CALCÁRIO FINAMENTE LAMINADO	CALCILUTITO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	m2
JSN - 04d	Afloramento		CALCÁRIO FINAMENTE LAMINADO	CALCILUTITO LAMINADO C/ "LOOP BEDDING"	m2
JSP - 04a	Afloramento		CALCÁRIO MACIÇO FOSSILÍFERO	CALCIRRUDITO BIOCLÁSTICO	m11
JSP - 04b	Afloramento		CALCÁRIO MACIÇO FOSSILÍFERO	CALCIRRUDITO BIOCLÁSTICO	m11
JSP - 04c	Afloramento		CALCÁRIO MACIÇO FOSSILÍFERO	CALCIRRUDITO BIOCLÁSTICO	m11
JSP - 04d	Afloramento		CALCÁRIO MACIÇO FOSSILÍFERO	CALCIRRUDITO BIOCLÁSTICO	m11
JSP - 04e	Afloramento		CALCÁRIO MACIÇO FOSSILÍFERO	CALCIRRUDITO BIOCLÁSTICO	m11
JSP - 04f	Afloramento		CALCÁRIO MACIÇO FOSSILÍFERO	CALCIRRUDITO BIOCLÁSTICO	m11
JSP - 04g	Afloramento		CALCÁRIO MACIÇO FOSSILÍFERO	CALCIRRUDITO BIOCLÁSTICO	m11

3.1.7.2 – Microfácies calcários laminados com *loop-bedding* (m2)

A microfácies calcários laminados com *loop-bedding* (m2) foi identificada em nove lâminas e está representada por calcilutitos laminados, cujas principais características são grãos não esqueléticos de pirita framboidal, concreções calcíticas, por vezes oxidadas, calcita recristalizada, imersos numa matriz micrítica com cimento espático.

Como estruturas internas, apresenta laminações plano-paralelas e onduladas, além de *loop-bedding* (Fig. 70) e mais raramente, micro-*slumps*, microfalhas e fraturas, frequentemente, preenchidas por calcita recristalizada.

Esses calcários apresentam bandas milimétricas claras de coloração bege alternadas com bandas escuras, constituídas por calcita e pirita framboidal oxidada (Fig. 71).

PRANCHA I

1 – Bandas carbonáticas alternadas com folhelhos, da microfácies m1b (NX).

2 – Detalhe dos ritmitos argilo-carbonáticos da microfácies m1b (NX).

3 – Estrutura *loop-bedding* em ritmitos da microfácies m1b (LP).

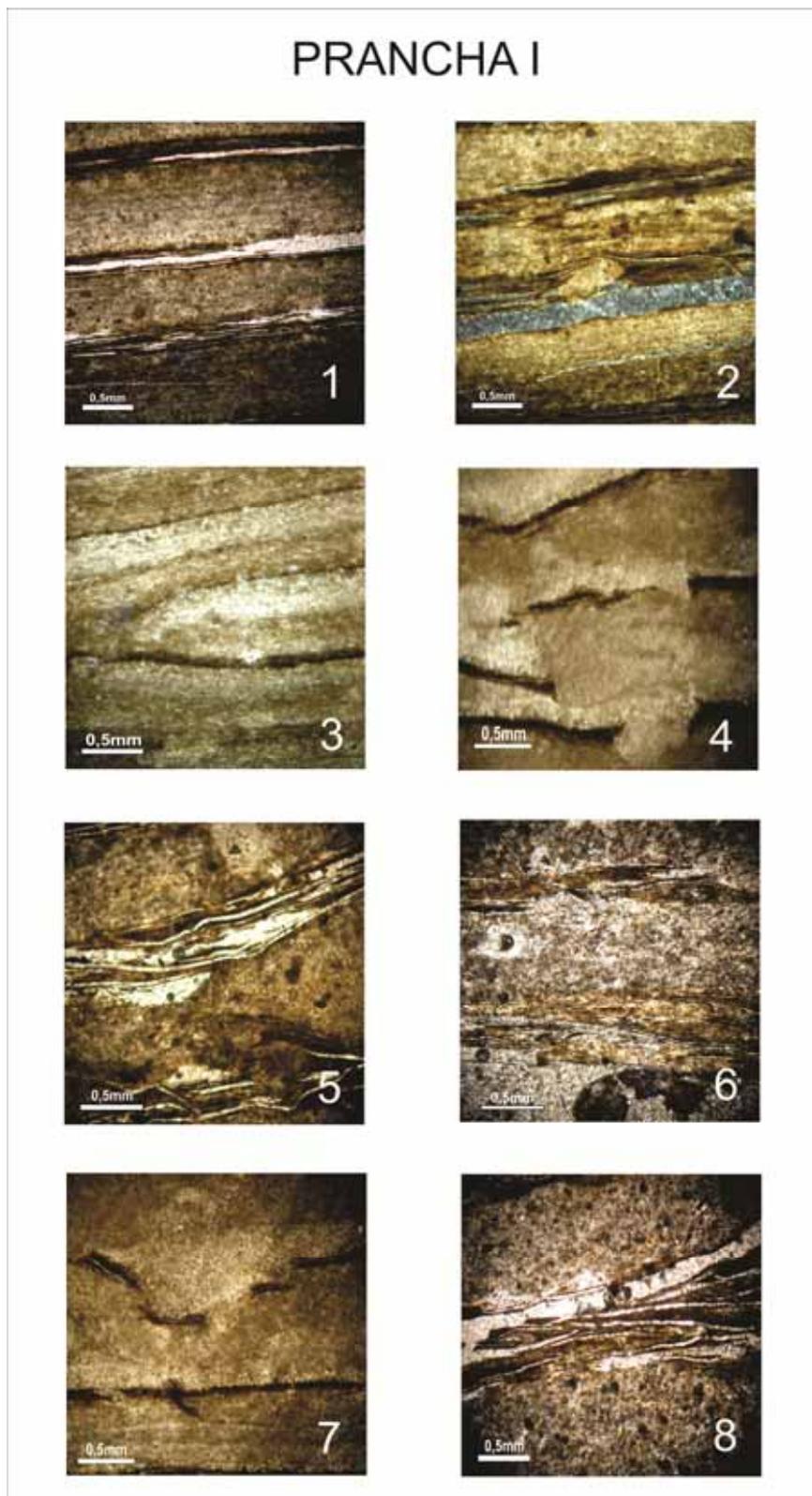
4 – Estruturas de escorregamento associadas à microfalhas, em ritmitos da microfácies m1b (LP).

5 – Fragmentos de valvas de ostracodes, em ritmitos da microfácies m1b (NX).

6 – Nível predominantemente carbonático com finas lentes pelíticas, da microfácies m1b (NX).

7 – Micro-escorregamentos em ritmitos da microfácies m1b (LP).

8 – Calcita recristalizada preenchendo fraturas em carbonato da microfácies m1b (NX).



Prancha I – Fotomicrografias dos ritmitos argilo-carbonáticos da microfácies m1b (JSN-23).

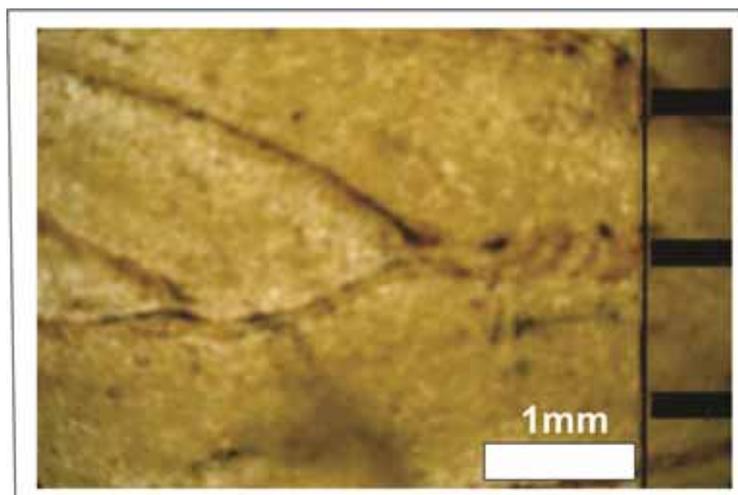


Figura 70 – Fotomicrografia JSN-04^a) mostrando terminação da estrutura *loop-bedding*, em calcários da microfácies m2 (NX).

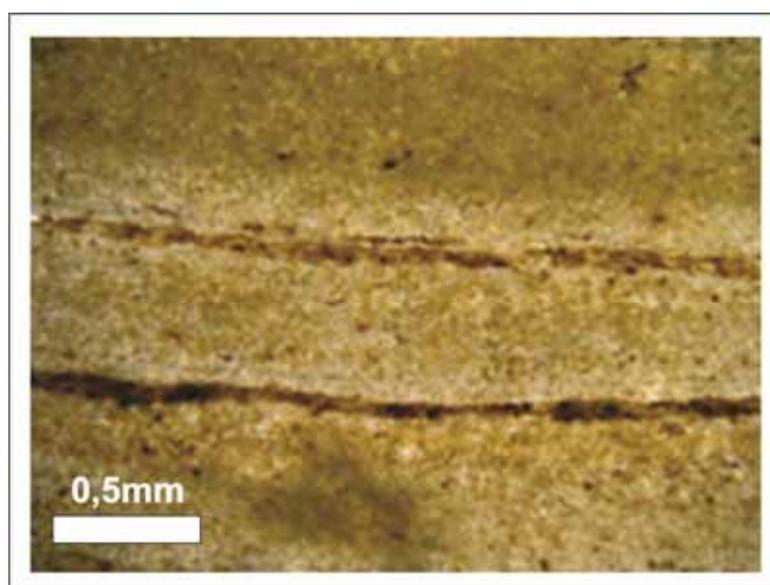


Figura 71 – Fotomicrografia (JSN-04b) mostrando bandas claras e escuras, em calcários da microfácies m2 (NX).

O tipo de porosidade mais comum é a vulgar, embora algumas amostras apresentem a porosidade em fraturas e do tipo fenestral.

De acordo com suas características petrográficas, esses calcários laminados foram classificados como *dismicritos* (Folk, 1959) e *mudstones*, com pequenas variações para *packstones* (Dunham, 1962).

3.1.7.3 – Microfácies calcários laminados com pelóides (m3)

A microfácies calcários laminados com pelóides (m3) foi caracterizada petrograficamente em duas lâminas delgadas, com características bastante peculiares, dentro do intervalo carbonático da Formação Crato.

Basicamente, é formada por pelóides milimétricos constituídos por calcisferas, de forma dominante, permeados por esteiras algálicas (Fig. 72), distribuídos numa matriz micrítica com cimento calcítico, compondo um arcabouço complexo, cujas características podem ser observadas na Prancha II. Também são comuns pelóides micríticos e grãos de pirita framboidal, por vezes oxidadas, além de calcita recristalizada.

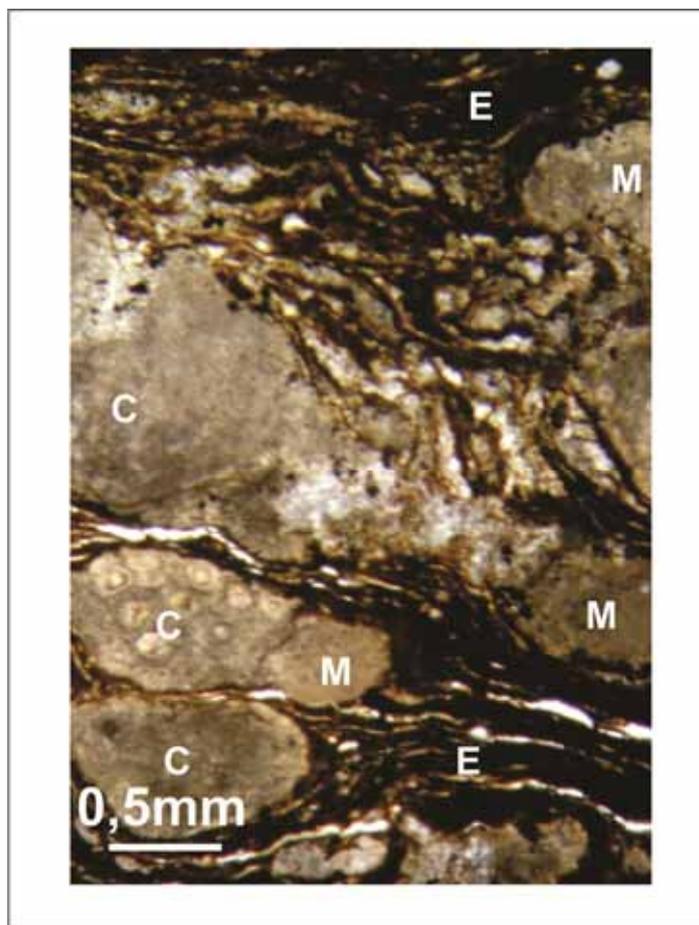


Figura 72 – Fotomicrografia (JSN-15) mostrando pelóides constituídos por calcisferas (C) e micrita (M), permeados por esteiras algálicas (E) em calcários da microfácies m3 (NX).

Grande parte das esteiras algálicas apresenta processo de oxidação avançado (Prancha II – Fotomicrografia 1), como também alguns níveis de concentrações de pirita framboidal (Prancha II – Fotomicrografia 8).

A grande maioria dos pelóides possui forma ovalada (Prancha II – Fotomicrografias 1 e 2), geralmente deformada, às vezes apresenta forma sigmoideal falhada (Fig 73), e se distribui concordantemente com a laminação dominante. Em algumas porções das lâminas delgadas, foram observadas concentrações de pelóides deformados amalgamados, formando bandas delgadas associadas às esteiras algálicas (Prancha II – Fotomicrografias 3 e 6)

Observou-se que alguns pelóides, encontram-se parcialmente preenchidos por calcita recristalizada (Prancha II – Fotomicrografia 5), como também o núcleo de algumas calcisferas.

As fotomicrografias da Prancha III mostram microfalha deslocando fraturas preenchidas por calcita espática (A, B e C), além de detalhes de pelóides e esteiras algálicas substituídas por óxido de ferro (C, D e E).

Esses calcilutitos peletoidais podem ser classificados como pelmicritos (Folk, 1959) e *packstones* (Dunham, 1962).

3.1.7.4 – Microfácies calcários laminados com *slump* (m4)

A microfácies calcários laminados com *slump* (m4) foi caracterizada pelo estudo petrográfico de seis lâminas delgadas. Destacam-se um bandamento milimétrico de cores bege e marrom, concreções carbonáticas, pirita framboidal, calcita recristalizada, além de raros fragmentos de conchas, dispersos numa matriz micrítica. Esses fragmentos de conchas observados, geralmente encontram-se nas porções internas de concreções carbonáticas de formas ovaladas, às vezes deformadas (Fig. 74).

PRANCHA II

1 – Esteiras algáticas oxidadas (E), permeando pelóides constituídos por micrita (M) e calcisferas (C), de formas e tamanhos variados (NX).

2 – Detalhe de parte dos pelóides da foto 1(NX).

3 – Pelóides de calcisferas (C) estirados e amalgamados, formando bandas junto às esteiras algáticas (LP).

4 – Detalhes de pelóide constituído por calcisferas (LP).

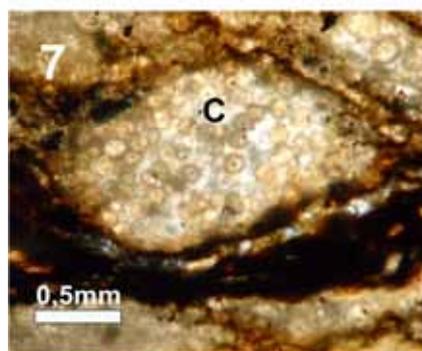
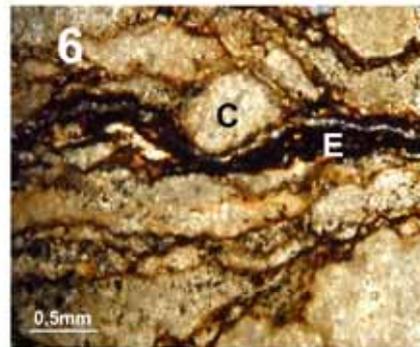
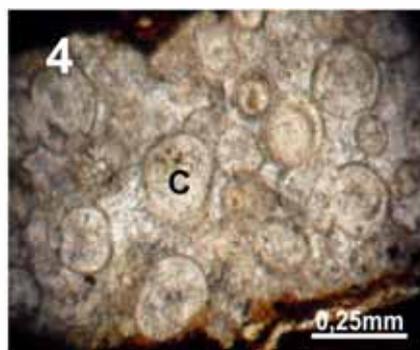
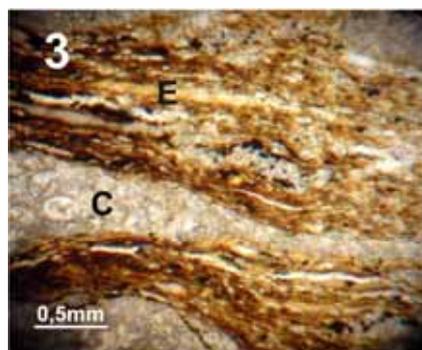
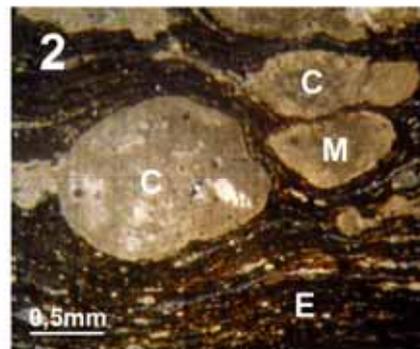
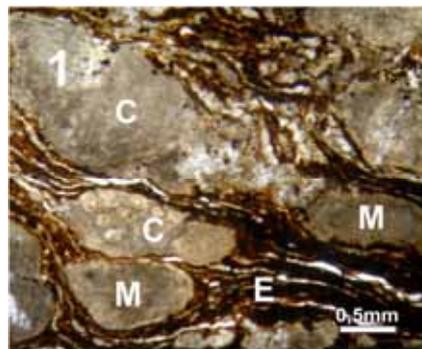
5 – Pelóide substituído, em parte, por calcita recristalizada (NX).

6 – Concentrações de pelóides deformados, formando bandas (NX).

7 – Detalhes de pelóide constituído por calcisferas (C) deformado (NX).

8 – Nível constituído por piratas framboidais oxidadas (P), intercalado em bandas peletoidais (LP).

PRANCHA II



Prancha II – Fotomicrografias dos calcários peletoidais da microfácies m3 (JSN-15).

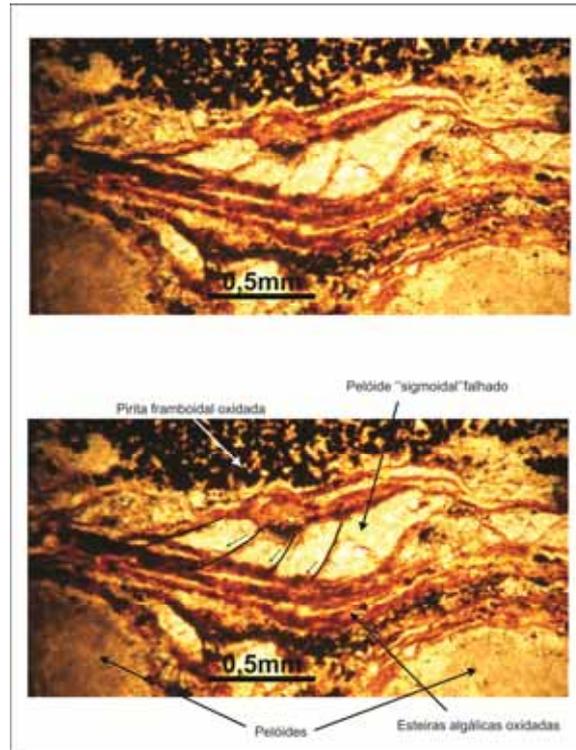
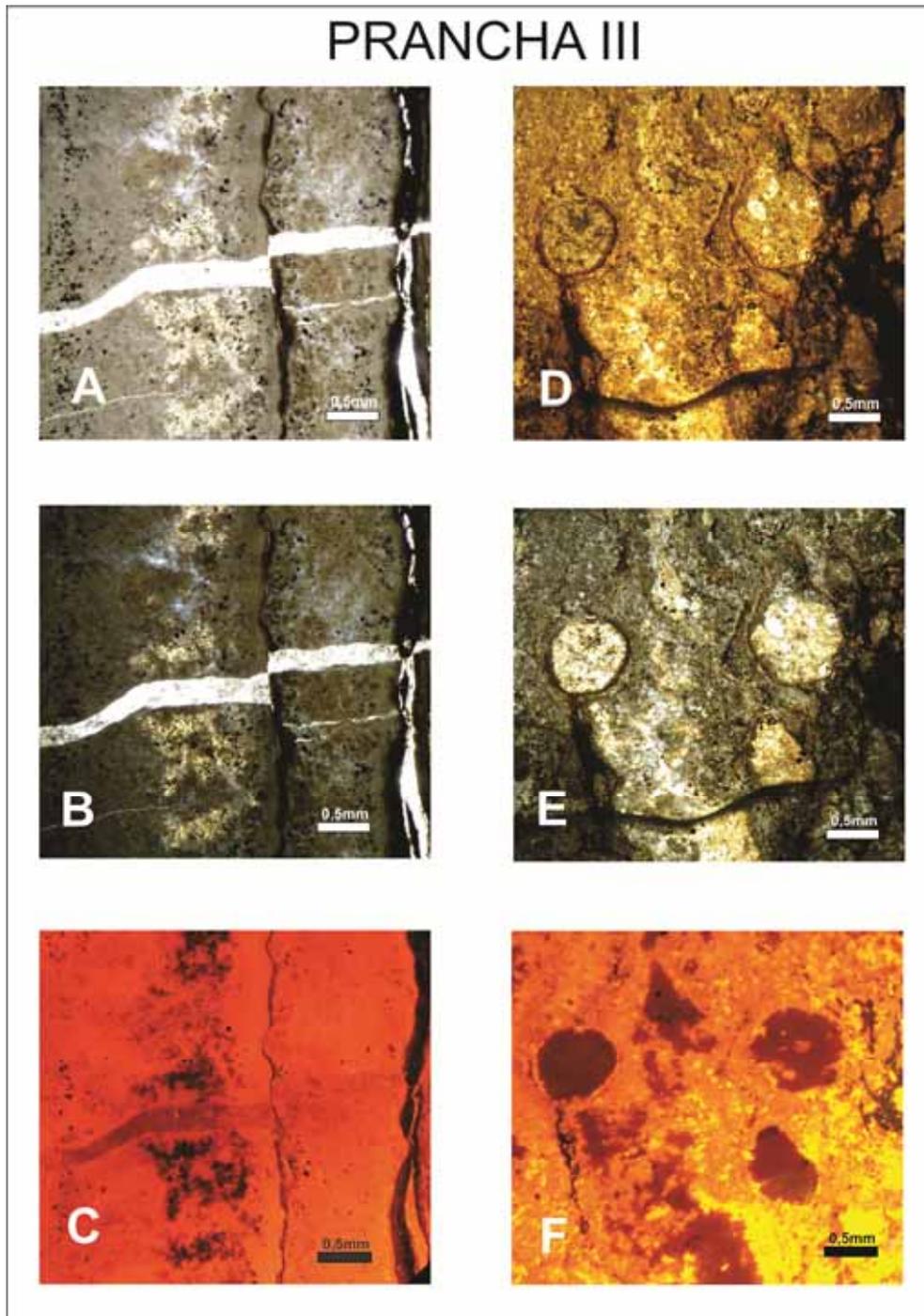


Figura 73 – Fotomicrografia (JSN-15) mostrando pelóide deformado e falhado, em calcários da microfácies m3 (NX).

O tipo de porosidade observada mais comum é a vugular (Prancha IV – Foto 2), seguido pelo tipo em fratura e fenestral.

Além do bandamento e das estruturas de escorregamento (*slump*), que caracterizam essa microfácies (Prancha IV – Fotos 3, 4 e 5), as laminações plano-paralelas e onduladas, as estruturas tipo *loop-bedding* (Fig. 75), fraturas e microfalhas, são estruturas internas importantes. A Prancha V mostra detalhes de estruturas de escorregamento e microfalhas, dessa microfácies.

Esses calcilutitos podem ser classificados como dismicritos/micritos (Folk, 1959) e *mudstones/wackstones* (Dunham, 1962).



Prancha III – Fotomicrografias (JSN-14) dos calcários peletoidais da microfácies m3. A amostra do topo (A,B e C) apresenta uma microfalha deslocando a fratura preenchida por calcita espática. A da base (D, E e F), mostra pelóides circundados por esteiras algálicas, parcialmente substituídas por óxido de ferro (partes menos luminescentes na CL). A e D – Luz paralela (LP), B e E – Nicóis cruzados (NX) e C e F – Catodoluminescência (CL).

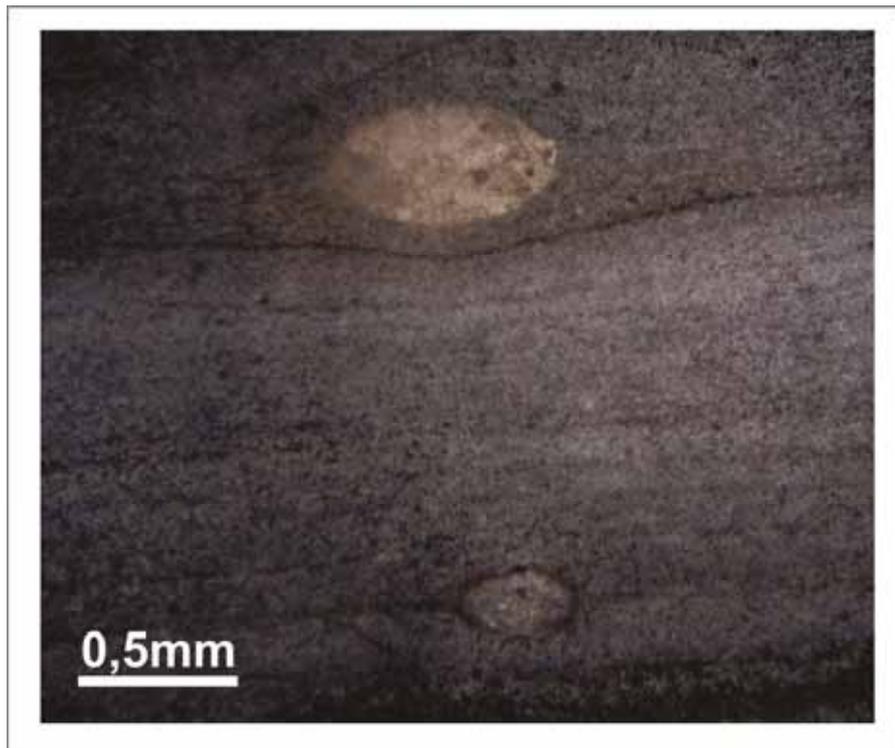


Figura 74 – Fotomicrografia (JSN-07) mostrando concreções carbonáticas de formas ovaladas, em calcários da microfácies m4 (NX).



Figura 75 – Fotomicrografia (JSN-07) mostrando estrutura *loop-bedding*, em calcários da microfácies m4 (NX).

3.1.7.5 – Microfácies calcários laminados com laminações plano-paralelas (m5)

A microfácies calcários laminados com laminações plano-paralelas e onduladas (m5), observada em duas lâminas petrográficas, mostrou como característica principal a alternância de bandas milimétricas de coloração bege e marron claro, que definem as laminações plano-paralelas. Nas bandas escuras, observa-se um processo de oxidação bastante avançado, muitas vezes obliterando as estruturas internas da rocha.

Na matriz micrítica, destacam-se grãos de pirita framboidal oxidados (Fig. 76) e calcita recristalizada, além de porosidade do tipo fenestral e em fraturas.

Esses calcilutitos podem ser classificados como dismicritos/micritos oxidados (Folk, 1959) e *mudstones* (Dunham, 1962).

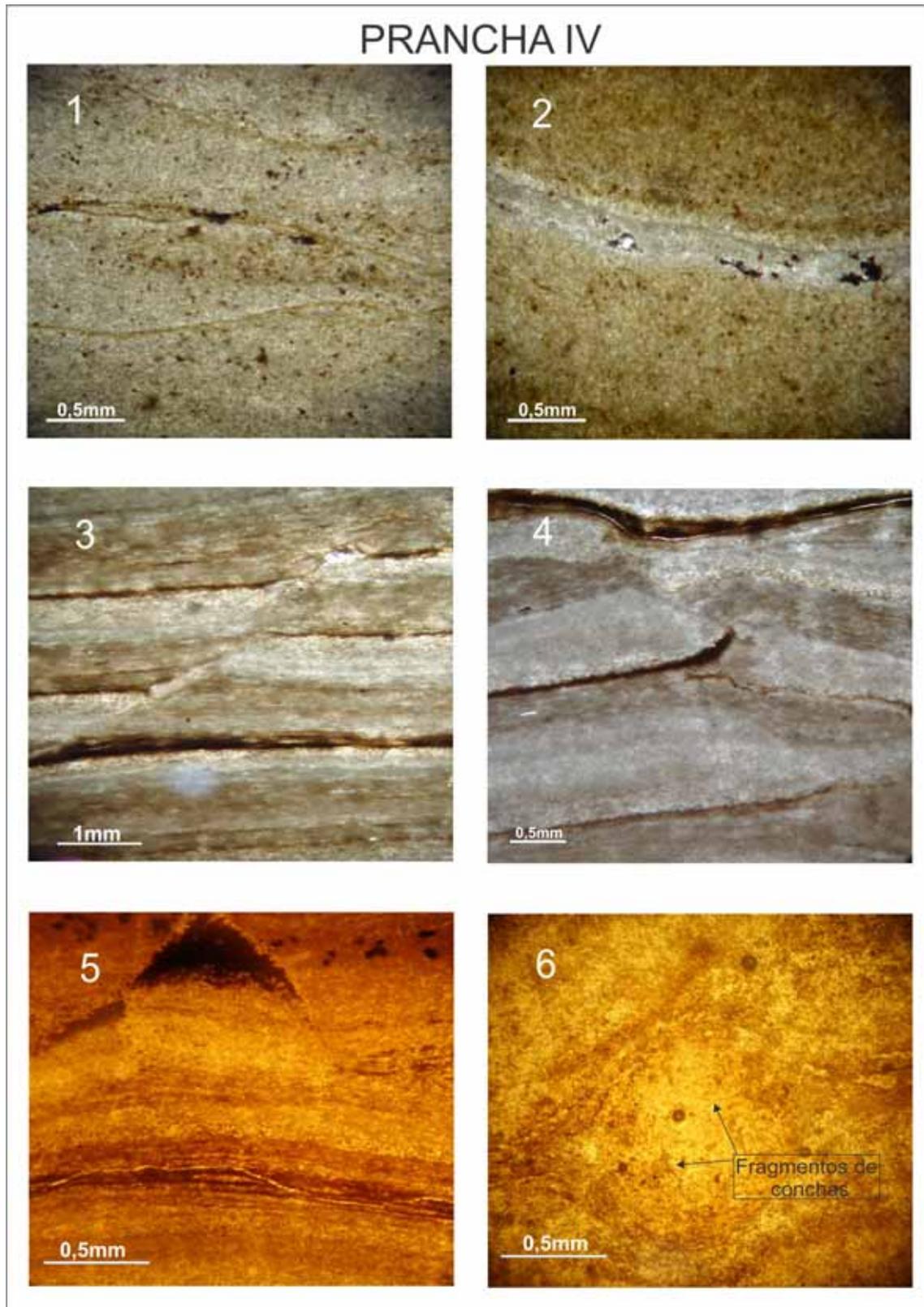
3.1.7.6 – Microfácies calcários laminados com fragmentos carbonosos (m6)

Os calcários laminados com fragmentos carbonosos da microfácies m6, caracterizado pelo estudo petrográfico de duas lâminas delgadas, apresentam um arcabouço constituído por grãos de pirita framboidal oxidados, intraclastos carbonosos, lamelas argilosas com porções oxidadas, grãos de quartzo e lamelas micáceas, distribuídos numa matriz micrítica.

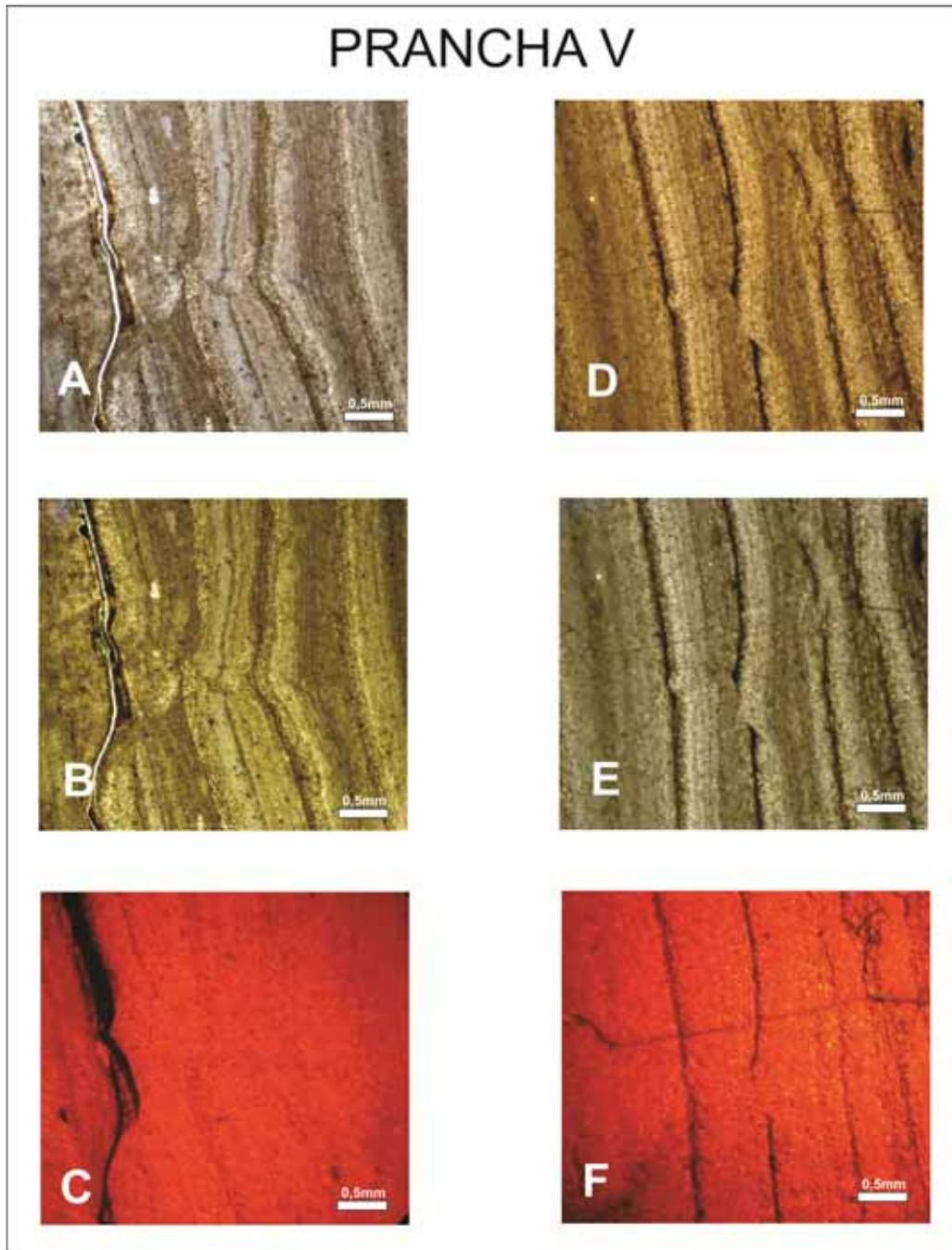
Nesses calcilutitos dominam laminações plano-paralelas, associadas a raras laminações onduladas, *micro-slumps* e *loop-bedding*.

PRANCHA IV

- 1 – Estrutura tipo *loop-bedding* em calcilutitos (JSN-04) da microfácies m4 (LP).
- 2 – Porosidade em fraturas (JSN-04) preenchidas por calcita espática (NX).
- 3 – Estrutura de escorregamento (JSN-13), associada à microfalha (LP).
- 4 – Detalhes de estrutura de escorregamento (JSN-13) em calcilutitos m4 (LP).
- 5 – Microfalha (JSN-24) em calcilutitos m4 (NX).
- 6 – Concreção calcítica deformada (JSN-24), contendo fragmentos de conchas (NX).



Prancha IV – Fotomicrografias da microfácies m4



Prancha V – Fotomicrografias (JSN-12) dos calcários laminados da microfácies m4, mostrando estruturas de escorregamentos e microfalhas. A e D – Luz paralela (LP), B e E – Nicóis cruzados (NX) e C e F – Catodoluminescência (CL).

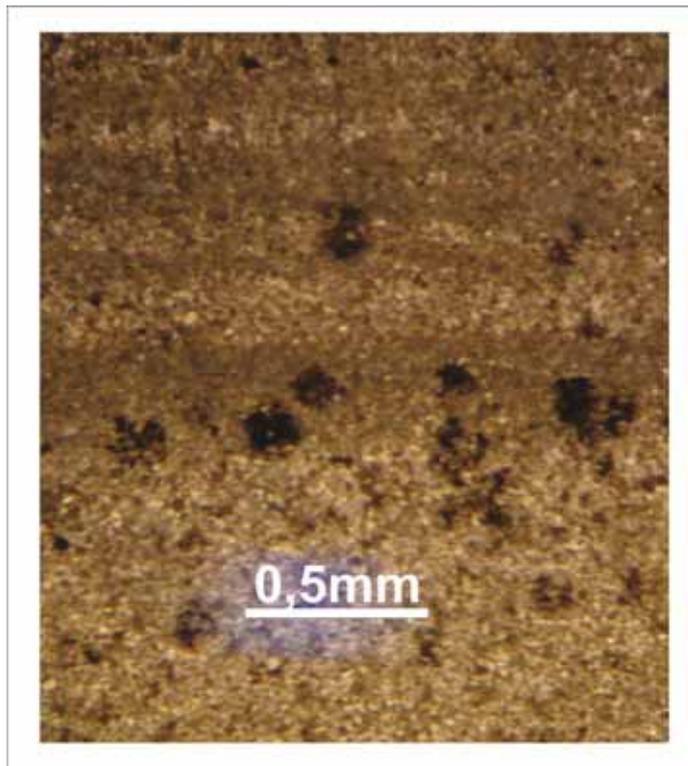


Figura 76 – Fotomicrografia (JSN-06) mostrando pirita framboidal oxidada em calcários da microfácies m5 (NX).

Trata-se de um calcilutito com siliciclásticos, que pode ser classificado como micrito com siliciclásticos (Folk, 1959) e *wackstone* (Dunham, 1962).

3.1.7.7 – Microfácies calcários laminados com ostracodes (m7)

A exemplo da microfácies m6, os calcários laminados da microfácies m7 também foram estudados em duas lâminas delgadas, cuja característica principal é a presença de ostracodes associados à siliciclásticos, que juntamente com a microfácies m8, representam as únicas microfácies carbonáticas com conteúdo ostracoidal.

Os grãos não esqueletais mais comuns encontrados são quartzo, pirita framboidal, calcita recristalizada, micas, lamelas argilosas, dispersos numa matriz micrítica, por vezes argilosa, com algum cimento espático.

O tipo de porosidade mais comum é o fenestral, seguido pelo tipo vugular e em fraturas.

Como estruturas internas, destacam-se micro-laminações onduladas, *micro-slumps* e fraturas preenchidas por calcita espática.

Portanto, esses calcilutitos com siliciclásticos podem ser classificados como micritos fossilíferos com siliciclásticos (Folk, 1959) e *wackstones* com siliciclásticos (Dunham, 1962).

3.1.7.8 – Microfácies calcários bioclásticos (m11)

Os calcários bioclásticos da microfácies m11, aflorantes em pelo menos dois níveis na Serra do Periquito, constituem a unidade carbonática UC7 da Formação Romualdo.

Foram estudados com base em sete lâminas petrográficas, onde apresentam características bastante semelhantes com os calcários conchíferos descritos na Bacia do Araripe.

A maior parte das amostras desse calcirrudito apresenta matriz micrítica num mosaico eminentemente esparítico, dominado por fragmentos bioclásticos. Os bioclastos identificados mais comuns são bivalves, ostracodes, gastrópodes, calcisferas e alguns fragmentos alongados sugestivos de organismos algálicos, em sua maioria, de dimensões milimétricas. Mais raramente são encontradas estruturas que se assemelham a tubos de vermes e a foraminíferos. São inúmeras as estruturas esqueletais, muitas vezes deformadas, preenchidas por calcita espática.

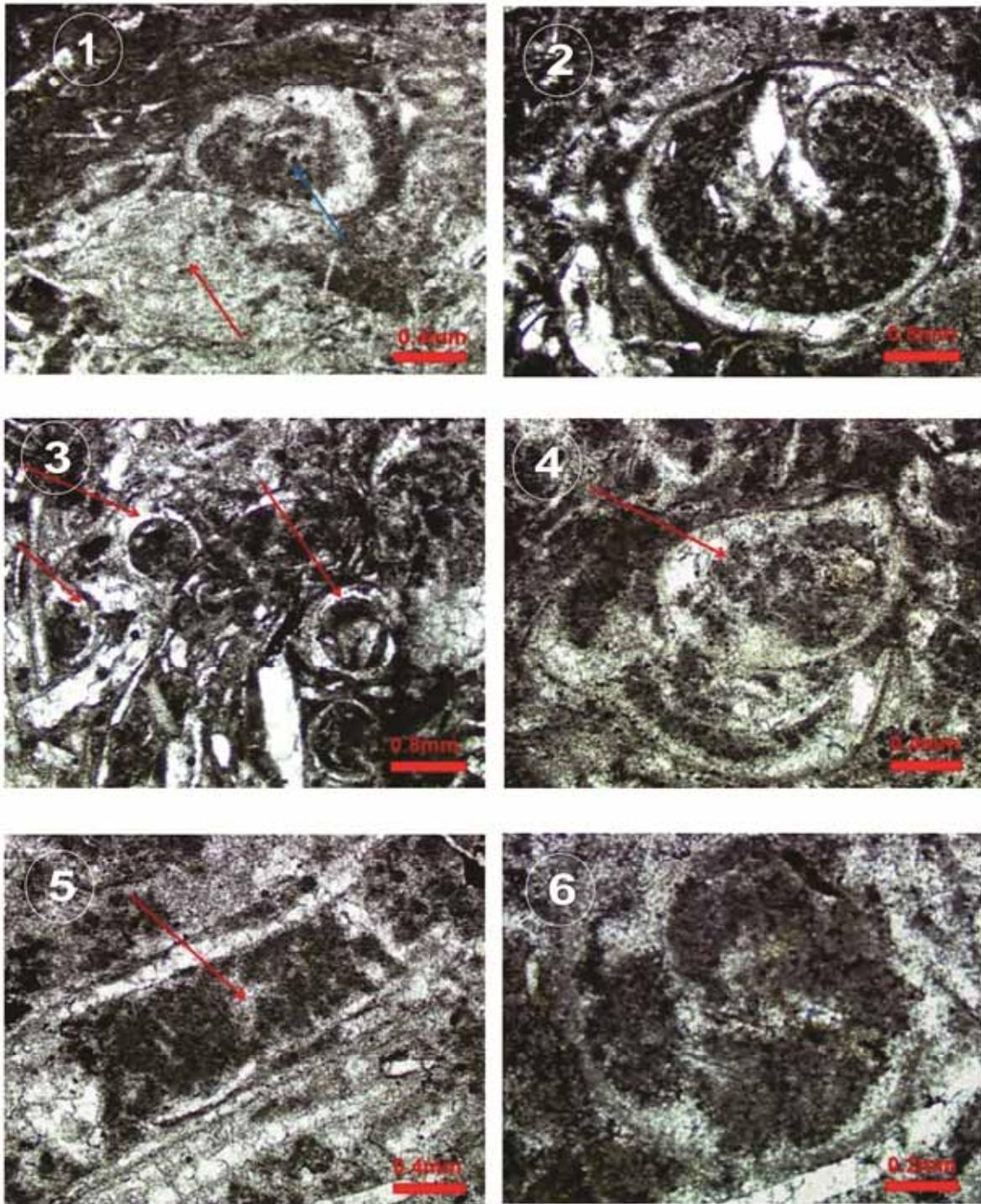
É comum a presença de grãos de pirita framboidal, às vezes oxidados, como também a porosidade do tipo móldica.

Estas características petrográficas podem ser observadas nas fotos da Prancha VI.

PRANCHA VI

- ① Fragmentos amalgamados de bioclastos, com preservação de um bivalve (seta vermelha) e um ostracode (seta azul)
- ② Seção basal de um gastrópode preenchido por micrita.
- ③ Fragmentos de conchas e seções transversais esféricas, semelhantes a tubos de vermes (setas).
- ④ Fragmentos de conchas diversas em meio a uma matriz micrítica e um ostracode na porção central (seta).
- ⑤ Fragmento algálico alongado com centro micritizado e borda de calcita espática (seta).
- ⑥ Forma sugestiva de um foraminífero planctônico.

PRANCHA VI



Prancha VI – Aspectos petrográficos do calcário bioclástico da microfácies m11 (JSP-04), observados com nicóis cruzados (Santos *et al.*, 2011).

3.1.8 – Bioestratigrafia

3.1.8.1 – Introdução

O sistema lacustre Aptiano da Bacia do Jatobá, constituído pelos sedimentos das formações Crato e Romualdo, é um sistema pouco conhecido, tanto no aspecto faciológico quanto do registro paleontológico, devido à ausência de estudos consistentes na sequência pós-rifte da Bacia do Jatobá.

O conteúdo paleontológico do seu equivalente na Bacia do Araripe é bastante conhecido, e tem como base os estudos palinológicos, conteúdo ostracoidal e os ictiólitos, estes últimos, mundialmente conhecidos. Dos trabalhos mais recentes sobre a ostracofauna e palinomorfos do Aptiano, destacam-se o de Neumann (1999), na Bacia do Araripe e o de Tomé (2011), nas bacias do Araripe, Cedro, Sergipe-Alagoas e Jatobá.

O conhecimento adquirido com a descrição lito e microfaciológica dos testemunhos obtidos da perfuração do poço estratigráfico 2 – JSN – 01 – PE, na Serra Negra, aliado às análises bioestratigráficas realizadas em toda sua extensão (90,50 metros), permitiu um melhor conhecimento da Formação Crato e de seu conteúdo fossilífero.

Foram coletadas cento e setenta e nove (179) amostras para análises palinológicas e de conteúdo ostracoidal (Fig. 77), com o objetivo principal de posicionarmos cronoestratigraficamente os sedimentos lacustres pós-rifte da Bacia do Jatobá.

Os estudos dos ostracodes foram apresentados em Tomé (2011), enquanto que os estudos palinológicos serão realizados numa etapa posterior e, portanto, seus resultados não serão discutidos no presente trabalho.

3.1.8.2 – Registro dos ostracodes

Os ostracodes límnicos da Formação Crato na Bacia do Jatobá têm seu registro positivo em apenas vinte e três (23) amostras das cento e setenta e

nove (179) coletadas e estão distribuídos em várias litofácies/microfácies do poço 2 – JSN – 01 – PE (Quadro IV).

A maior parte das amostras está concentrada nos folhelhos da litofácies ritmitos argilo-carbonáticos, microfácies m1b (11 amostras), da associação de fácies carbonática (AFC), posicionadas, principalmente, nas unidades carbonáticas UC3 e UC4, na porção mediana do furo estratigráfico 2 – JSN – 01 - PE. Estes folhelhos apresentam finas intercalações carbonáticas, muitas vezes, níveis de calcários laminados, apresentando siliciclásticos e grande quantidade de concreções carbonáticas. As demais amostras com conteúdo ostracoidal, distribuem-se nos folhelhos (FLo) e siltitos (STo) da associação de fácies terrígena lacustre (AFTL), num total de nove (9) amostras, como também nos calcários laminados das microfácies m7 (2 amostras) e m8 (1 amostra), situadas nas unidades carbonáticas superiores UC1 e UC2 (Quadro IV).

Foram identificadas doze (12) espécies de ostracodes (Quadro V), pertencentes a nove gêneros de quatro famílias distintas (Quadro VI).

Nesse contexto destacam-se a família *Ilyocyprididae*, com seis (6) espécies, seguida da família *Cyprideidae* com quatro (4) espécies e das famílias *Darwinulidae* e *Limnocytheridae*, com uma (1) espécie cada (Quadro VI).

A espécie *Alicenula leguminella*, da família *Darwinulidae* (Quadro VI) ocorre de forma abundante e bem preservada em diversos níveis e com colorações variadas, encontrada em quatorze (14) amostras (ver Quadro V). É a espécie mais abundante registrada no poço 2-JSN-01-PE e é característica de ambiente de água doce a salobra, pertencente ao Aptiano inferior (Tomé, 2011).

Poço 2 - JSN - 01 - PE - Perfil Esquemático

Análises Bioestratigráficas

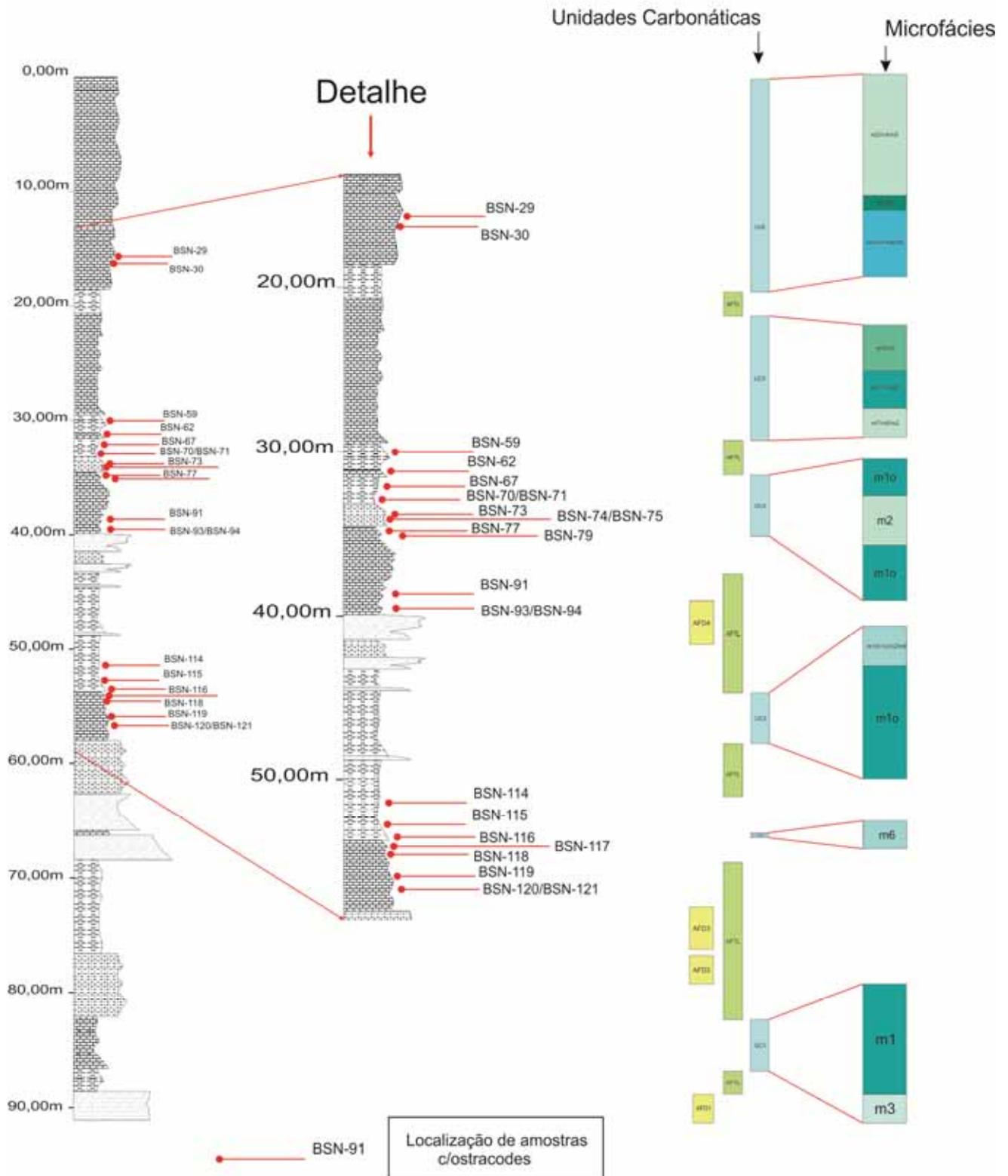


Figura 77 – Localização das Amostras com Ostracodes

Quadro IV – Amostras com ostracodes do poço 2 – JSN – 01 – PE (Bacia do Jatobá).

POÇO 2 - JSN - 01 - PE - SERRA NEGRA (610061/ 9044361)				
AMOSTRA BIO C/ OSTRACODES	PROF. (m)	CAIXA	LITOLOGIA	LITO/MICROFÁCIES
Poço SN - Am. 29	15,60	2	CALCÁRIO LAM. C/ SILICICLÁSTICOS	m7
Poço SN - Am. 30	15,77	2	CALCÁRIO MARGOSO	m8
Poço SN - Am. 59	30,05	5	FOLHELHO	Flo
Poço SN - Am. 62	31,19	5	CALCÁRIO LAM. MARGOSO	m7
Poço SN - Am. 67	32,16	5	FOLHELHO C/ CONCREÇÕES	Flo
Poço SN - Am. 70	32,93	5	FOLHELHO C/ CONCREÇÕES	Flo
Poço SN - Am. 71	33,05	5	SILTITO MACIÇO MICÁCEO	So
Poço SN - Am. 73	33,83	6	SILTITO MACIÇO	So
Poço SN - Am. 74	34,10	6	SILTITO MACIÇO	So
Poço SN - Am. 75	34,22	6	SILTITO MACIÇO	So
Poço SN - Am. 77	34,82	6	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
Poço SN - Am. 79	35,15	6	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
Poço SN - Am. 91	38,72	7	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
Poço SN - Am. 93	39,30	7	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
Poço SN - Am. 94	39,47	7	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
Poço SN - Am. 114	51,88	9	FOLHELHO ESCURO	Flo
Poço SN - Am. 115	52,71	10	FOLHELHO ESCURO C/ CONCREÇÕES	Flo
Poço SN - Am. 116	53,54	10	FOLHELHO RÍTMICO C/ NÓDULOS	m1b
Poço SN - Am. 117	54,07	10	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
Poço SN - Am. 118	54,59	10	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
Poço SN - Am. 119	55,88	10	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
Poço SN - Am. 120	56,61	10	RITMITO ARGILÓ-CARBONÁTICO	m1b
Poço SN - Am. 121	56,70	11	FOLHELHO ESCURO	m1b

A espécie *Theriosynoecum silvai*, da família Limnocytheridae (Quadro VI) também ocorre de forma abundante e bem preservada, apresentando exemplares adultos e juvenis, quase sempre associada unicamente a *Alicenula leguminella*, compondo assim uma fauna quase que monoespecífica, pertencente ao mesmo ambiente e de mesma idade. Foi identificada em doze (12) amostras.

A espécie *Cypridea araripensis*, da família Cyprideidae (Quadro VI), a exemplo das espécies anteriores, também ocorre de forma abundante e bem preservada no poço 2-JSN-01-PE, onde foi identificada em onze (11) amostras, cujo habitat é caracterizado por águas doces a salobras.

Existem outras espécies com características semelhantes aos exemplares identificados da *Cypridea araripensis* na Bacia do Jatobá, cujo

habitat é típico de ambiente de águas salinas. Portanto, trata-se de uma espécie que precisa ser melhor estudada, para uma classificação taxonômica (Fig. 78 e 79) e posicionamento cronoestratigráfico mais acurados, já que esta espécie se distribui na faixa de transição entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior, podendo tratar-se de uma nova espécie (Tomé, 2011).

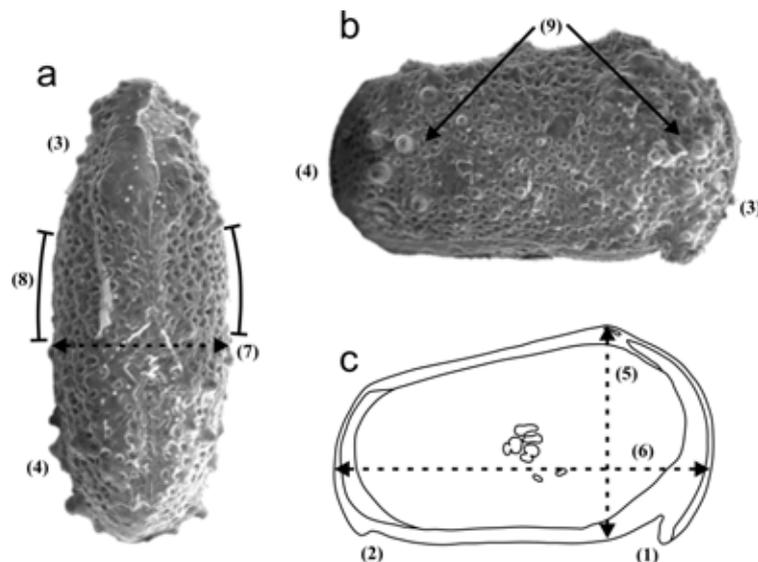


Figura 78 - Descrição da *Cypridea araripensis* (Silva, 1978b), detalhe das principais características morfológicas da carapaça. (1) Bico ântero-ventral “rostrum”, (2) cyathus. (3) e (4) pequenos nódulos marginais (5) maior altura, (6) maior comprimento, (7) maior largura, (8) região livre de espinhos e (9) nódulos maiores na superfície das extremidades anterior e posterior. (a) Vista dorsal. (b) Vista lateral direita. (c) Vista lateral direita desenhada (Tomé, 2011).

QUADRO V - Espécies de ostracodes identificados no poço 2-JSN-01-PE - Bacia do Jatobá

Espécies	Amostras																							
	29	30	59	62	67	70	71	73	74	75	77	79	91	93	94	114	115	116	117	118	119		120	121
<i>Alicenula leguminella</i>	■	■				■	■	■	■		■			■	■	■		■	■			■	■	14
<i>Theriosynoecum silvai</i>	■		■	■		■	■							■		■	■	■		■		■	■	12
<i>Cypridea araripensis</i>	■	■				■	■	■	■	■				■	■	■			■					11
<i>Damonella nova sp.</i>			■					■						■			■	■	■	■	■			8
<i>Rhinocypris aff. R. diademae</i>			■	■	■		■		■															5
<i>Damonella ultima</i>					■	■			■		■	■												5
<i>Pattersoncypris angulata</i>				■				■						■				■						4
<i>Pattersoncypris micropapilosa</i>				■				■						■				■						4
<i>Ilyocypris sp.</i>							■		■						■									3
<i>Neuquenocypris berthoui</i>							■								■	■								3
<i>Rhinocypris cf. R. jurassica</i>		■																						1
<i>Candonopsis ? nov. sp.</i>								■																1

Fonte: Tomé (2011)

QUADRO VI - Quadro explicativo do registro ostracoidal na Bacia do Jatobá (Tomé, 2011)

	Família	Gênero	Espécies
Registro Ostracoidal	Darwinulidae	Alicenula	<i>Alicenula leguminella</i>
	Cyprideidae	Cypridea	<i>Cypridea araripensis</i>
	Cyprideidae	Pattersoncypris	<i>Pattersoncypris angulata</i>
	Cyprideidae	Pattersoncypris	<i>Pattersoncypris micropapilosa</i>
	Cyprideidae	Mantelliana	<i>Candonopsis ? nov. sp.</i>
	Ilyocyprididae	Damonella	<i>Damonella nova sp.</i>
	Ilyocyprididae	Damonella	<i>Damonella ultima</i>
	Ilyocyprididae	Rhinocypris	<i>Rhinocypris aff. R. diadema</i>
	Ilyocyprididae	Rhinocypris	<i>Rhinocypris cf. R. jurassica</i>
	Ilyocyprididae	Neuquenocypris	<i>Neuquenocypris berthoui</i>
	Ilyocyprididae	Ilyocypris	<i>Ilyocypris sp.</i>
	Limnocytheridae	Theriosynoecum	<i>Theriosynoecum silvai</i>

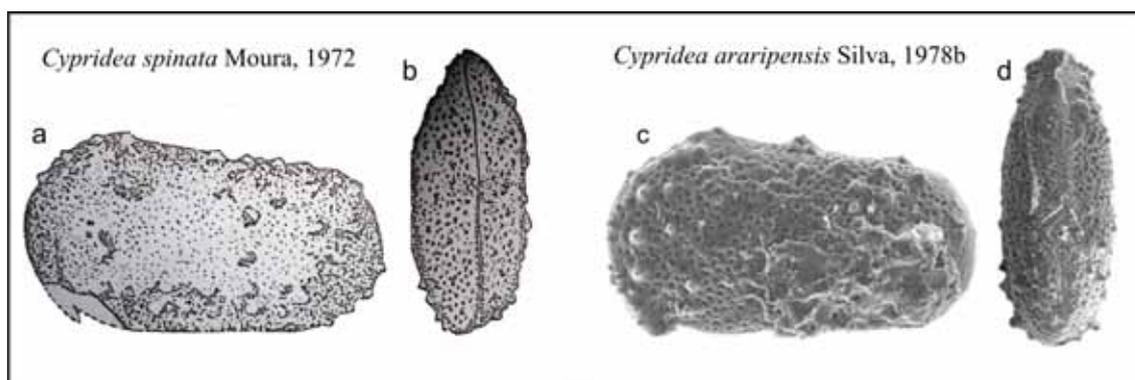


Figura 79 - Comparação entre as duas espécies do gênero *Cypridea*. (a) Vista lateral esquerda e (b) vista dorsal, (c) e (d) Vista dorsal e vista lateral, respectivamente, da *Cypridea araripensis* da Bacia do Jatobá (Tomé, 2011).

Os ostracodes da família Ilyocyprididae são os que possuem o maior número de registros no poço 2-JSN-01-PE da Bacia do Jatobá, e encontram-se distribuídos em quatro (4) gêneros, representados por seis (6) espécies (Quadro VI).

A espécie *Damonella nov. sp.*, foi encontrada de forma abundante e bem preservada, identificada em oito (8) amostras, cuja idade foi atribuída ao Aptiano/Albiano inferior por ocorrer associada com espécies do gênero

Pattersonocypris, *Alicenula leguminella*, *Theriosynoecum silvai* e *Cypridea araripensis* todos correspondentes a importantes fósseis-guias da Biozona O11, ou seja, Andar Alagoas (Tomé, 2011). É uma espécie de ambiente salino.

A espécie *Damonella ultima*, a exemplo das demais espécies citadas anteriormente, ocorre de forma abundante e bem preservada, em cinco (5) amostras. É uma espécie de ambiente de água salobra com baixa salinidade.

A espécie *Rhinocypris diademae*, ocorre de forma comum e mal preservada, identificada em cinco (5) amostras, onde ocorre associada à espécie *Damonella ultima*, atribuída ao Eo-Aptiano. Segundo Tomé (2011), o exemplar foi posto em *aff.* uma vez que não foi comparado a partir do material tipo e sim por uma ilustração de má qualidade. O habitat dessa espécie é caracterizado por águas doces a salobras.

Já a espécie *Rhinocypris jurássica*, foi identificada em apenas uma (1) amostra, de forma comum e mal preservada, apresentando características semelhantes a indivíduos dessa espécie identificados na Europa (Fig. 80).

É uma espécie de ambiente de água doce a salobra, cuja distribuição estratigráfica abrange o Jurássico Superior até o Cretáceo Inferior. No caso da Bacia do Jatobá, foi posicionada no andar Alagoas Inferior.

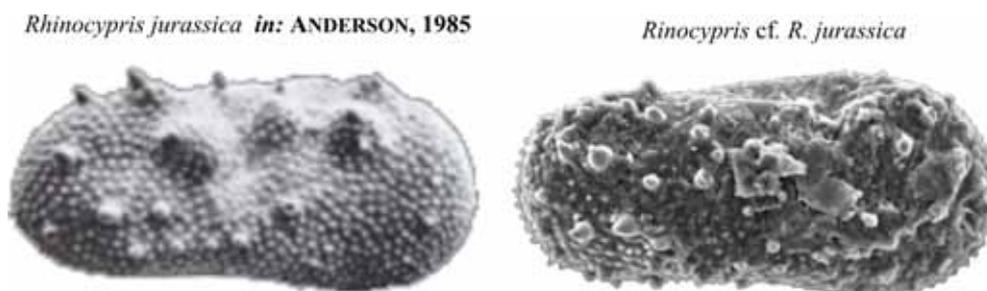


Figura 80 - Comparação entre as espécies de *Rhinocypris jurassica* encontrada na Europa e na Bacia do Jatobá – Brasil (Tomé, 2011).

A espécie *Neuquenocypris berthoui*, é uma espécie de baixa salinidade e ocorre de forma abundante e bem preservada, em três (3) amostras do poço 2-JSN-01-PE.

A espécie *Ilyocypris* sp., a exemplo da *Neuquenocypris*, também ocorre em três (3) amostras, embora de forma rara e mal preservada.

Além da espécie *Cypridea araripensis*, já referenciada anteriormente, a família Cypridae está representada por espécies do gênero *Pattersoncypris* (2) e do gênero *Mantelliana* (1).

As espécies *Pattersoncypris angulata* e *Pattersoncypris micropapilosa*, foram identificadas nas mesmas quatro amostras (ver Quadro V), de forma comum.

A espécie *Candonopsis* ? nov. sp. do gênero *Mantelliana*, foi identificada em apenas uma única amostra, de forma comum (Tomé, 2011), mediante comparação com espécies semelhantes, descritas por Tomé & Lima Filho (2010).

Tendo como base o estudo da ostracofauna dos sedimentos lacustres aptianos da Bacia do Jatobá, alicerçado pelas análises realizadas no poço estratigráfico 2-JSN-01-PE perfurado na Serra Negra, Tomé (2011) propôs um subzoneamento para os depósitos basais do Andar Alagoas desta bacia (Fig. 81).

Este estudo sugere que esta sequência lacustre representa um trato de sistema de lago alto, com precipitação maior que a evaporação, onde a baixa salinidade propiciou a alta diversidade de espécies de ostracodes identificadas.

Essas questões poderão ser aprofundadas em futuras pesquisas, que com certeza serão implementadas, já que o conhecimento do conteúdo paleontológico desses sedimentos ainda é muito precário e que este estudo pioneiro despertou o interesse científico por esta sequência lacustre aptiana da Bacia do Jatobá.

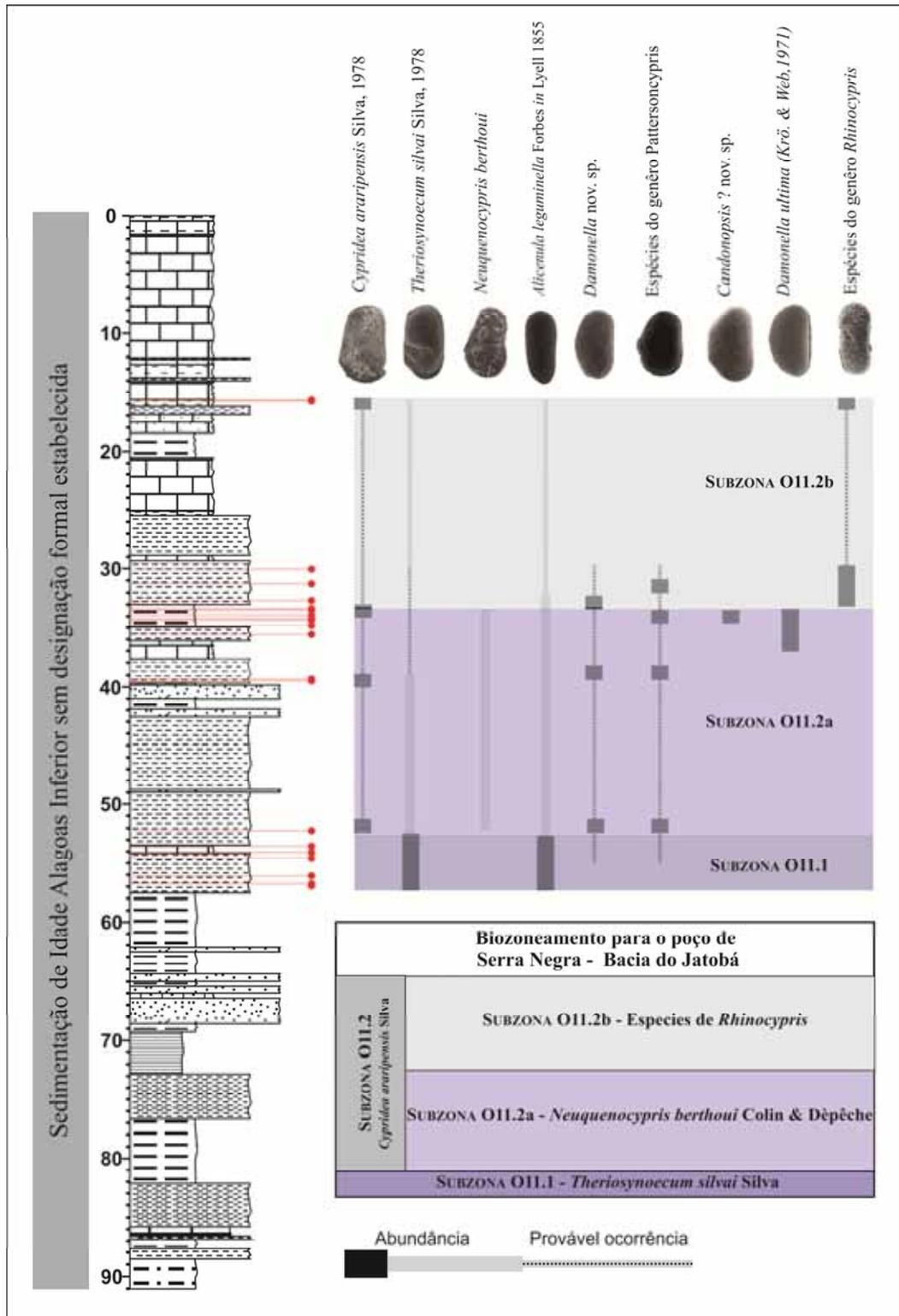


Figura 81 - Amplitude das espécies de ostracodes estudadas na Bacia do Jatobá, vinculada à tentativa de subzonear localmente o Andar Alagoas (Tomé, 2011).

3.1.9 – Químioestratigrafia

Na sequência lacustre aptiana da bacia do Jatobá foram analisadas 113 amostras do furo estratigráfico 2-JSN-01-PE, perfurado na Formação Crato, utilizando isótopos de O e C e difratometria de Raios-X.

3.1.9.1 – Geoquímica isotópica

A geoquímica de isótopos estáveis foi aplicada em várias amostras carbonáticas, mas destacamos os resultados referentes a 39 amostras de calcários laminados e 6 amostras de ritmitos argilo-carbonáticos, que representam as principais unidades carbonáticas desse estudo.

Estes resultados variaram conforme mostra o Quadro VII, onde se observa a distribuição das amostras segundo as profundidades, litofácies, microfácies e unidades carbonáticas.

De uma maneira geral, observa-se que os valores do $\delta^{18}\text{O}$ apresentam valores negativos e com pouca variação, em contraste com os valores do $\delta^{13}\text{C}$, que mostram desde valores muito negativos na porção inferior do poço até valores positivos em sua porção superior (Quadro VIII e Fig. 82 e 83). Deve-se destacar que na porção inferior do poço, dominam sedimentos terrígenos fluvio-lacustres e deltáicos.

Analisando-se os dados isotópicos, por unidades carbonáticas (ver Quadro VII), percebe-se que as variações isotópicas tanto do Oxigênio quanto do Carbono refletem o comportamento geral ao longo do poço 2-JSN-01-PE, com exceção da sua porção basal, onde ocorre a primeira deposição carbonática descrita (UC1). Nesta unidade carbonática, predomina um calcário peletoidal com níveis dolomíticos, intercalados com folhelhos ricos em matéria orgânica da microfácies m3. Os valores isotópicos muito negativos do carbono sugerem que essa escassez se deve ao alto teor de matéria orgânica presente nesta porção basal do poço e a influência marcante da atividade microbiana na formação dos carbonatos. O teor de matéria orgânica diminui em direção ao

topo, onde os valores do carbono tornam-se cada vez mais positivos (Gratzer *et al.*,2011).

**Quadro VII – Dados isotópicos de amostras do Poço 2 – JSN – 01 – PE
(Serra Negra - Bacia do Jatobá).**

POÇO 2 - JSN - 01 - PE Dados Isotópicos					
Prof. [m]	Litofácies	$\delta^{18}O/16O$	$\delta^{13}C/12C$	Microf / Lit	UC/AF
2,62	Calcário laminado	-6,07	-2,91		
5,20	Calcário laminado	-5,73	-0,04		
8,57	Calcário laminado	-4,57	0,55		
10,05	Calcário laminado	-5,70	-0,47		
10,09	Calcário laminado	-5,36	0,41	m2/m4/m5	
11,02	Calcário laminado	-6,53	-1,02		
11,10	Calcário laminado	-6,64	-1,14		
11,28	Calcário laminado	-6,95	-1,72		
12,00	Calcário laminado	-5,73	-1,37		
14,25	Calcário laminado	-6,93	-0,76	m7	
17,70	Calcário laminado	-6,39	-1,84	m4	
15,15	Calcário laminado	-6,79	-0,23	m7	
16,54	Folhelho	-6,61	-1,58	FLs	
20,56	Calcário laminado	-7,35	-0,97	m5	
21,00	Calcário laminado	-7,25	-0,10		
21,08	Calcário laminado	-7,26	0,16		
21,40	Calcário laminado	-7,20	0,27		
21,46	Calcário laminado	-7,18	0,19		
22,66	Calcário laminado	-7,36	0,91	m4	
22,74	Calcário laminado	-8,07	0,22		
24,90	Calcário laminado	-7,60	1,36		
24,96	Calcário laminado	-7,60	1,34		
24,42	Calcário laminado	-7,60	1,03		
25,44	Calcário margoso	-7,28	1,98		
25,48	Calcário margoso	-6,92	0,37	m9	
25,81	Calcário laminado	-5,85	2,47		
25,91	Calcário laminado	-4,98	1,89	m5	
26,15	Ritmo arg-carb.	-4,11	-1,67	m1a	
28,97	Calcário laminado	-4,29	1,71	m2	
36,10	Ritmo arg-carb.	-3,96	2,39	m1a	
36,16	Calcário laminado	-5,69	2,30		
36,49	Calcário laminado	-7,74	2,09		
37,03	Calcário laminado	-7,27	1,96		
37,40	Calcário laminado	-7,51	2,08	m2	
37,58	Calcário laminado	-7,76	1,70		
40,80	Arenito fino	-7,38	-2,42	AFct	AFD
44,04	Folhelho	-7,13	-1,14	Flac	AFTL
44,92	Folhelho	-6,21	-3,57		
53,36	Ritmo arg-carb.	-8,59	-0,37	m1b	
54,27	Calcário laminado	-7,77	-0,13	m2	
54,63	Ritmo arg-carb.	-7,71	1,03		
54,90	Ritmo arg-carb.	-8,37	0,48	m1b	
57,92	Siltito	-7,86	-5,03		
60,06	Siltito	-7,50	-5,46		
60,40	Siltito	-7,52	-7,04	Sc	AFTL
61,08	Siltito	-7,60	-7,73		
66,82	Arenito médio	-8,01	-7,81		
66,73	Arenito médio	-7,68	-6,99	AMm	AFD
78,90	Siltito	-8,09	-3,65		
81,40	Siltito	-8,08	-4,14	Sac	AFTL
85,25	Ritmo arg-carb.	-6,31	-3,63	m1a	
85,30	Calcário laminado	-5,87	-5,31		
85,37	Calcário laminado	-6,28	-5,67		
85,56	Calcário laminado	-6,65	-6,08		
85,64	Calcário laminado	-6,68	-7,90		
85,74	Calcário laminado	-6,58	-7,47		
85,84	Calcário laminado	-4,98	-5,72		
85,87	Calcário laminado	-6,17	-8,72		
85,90	Calcário laminado	-6,32	-8,62		

> valor
< valor

Quadro VIII – Variações dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$, em carbonatos do poço 2 – JSN – 01 – PE

FURO	Parte inferior (PDB‰)	Parte superior (PDB‰)
Resultados isotópicos		
$\delta^{13}\text{C}$ Carbonatos	-8.72 a -3.63	-2,91 a +2.47
$\delta^{18}\text{O}$ Carbonatos	-6,68 a -4.98	-8.67 a -3,96

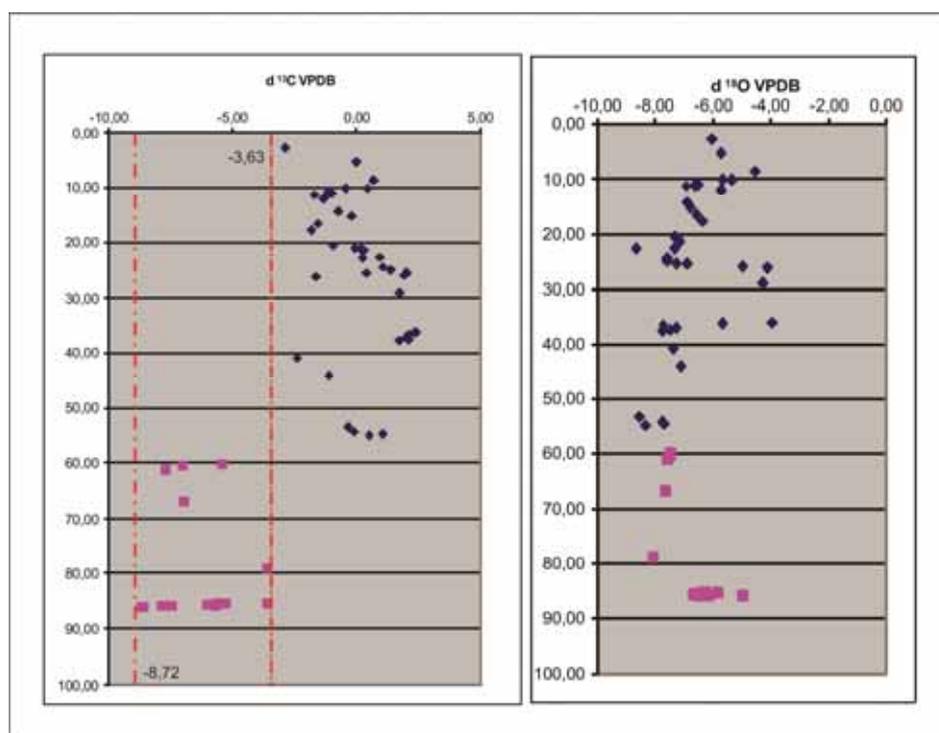


Figura 82 – Distribuição isotópica do Carbono e do Oxigênio, no poço 2-JSN-01-PE. Os valores em rosa são da porção inferior e os azuis da porção superior do poço.

Os resultados obtidos sugerem que o ambiente de sedimentação da sequência aptiana do Jatobá, possuía características de um lago com águas doce a salobra, isto é, baixa salinidade, com alto teor de matéria orgânica e intensa atividade bacteriana.

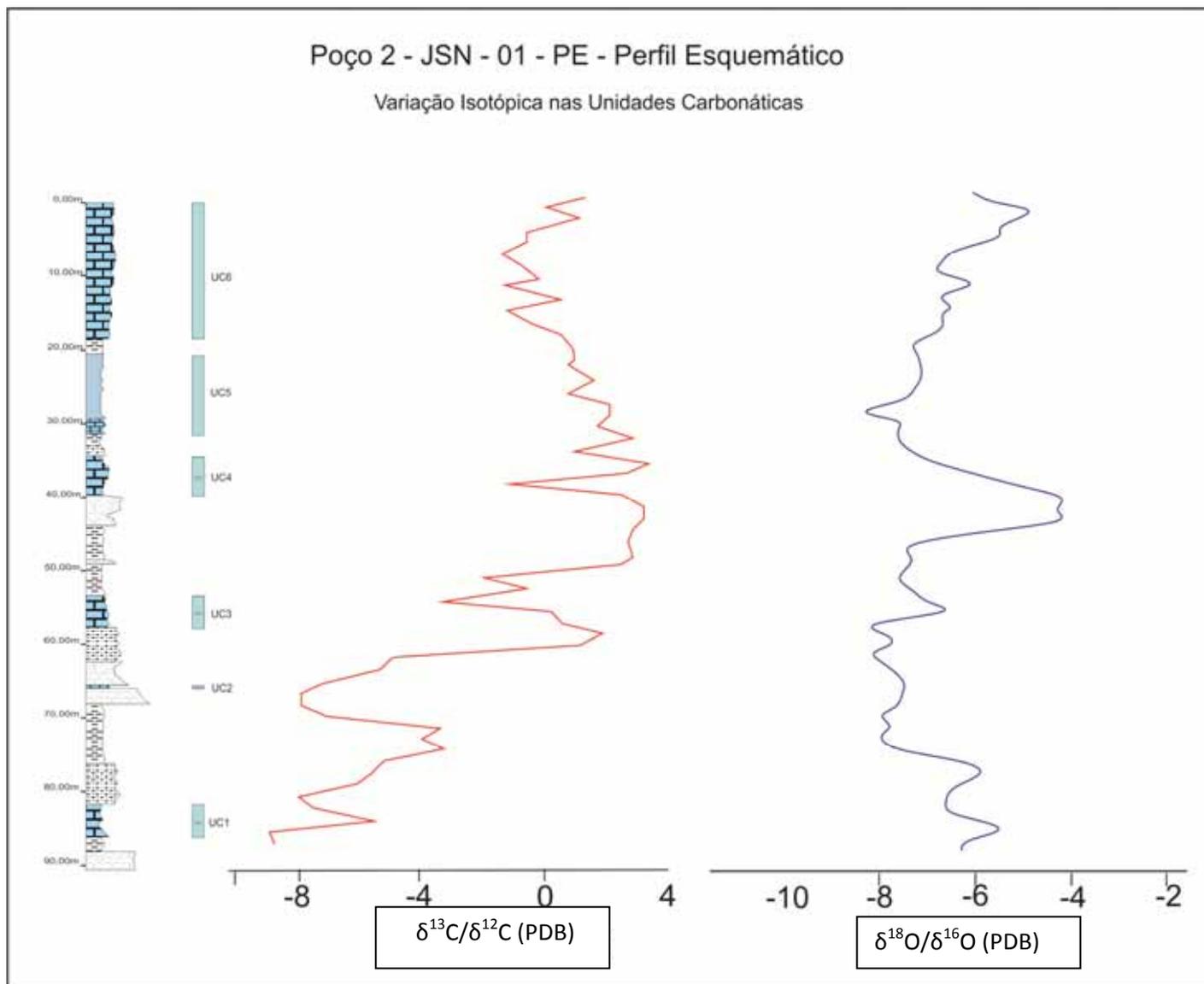


Figura 83 - Variação isotópica nas unidades carbonáticas do poço 2-JSN-01-PE.

Na microfácies calcários laminados m5 da Formação Crato, foram realizadas seis análises isotópicas pontuais em apenas uma amostra (Fig. 84), com o objetivo de detectar as possíveis variações isotópicas entre as lâminas de coloração bege e marrom, que é sua característica mais marcante.



Figura 84 - Calcário laminado da microfácies m5, mostrando os pontos onde foram coletadas amostras das lâminas para as análises isotópicas de oxigênio e carbono.

Os valores da composição isotópica do carbono variaram entre -4,37 e -5,42 ‰ PDB e os do oxigênio entre -5,64 e -6,03 ‰ PDB (Quadro IX). Estes valores se enquadram dentro dos limites de variação esperada para carbonatos lacustres, citados pela literatura (Talbot, 1990; Camoin *et al.*, 1997).

Quadro IX – Resultados das análises dos isótopos de oxigênio e carbono da amostra de calcário laminado da microfácies m5 da Formação Crato.

Amostra	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}\text{‰}$
1	-5.42	-5.64	25.05
2	-4.37	-5.90	24.77
3	-4.71	-5.89	24.79
4	-4.99	-6.03	24.65
5	-5.07	-5.93	24.75
6	-5.00	-5.70	24.98

A não covariância nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ nos calcários laminados (Fig. 85) sugere que o sistema lacustre aptiano da Bacia do Jatobá, tem sua origem associada a um paleolago hidrologicamente fechado, apresentando comportamento, eventual, de lago hidrologicamente aberto de curta duração, em uma região equatorial (Valero-Garcés *et al.*, 1997).

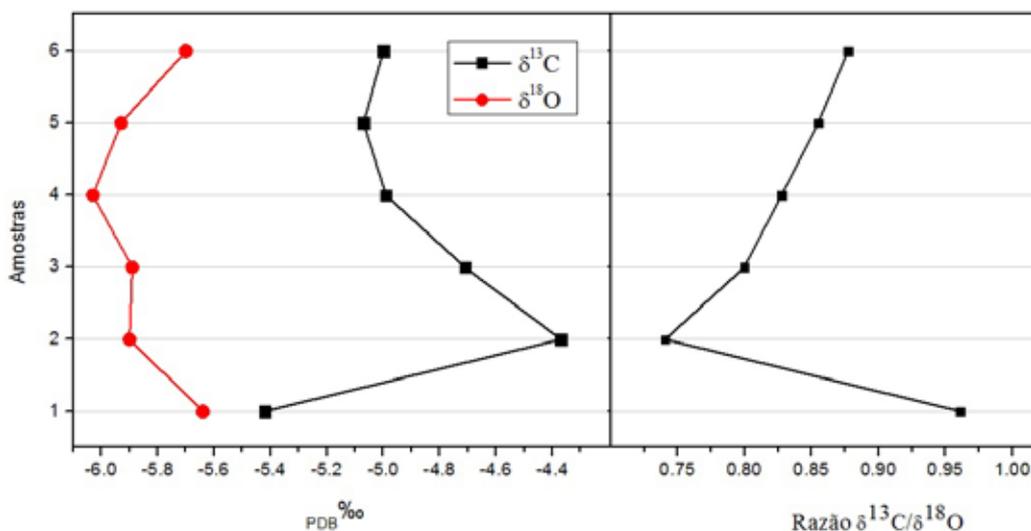


Figura 85 – Distribuição dos isótopos de oxigênio e carbono no calcário laminado analisado.

Neumann (1999) também observou este tipo de comportamento isotópico, em parte dos calcários da Formação Crato, na Bacia do Araripe.

3.1.9.2 – Difractometria de Raios-X

Das 113 amostras analisadas por Difractometria de Raios-X, 17 foram selecionadas para o estudo específico de argilominerais.

Na grande maioria dos folhelhos foram identificadas argilas expansivas, com predomínio de interestratificados de ilita-esmectita, seguidas por ilita, caulinita e clorita.

Nos arenitos analisados, o quartzo, os plagioclásios, os feldspatos potássicos e as micas, constituem os componentes principais. Em contraste com os folhelhos, os arenitos apresentam quantidades consideráveis de esmectita pura associada à ilita, caulinita e clorita, em menor proporção (Fig. 86). A calcita às vezes está presente, essencialmente como cimento (Fig. 87). Alguns dos arenitos mostram alto conteúdo de biotita não intemperizada, por vezes bastante concentradas e mais frequentemente, marcando estruturas sedimentares, como laminações cruzadas e plano-paralelas (Fig. 88). A muscovita ocorre em menor quantidade.

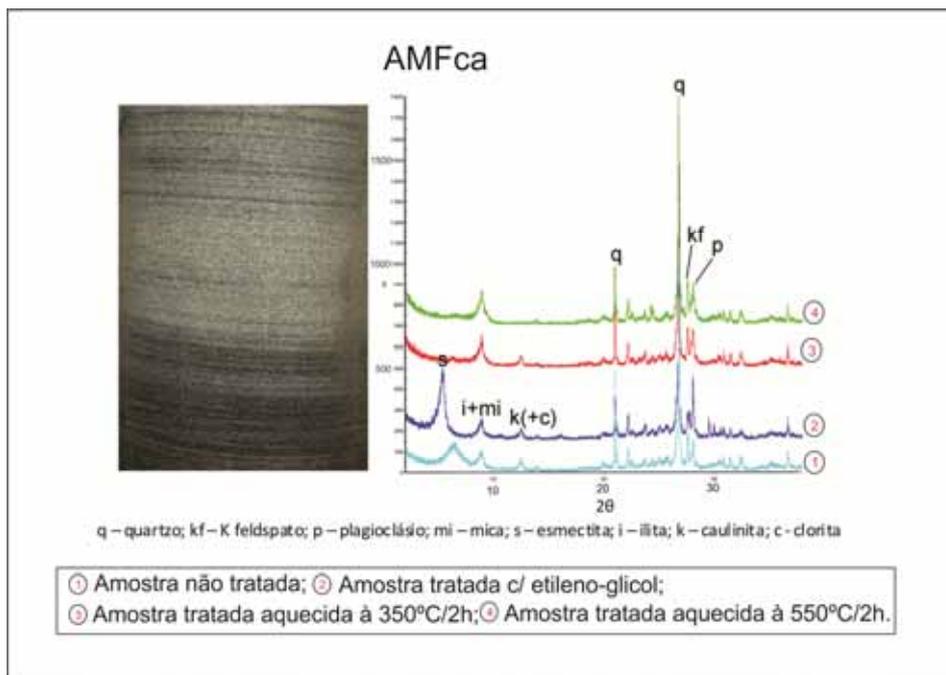


Figura 86 - Difratoograma do arenito da litofácies AMFca (64,21-64,32m), da associação de fácies deltaica (AFD), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch *et al.*, 2011).

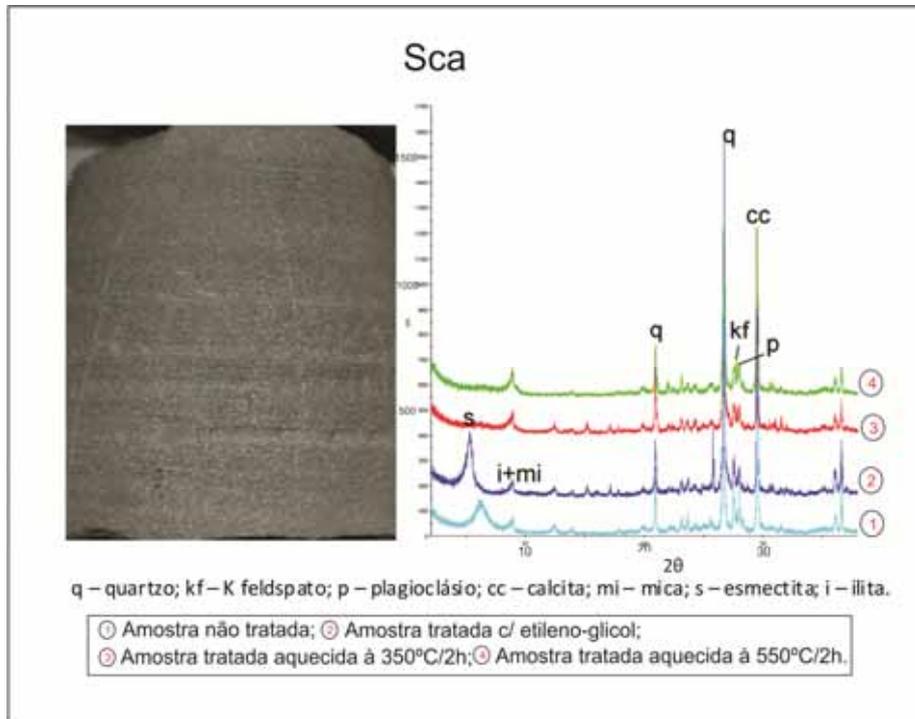


Figura 87 - Difratoograma do arenito da litofácies Sca (90,40-90,50m), da associação de fácies deltaica (AFD), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch *et al.*, 2011).

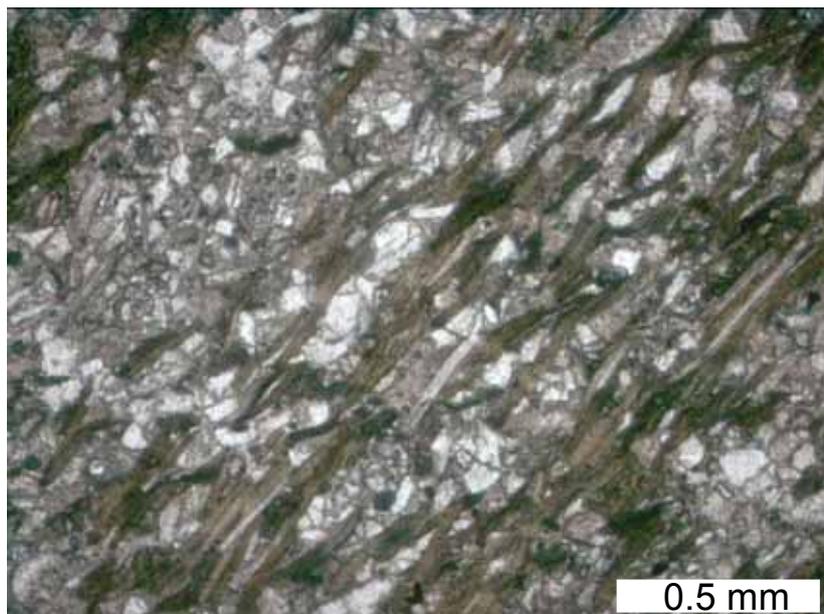


Figura 88 – Fotomicrografia (NX) do arenito AMFca da Figura 86, mostrando lamelas de biotita marcando as laminações plano-paralelas. (Vortisch *et al.*, 2011).

A presença de clorita e biotita como componentes clásticos, indica um ambiente de intemperismo suave (clima ameno), como também uma erosão e transportes rápidos do material da área fonte para o interior da bacia lacustre, durante o Aptiano.

O comportamento observado nos folhelhos com relação ao conteúdo de argilominerais, também foi detectado nos folhelhos que representam as porções siliciclásticas da litofácies ritmitos argilo-carbonáticos (Rac), das microfácies m1(a e b), que ocorrem na maioria das unidades carbonáticas (Fig. 89).

Em algumas amostras da porção carbonática dos ritmitos argilo-carbonáticos, foi detectada a presença de gipsita e pirita (Fig. 90).

Os calcários laminados, geralmente são micríticos de composição calcítica (às vezes a dolomita ocorre como componente menor), por vezes mostrando transições para calcários margosos. No topo do calcário peletoidal, da microfácies m3 da unidade carbonática 1 (UC1), ocorrem níveis delgados de

carbonato intercalados com níveis de folhelhos ricos em matéria orgânica, onde predomina a dolomita em relação à calcita (Fig. 91). Em outras amostras de calcários laminados, detectou-se a presença de dolomita, mas como componente menor (Fig. 92).

A presença da dolomita em ambientes lacustres de água doce, indicado pelos isótopos de oxigênio e conteúdo ostracodal, é incomum. Deng *et al.* (2010), mostram que mesmo com uma salinidade relativamente baixa, a precipitação da dolomita é possível devido à intensa atividade microbiana. Esta atividade microbiana foi caracterizada através de biomarcadores e do alto teor de matéria orgânica encontrados nos sedimentos do poço 2 – JSN – 01 – PE, identificados pela geoquímica orgânica realizada por Gratzer *et al.* (2011). A ocorrência de gipsita (ver Fig. 90), na unidade carbonática basal do poço supracitado, indica condições efêmeras de evaporação, no início da sedimentação da sequência lacustre aptiana da Bacia do Jatobá.

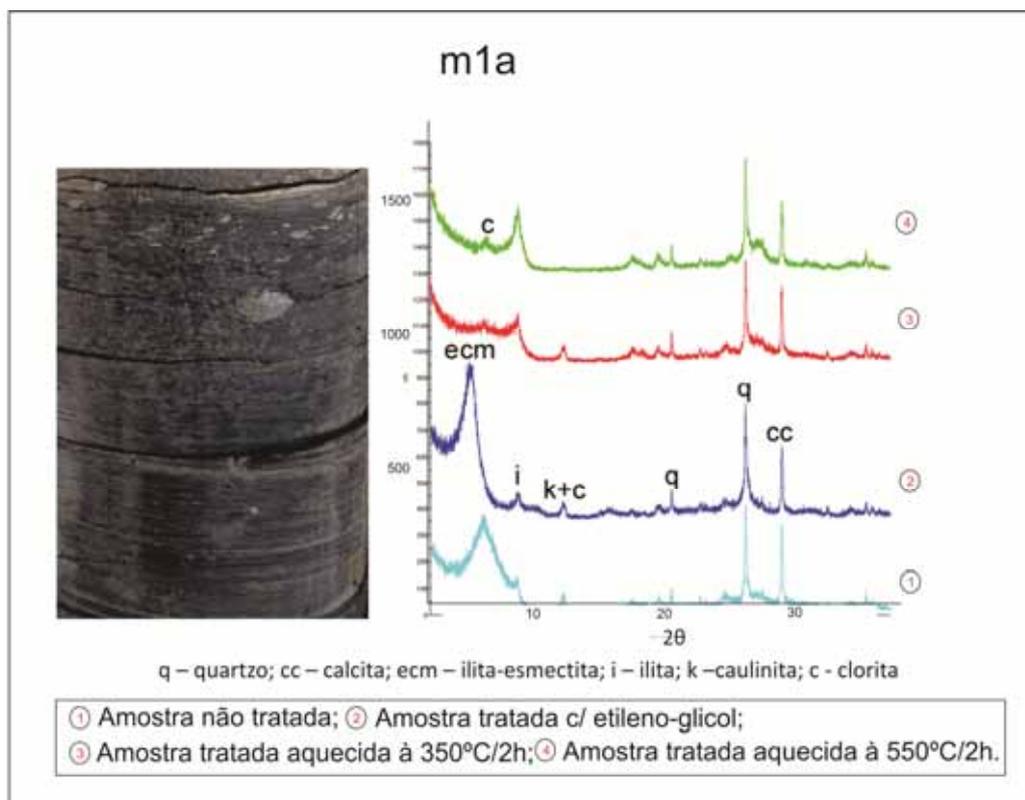


Figura 89 - Difratoograma do ritmo argilo-carbonático, microfácies m1a, da UC1 (84,77-84,84m), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch *et al.*, 2011).

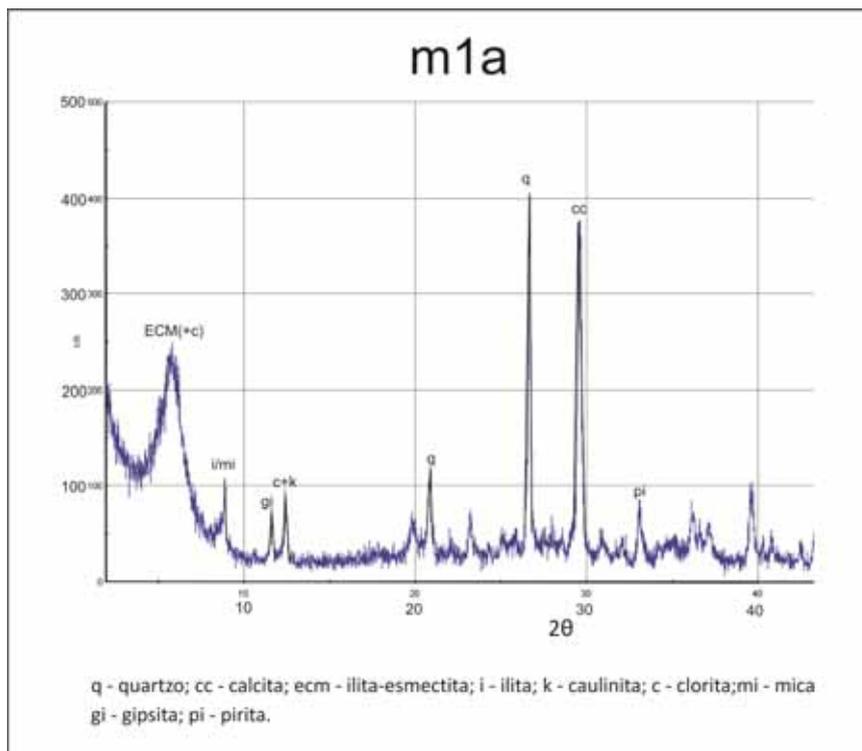


Figura 90 - Difratoograma do ritmito argilo-carbonático, microfácies m1a, da UC1 (85,56-85,64m), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch *et al.*, 2011).

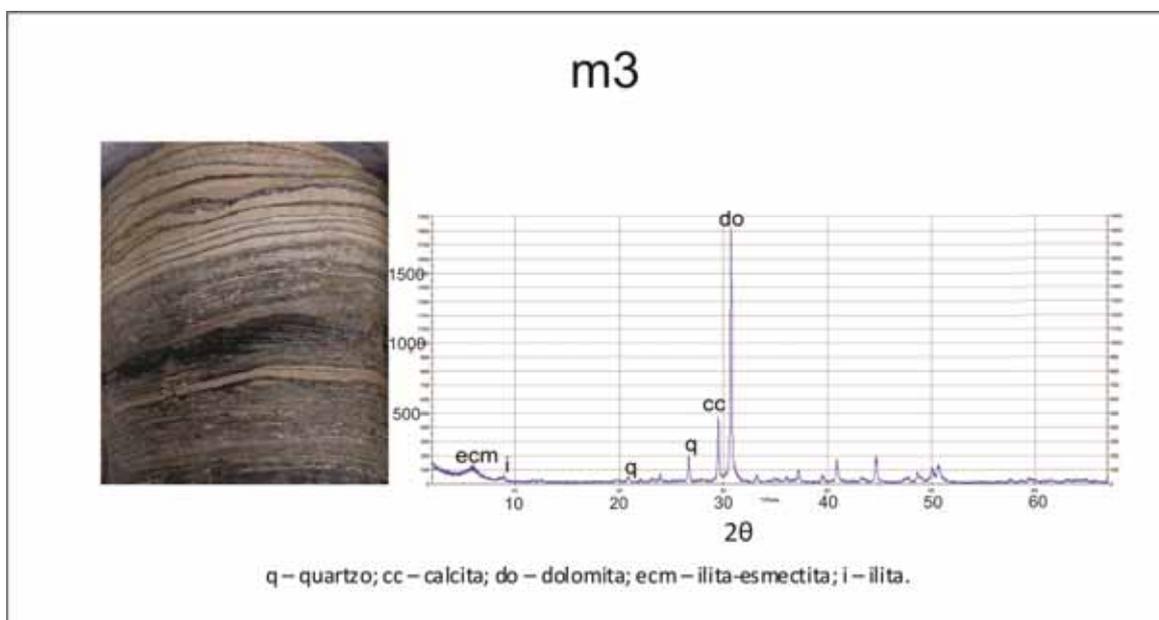


Figura 91 - Difratoograma mostrando delgados níveis de dolomito intercalados com níveis de folhelhos ricos em matéria orgânica, no topo do calcário peletoidal da microfácies m3 da UC1 (85,30-85,37m), do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch *et al.*, 2011).

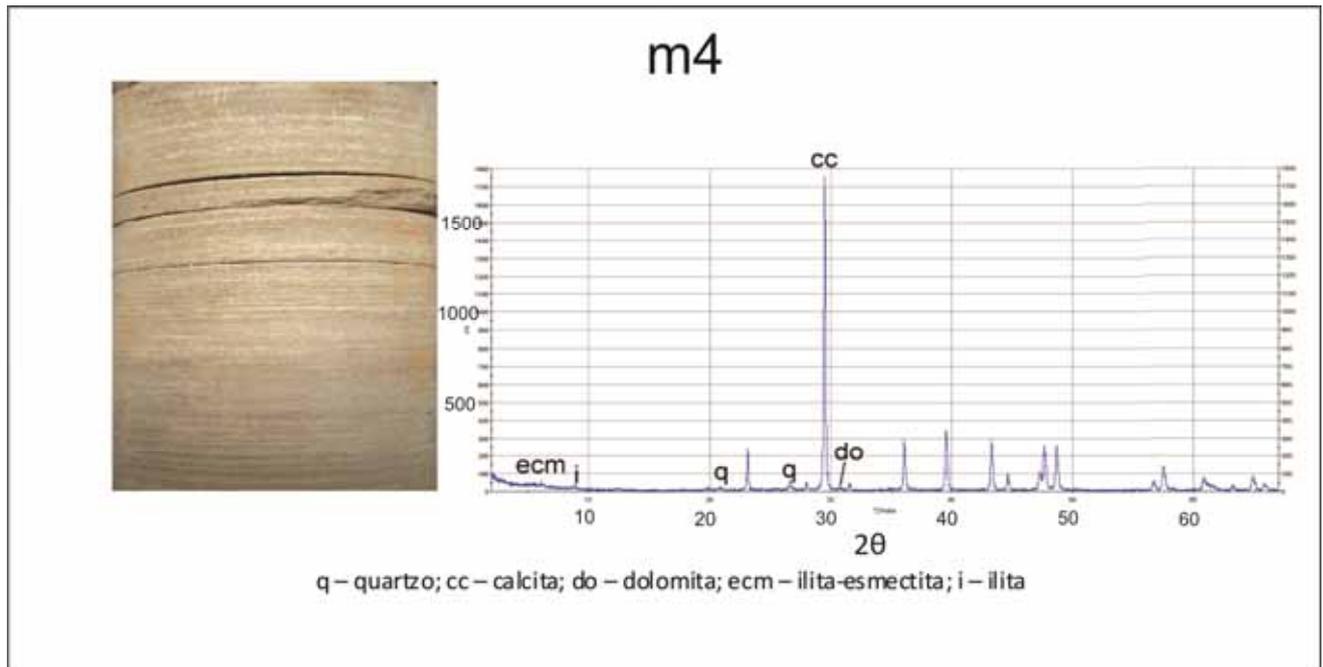


Figura 92 - Difratoograma do calcário laminado da microfácies m4 da UC5 (21,38-21,46m), parcialmente oxidado, com traços de dolomita e silicatos, do poço estratigráfico 2-JSN-01-PE (Vortisch *et al.*, 2011).

3.1.10 – Considerações Finais

Os dados levantados nesse trabalho confirmam a correlação da Sequência Aptiana da Bacia do Jatobá com a da Bacia do Araripe, utilizada como hipótese inicial da pesquisa. Permitem também ampliar esta correlação para as sequências lacustres da Serra do Tonã, na Bacia Tucano Norte, para os calcários do Membro Trairi da Formação Paracuru, da Bacia do Ceará e até mesmo para a Formação Codó, da Bacia do Parnaíba.

Baseando-se nas informações litofaciológicas, bioestratigráficas, isotópicas e evidências relacionadas às variações de salinidade, obtidas durante este estudo, várias hipóteses podem ser levantadas e discutidas em relação ao Sistema Lacustre Aptiano do Jatobá.

Poderíamos supor que tanto o Jatobá quanto o Araripe e Tonã, constituiriam sistemas lacustres isolados, com características próprias e independentes, apenas cronocorrelatos.

Também poderíamos levantar a hipótese de que Jatobá e Tonã façam parte de um mesmo lago, já que possuem características litofaciológicas e salinidades semelhantes, além de estarem posicionadas tectonicamente a sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco.

Outra hipótese possível seria a existência de um único lago, onde Jatobá representaria a porção mais profunda, com baixa salinidade, alto teor de matéria orgânica, intensa atividade bacteriana e grande diversidade de espécies ostracoidal, e o Araripe representaria a porção mais rasa do lago, com alta salinidade e pouca diversidade de espécies.

Reconheço que precisaríamos de uma maior quantidade de informações, além de outras abordagens e discussões, para poder nos posicionar a favor de um modelo deposicional, que explique melhor a sedimentação lacustre aptiana, nessas bacias interiores, principalmente com relação a da Bacia do Jatobá. Portanto, acredito que outras pesquisas virão colaborar com o esclarecimento dessas questões.

CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES

Esta tese sintetiza o estudo do Sistema Lacustre Aptiano da Bacia do Jatobá, no qual o objetivo principal foi caracterizar o intervalo carbonático da sequência lacustre que aflora na porção norte da bacia, cujo conhecimento geológico ainda é bastante incipiente.

Portanto, os resultados dessa pesquisa, permitiram a elaboração de algumas conclusões importantes:

- o Grupo Santana na Bacia do Jatobá, antes Formação Santana indivisa, é constituído pelas formações Crato e Romualdo, que representam o sistema lacustre aptiano da bacia;

- na sequência lacustre aptiana, foram identificadas três associações de fácies: a Associação de Fácies Deltaica (AFD), constituída por três litofácies; a Associação de Fácies Terrígena Lacustre (AFTL), constituída por onze litofácies; e a Associação de Fácies Carbonática (AFC), constituída por quatro grupos de litofácies;

- a Associação de Fácies Carbonática (AFC) reúne as seguintes litofácies: os ritmitos argilo-carbonáticos, onde foram individualizadas duas microfácies (m1a e m1b); os calcários laminados, constituídos por oito microfácies (m2 → m9); as margas representadas pela microfácies m10; e finalmente, os calcários bioclásticos, também representados por apenas uma microfácies (m11);

- a caracterização dessas microfácies carbonáticas, permitiu a individualização de sete Unidades Carbonáticas (UC1 → UC7), dentro da Sequência Lacustre Aptiana da Bacia do Jatobá;

- a partir dos estudos bioestratigráficos e isotópicos, associados aos estudos faciológicos da Formação Crato, sugere-se que o Paleolago Aptiano do Jatobá representa um trato de sistema de lago alto de baixa salinidade, com características de lago hidrológicamente fechado com períodos de curta duração de um lago aberto. Nesse lago predominavam águas doces a salobras

(oligoalinas a mesoalinas), com alto teor de matéria orgânica, intensa atividade bacteriana (lago eutrófico), onde se desenvolveu uma grande diversidade de espécies de ostracodes, que confirmam a sua idade aptiana.

Concluindo, considero que essa tese pode despertar o interesse por novas pesquisas nessa sequência lacustre aptiana da Bacia do Jatobá, cujo conhecimento científico certamente contribuirá para o entendimento de outros sistemas lacustres correlatos, de reconhecido potencial petrolífero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragão, M. A. M. F.; Costa, I. P.; Silva, O. B. 1999. *Influence of compressive stresses on the structure of the Recôncavo/Tucano/Jatobá rift and on the tectonic control of its petroleum accumulations*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS-SNET, 7., Lençóis, Bahia. Anais. Salvador: SBG, p.55-59.
- Barreto, P. M. C. 1968. O Paleozóico da Bacia do Jatobá, Pernambuco. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 17 (1): 29-45;
- Beurlen, K. 1966, Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil., Anais da Academia de Ciências, Rio de Janeiro, v. 38 (3/4), p. 455-464.
- Beurlen, K., 1971, As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). Anais da Academia de Ciências, Rio de Janeiro, v. 43 (supl.), p. 411-415.
- Braun, O.P.G., 1966. Estratigrafia dos sedimentos da parte interior da região Nordeste do Brasil (bacias de Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). DNPM, R.J., Boletim n 236, 75p.
- Bruni, M. A. L. ; Cordani, U.G.; Campos, D. DE A. 1976. Carta geológica do Brasil ao milionésimo. Folha Aracaju (SC. 24). Brasília : DNPM / DGM, 226p.
- Bueno, G. V. 1996. Serra do Tonã: um elo estratigráfico entre as bacias de Tucano Norte (BA) e Araripe (CE), Nordeste do Brasil. 4º Simp. Cretáceo do Brasil, Águas de São Pedro/Rio Claro, UNESP, p.135-142.
- Camoin, G.; Casanova, J.; Rouchy, J. M.; Blanc-Valeron, M. M.; Deconinck, J. F. 1997. *Environmental controls on perennial and ephemeral carbonate lakes: the central paleo-Andean Basin of Bolivia during Late Cretaceous to early Tertiary times*. *Sed. Geol.*, 113: 1-26.
- Coimbra, J.C., Arai, M., Carreño, A.L., 2002. *Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe Basin, northeastern Brazil*. *Geobios*, Amsterdam, 35: 687-698.
- Costa, I. P.; Bueno. G. V.; Milhamem, P. da S.;Carvalho, M. S. S. de. 2003. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Jatobá. Aracaju: Fundação Phoenix. Série Bacias Sedimentares, n.53.
- Costa, I. P.; Bueno. G. V.; Milhamem, P. da S.; Lima e Silva, H.S. R. & Kosin, M. D. 2007. Sub-bacia Tucano Norte e Bacia do Jatobá. Boletim Geociências. Petrobras, Rio de Janeiro, V. 15, N. 2: 445-453.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Jatobá. 1972. Recife : CNEN/CPRM. 76p.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Jatobá. 1973. Recife : CNEN/CPRM. 41p.

- Deng, S.; Dong, H.; Lv, G.; Jiang, H.; Yu, B.; Bishop, M.E., 2010. *Microbial dolomite precipitation using sulphate reducing and halophilic bacteria: Results from Quingai Lake, Tibetan Plateau, NW China*. *Chemical Geology*, 278, p. 151-159.
- Dunham, R. J. 1962. *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. *Memoir AAPG*, n.1, p.108-121.
- Ferreira, J.C. 1965. Hidrogeologia das Bacias Sedimentares de Tucano e Jatobá. *Boletim técnico da Petrobras*, Rio de Janeiro, 8(1): 57-75.
- Folk, R. L. 1959. *Practical petrographic classification of limestones*. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, v. 43, n. 1, p. 1-38.
- Ghignone, J. I. Geologia dos sedimentos fanerozóicos do Estado da Bahia. In: INDA, H. A. V. 1979. (Ed.) *Geologia e recursos minerais do Estado da Bahia: textos básicos*. Salvador, v. 1, p. 24-117.
- Gratzer, R.; Neumann, V. H.; Vortisch, W.; Rocha, D. E. G. A.; Bechtel, A. Stable isotopes of organics and inorganics of Aptian lacustrine sediments in North-Eastern Brazil. In: *Mineralogical Magazine Goldschmidt Conference 2011*, 2011, Praga. *Goldschmidt Conference Abstracts*. Cambridge: Cambridge, 2011. v. único. p. 943-943.
- Leal, O. 1971. Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. Série Hidrogeologia. N^o 29. Folha N^o 9 – Jaguaribe NO. SUDENE. Recife
- Leite, J.F.; Pires S. de T.M.; Rocha, D.E.G.A.da. 2001. Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá-PE. Série Hidrogeologia. Estudos e Projetos. v.7. 55p.
- Lima, R. P. de , 2011. Mapeamento geológico da área nordeste da Folha Airí. Relatório de graduação em geologia. DEGEO. Centro de Tecnologia e Geociências. UFPE.
- Magnavita, L. P. 1994. Deformations mechanisms in porous sandstones of the Recôncavo-Tucano-Jatobá rift: implications in the development of fault seal. 3^o Simp. Cretáceo do Brasil, Rio Claro, UNESP, p.173-174.
- Magnavita, L. P.; Cupertino, J. A. 1987. Concepção atual sobre as bacias de Tucano e Jatobá, Nordeste do Brasil. *Bol. De Geoc. PETROBRÁS*, v. 1, n. 2, p. 119-134.
- Magnavita, L. P.; Davison, I.; Kusnir, N. J. 1994. *Rifting, erosion, and uplift history of the Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift, northeast Brazil*. *Tectonics*. v. 13. N. 2. P. 367-388.
- Martill, D. M., 1993. *Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil*. The Paleontological Association; (London) *Field Guides to Fossils*, n. 5, 159pp.
- Medeiros, R. A.; Ponte, F. C. 1981. Roteiro geológico da Bacia do Recôncavo (Bahia). *Petrobrás/ SEM – BA*, 63p.

- Melo, G. de. 1980. Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá (PE). Recursos exploráveis e dispositivos de captação. Dissertação de Mestrado. UFPE, Recife. 132p.
- Neumann, V. H., 1999. *Estratigrafia, Sedimentologia, Geoquímica y Diagénesis de los Sistemas Lacustres Aptiense-Albienses de La Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil)*. Tesis Doctoral. Departament d'Estratigrafia i Paleontologia y Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. 250p.
- Neumann, V. H.; Cabrera, L. 1999. *Uma nueva propuesta estratigráfica para La tectonosecuencia post-rifte de La Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil*. In: Simpósio do Cretáceo Brasileiro, 5, Serra negra. UNESP, Boletim de Resumos: 279-285.
- Neumann, V. H.; Miranda, T. S.; Lima, R. P.; Menezes Filho, J. A.; Gonçalves, L. R.. 2011. Mapeamento Geológico da Folha Poço da Cruz (SB.24-X-A-VI). Relatório Técnico. CPRM/UFPE/FADE. Programa Geologia do Brasil (no prelo).
- Neumann, V.H.; Rocha, D.E.G.A.; Gonçalves, L.R.de L.; Barbosa, J.A.; Santos, A.dos, Lima, R.P. de; Lima Filho, M.; Fambrini, G., Carvalho, R.R. de. 2009. Microfácies e microestruturas dos calcários laminados das serras do Periquito e Negra, Bacia do Jatobá. 5º Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás. UFC. Ceará. 8p.
- Neumann, V. H.; Rocha, D. E. G. A., Moraes, A. S., Sial, A. N., M. T. Taboada Castro, J. A. Barbosa, G. L. Fambrini, R. R. Carvalho. 2010. Microfacies carbonáticas e comportamento isotópico de C e O nos calcários laminados aptianos lacustres da Serra Negra, bacia do Jatobá, nordeste do Brasil. Estudos Geológicos, UFPE, v. 20 (1), p. 89-100.
- Meneses Filho, N. R. de; Santos, R. A. dos; Souza, J. D. 1988. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil; carta geológica, carta metalogenética/previsional - escala 1:100.000 (Folha SC.24-X-C-V Santa Brígida). Estado da Bahia. Brasília: DNPM/CPRM, 144 p.
- Peraro, A. A. 1995. Caracterização sísmica do tectonismo transcorrente na bacia do Jatobá. In: SBGf, Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 4, Rio de Janeiro, Anais, 1-3.
- Ponte, F. C.; Appi, C. J. 1990. Proposta de revisão da coluna estratigráfica da Bacia do Araripe. In: XXXVI Cong. Bras. de Geol., v.1, p. 211-226.
- Ponte, F. C.; Ponte Filho, F. C. 1996. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Recife: DNPM, 68p.

- Rocha, D. E. G. A. da; Leite, J. F. 1999. Estudo hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE. Geologia. Série Hidrogeologia – Estudos e Projetos – vol. 2, 20p. ilustrado.
- Rolim, J. L. 1984. Seqüência clástica e carbonática da Serra do Tonã, Macururé, Estado da Bahia. 1984. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 155p.
- Santos, C. A.; Neumann, V. H.; Menezes, M. R. F. de, Rocha, D. E. G. A., Agostinho, S. 2011. Caracterização sedimentológica e micropaleontológica dos calcários bioclásticos da Serra do Periquito, Bacia do Jatobá – PE. Estudos Geológicos, UFPE, v. 21 (1), p. 21 - 39
- Talbot, M. R., 1990. *A review of the paleohydrological interpretation of carbon and oxygen isotopic ratios in primary lacustrine carbonates. Chemical Geology (Isotope Geoscience Section), v. 80, p. 261-279.*
- Tomé, M. E. & Lima Filho, M. F., 2010. Ostracodes da Bacia de Cedro, Andaraí, Alagoas, Estado de Pernambuco, NE, Brasil: Implicações Paleambientais e Bioestratigráficas. Estudos Geológicos, 21 (2): p. 56-70.
- Tomé, M. E. 2011. Estudo dos ostracodes não-marinho do Andaraí Alagoas, nas bacias do Araripe, Cedro, Jatobá e Sergipe/Alagoas, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado. Pós-graduação em Geociências. Centro de Tecnologia e Geociências. UFPE. 162p.
- Valero-Garcés, B. L.; Laird, K. R.; Fritz, S. C.; Kelts, K.; Ito, E.; Grimm, E. C. 1999. *Holocene climate in the northern Great Plains inferred from sediment stratigraphy, stable Isotopes, carbonate geochemistry, diatoms, and pollen at Moon Lake, North Dakota. Quaternary Research, 48, 359-369.*
- Viana, C. F.; Gama Junior, E. G.; Simões, I. A.; Moura, J. A.; Fonseca, J. R.; Alves, R. J. 1971. Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. Boletim Técnico da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3-4, p. 157-192.
- Vortisch, W.; Neumann, V. H.; Gratzner, R.; Rocha, D. E. G. A. 2011. *Clay mineralogy and chemical environment of an Aptian lacustrine succession in North-Eastern Brazil. In: Goldschmidt Conference 2011, 2011, Praga. Mineralogical Magazine - Goldschmidt Conference Abstracts. Middlesex: Cambridge Press, 2011. v. único. p. 2103-2103.*

ANEXOS

FOTOS DOS TESTEMUNHOS DO POÇO ESTRATIGRÁFICO 2-JSN-01-PE
SERRA NEGRA – IBIMIRIM - PE



Caixa 01 (0,00 - 10,63m)



Caixa 02 (11,05 - 15,82m)



Caixa 3 (16,10 - 21,90m)



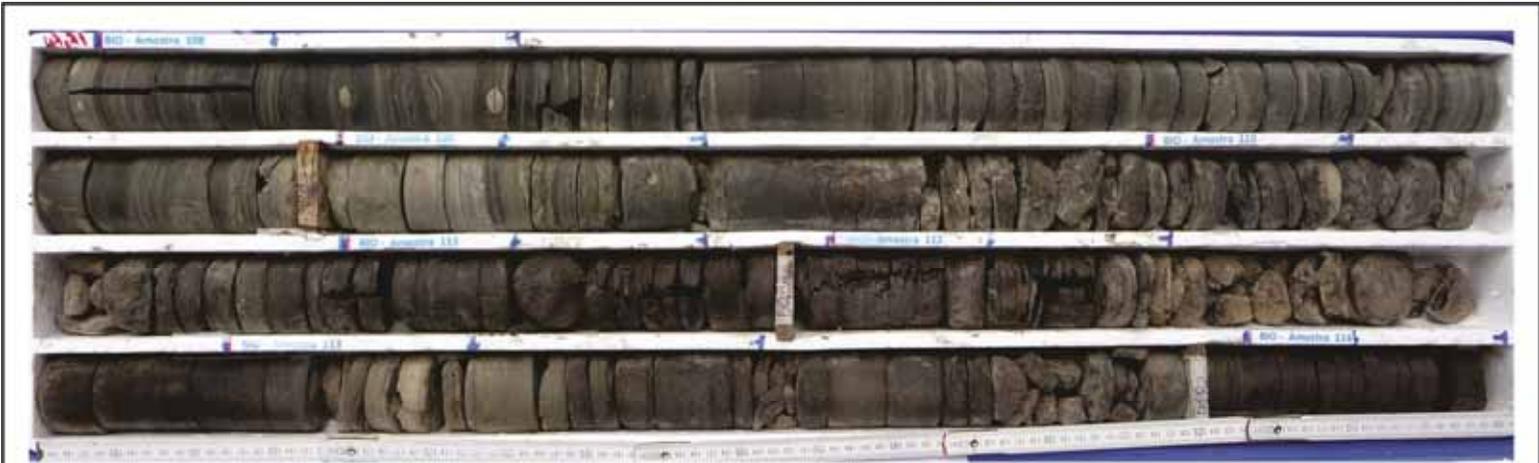
Caixa 4 (21,90 - 28,79m)



Caixa 5 (28,79 - 33,30m)



Caixa 6 (33,30 - 37,68m)



Caixa 7 (38,10 - 42,61m)



Caixa 8 (42,70 - 47,37m)



Caixa 9 (47,67 - 52,00m)



Caixa 10 (52,45 - 56,76m)



Caixa 11 (56,76 - 61,15m)



Caixa 12 (61,15 - 65,55m)



Caixa 13 (65,45 - 71,82m)



Caixa 14 (71,82 - 76,23m)



Caixa 15 (76,23 - 79,86m)



Caixa 16 (80,05 - 84,27m)



Caixa 17 (84,35 - 88,44m)



Caixa 18 (88,44 - 90,50m)

DESCRIÇÃO LITO-FACIOLÓGICA DO POÇO ESTRATIGRÁFICO 2-JSN-01-PE
SERRA NEGRA – IBIMIRIM - PE

DE	INTERVALO	ATÉ	LITOLOGIA	AF	MF	UC
0,00		1,58	Intervalo constituído por calcários laminados e margas intercalados.			UC6
	1,58	12,05	Calcário finamente laminado de coloração creme, onde são frequentes estruturas tipo "loop-bedding" e porosidade vulgar. (ver lâminas PSN-01, 02, 03 e 20)	AFC	m2/m4/m5	
	12,05	12,21	Folhelho cinza esverdeado de alta fissilidade	AFTL	FLc	
	12,21	12,61	Calcário laminado amarelo-ocre, de aspecto "coroído" no topo e finamente laminado na base, com porções ferruginosas. Apresenta estruturas "loop-bedding" no terço inferior. (ver lâmina PSN - 04)	AFC	m2/m4/m5	
	12,61	13,75	Marga de coloração cinza-esverdeada, finamente laminada		m10	
	13,75	14,00	Folhelho cinza-esverdeado	AFTL	FLc	
	14,00	14,16	Calcário laminado, semelhante ao do intervalo 12,21 - 12,61	AFC	m2/m4/m5	
	14,16	15,62	Calcário laminado de coloração creme a cinza-claro, por vezes contendo siliciclásticos, apresentando finas intercalações margosas no terço superior. (ver lâminas PSN - 18 e 19)		m7	
	15,62	16,20	Calcário margoso cinza-esverdeado, finamente laminado		m8	
	16,20	16,34	Folhelho placoso, cinza-esverdeado	AFTL	FLc	
	16,34	16,49	Calcário creme com forte diagênese, apresentando finas laminações e porosidade vulgar	AFC	m5	
	16,49	16,91	Folhelho "rítmico" c/ finas lâminas escuras e claras, bastante fragmentado.	AFTL	FLs	
	16,91	18,45	Calcário creme c/ forte diagênese, apresentando finas laminações e estruturas de "slump", no terço médio. Na porção inferior, ocorrem algumas intercalações margosas.	AFC	m4	
	18,45	20,52	Argilito cinza extremamente fraturado, com baixa recuperação.	AFTL	AG	
	20,52	20,76	Calcário creme finamente laminado, contendo raras lâminas argilosas na sua porção basal.	AFC	m5	
	20,76	20,95	Folhelho cinza-escuro, bastante fragmentado.	AFTL	FLc	
	20,95	25,08	Calcário creme finamente laminado semelhante ao pacote do topo, apresentando inúmeras estruturas de "slump". (ver lâminas PSN-05 e 06)	AFC	m4	
	25,08	25,22	Calcário laminado cinza-esverdeado, de aspecto "mosqueado", com forte diagênese.		m5	
	25,22	25,47	Calcário margoso laminado, cinza-claro, apresentando estruturas tipo "loop-bedding".		m2	
	25,47	25,62	Folhelho carbonoso cinza-escuro	AFTL	FLc	
	25,62	25,92	Calcário laminado creme, de aspecto "mosqueado", c/ forte diagênese.	AFC	m5	
	25,92	28,87	Folhelho cinza-escuro, apresentando inúmeras lâminas carbonáticas, ao longo de todo o intervalo.		m1a	
	28,87	29,04	Calcário creme finamente laminado, apresentando estruturas tipo "loop-bedding".		m2	
	29,04	29,21	Folhelho cinza-escuro fragmentado.	AFTL	FLc	

29,21		29,34		Calcário margoso cinza-claro, finamente laminado.	AFC	m8	UC5
	0,13						
29,34		31,19		Folhelho cinza-escuro, apresentando raras finas lâminas carbonáticas no topo.	AFTL	FLo	
	1,85						Ost.
31,19		31,37		Calcário laminado creme a amarelo-ocre, de média diagênese. (ver lâmina PSN-07)	AFC	m7	
	0,18						Ost.
31,37		33,00		Folhelho cinza-escuro, apresentando finas bandas mais claras, por vezes c/ aspecto "mosqueado". A partir do terço médio, ocorrem concreções carbonáticas de cor creme.	AFTL	FLo	
	1,63						Ost.
33,00		34,32		Siltito maciço de cor cinza, micáceo, com cimento carbonático, apresentando estruturas de fluidização e bioturbação. No terço superior, ocorrem fragmentos carbonosos. (ver lâmina PSN-08)	AFTL	So	
	1,32						Ost.
34,32		36,11		Folhelho cinza placoso, apresentando finas lâminas carbonáticas, cuja frequência aumenta em direção à base. Na porção inferior, é comum a presença de grânulos e concreções carbonáticas.	AFC	m1b	
	1,79						
36,11		37,68		Calcário finamente laminado, de coloração cinza-claro a creme, contendo inúmeras estruturas tipo "loop-bedding". (ver lâmina PSN-09)		m2	UC4
	1,57						
37,68	FOTO + DESENHO	39,56		Folhelho cinza-escuro, apresentando finas lâminas carbonáticas esparsas. Nos intervalos 38,09-38,12, 38,46-38,50 e 38,62-38,67 ocorrem níveis de calcário laminado onde são frequentes estruturas tipo "loop-bedding" e concreções carbonáticas com forma de "olho". Na porção mediana do intervalo, ocorrem clastos carbonáticos milimétricos a centimétricos, com formas ovaladas e lenticularizadas. (ver lâmina PSN-24)	AFC	m1b	Ost.
	1,88						
39,56	FOTO + DESENHO	39,64		Calcário margoso cinza-claro, maciço.		m9	
	0,08						
39,64		40,01		Siltito cinza-esverdeado, apresentando finas lâminas carbonáticas.	AFTL	Sca	
	0,37						
40,01		41,03		Arenito muito fino, calcífero, micáceo, de coloração cinza-claro c/ porções sbranquiçadas. No terço inferior apresenta laminações sigmoidais truncadas e onduladas. (ver lâmina PSN-10)	AFTD	Afct	
	1,02						
41,03		41,95		Siltito cinza de aspecto bandado, apresentando finas laminações onduladas mais escuras. No topo apresenta intercalações com finas lâminas carbonáticas.	AFTL	Sca	
	0,92						
41,95		42,61		Arenito muito fino a siltico, apresentando laminações sigmoidais e onduladas, além de estruturas de fluidização e bioturbação, emprestando à rocha um aspecto "mosqueado". No terço inferior, ocorrem com frequência, lâminas carbonáticas.	AFTD	AFct	
	0,66						
42,61		43,55		Folhelho cinza, apresentando frequentes intercalações de arenito calcífero muito fino.	AFTL	FLac	
	0,94						
43,55		43,72		Arenito muito fino, calcífero, semelhante ao descrito no intervalo 39,82-41,03. (ver lâmina PSN-11)	AFTD	AFct	
	0,17						
43,72		48,79		Intervalo constituído por folhelhos cinza-escuros, intercalados c/ arenito calcífero, fino a muito fino, cinza-claro. Estruturas de "slump" e fluidização são frequentes, além de algumas bioturbações. Em algumas porções do intervalo, é comum a presença de clastos carbonáticos centimétricos dispersos.	AFTL	FLac	
	5,07						
48,79		49,02		Arenito fino a muito fino, micáceo, c/ cimento calcífero, apresentando intercalações de folhelho, na base. (ver lâmina PSN-17)	AFTD	AFMc	
	0,23						
49,02		49,17		Folhelho cinza-esverdeado, contendo clastos carbonosos.		FLc	
	0,15						
49,17	FOTO	52,82		Folhelho cinza a marrom-escuro, placoso. No intervalo 51,28-51,39, ocorre um nível de um arenito calcífero fino c/ lâminas silticas. Na base, ocorre clastos carbonáticos de formas ovalada e esférica.	AFTL	FLo	Ost.
	3,65						
52,82		53,32		Folhelho cinza-esverdeado.		FLcc	
	0,50						

53,32	FOTO	53,58	Folhelho cinza, com finas intercalações carbonáticas e clastos carbonáticos centimétricos a milimétricos, na porção basal. No topo, as finas lâminas carbonáticas, emprestam à rocha um aspecto rítmico. (ver lâmina PSN-23)	AFC	m1b	Ost.	UC3	
	0,26							
53,58		53,72	Calcário laminado, apresentando fragmentos carbonosos no topo e finas intercalações de folhelho cinza, na base. Ao longo do intervalo, ocorrem estruturas do tipo "loop-bedding". (ver lâmina PSN-22)			m2		
53,72		53,95	Folhelho cinza, contendo finas lâminas carbonáticas.			m1a		
	0,23							
53,95		54,05	Calcário laminado c/ fragmentos carbonosos. (ver lâmina PSN-12)			m6		
	0,10							
54,05		54,26	Folhelho cinza, contendo finas lâminas carbonáticas esparsas.		m1b	Ost.		
	0,21							
54,26		54,36	Calcário laminado "bandado", apresentando clastos carbonáticos de forma ovalada alongada e estruturas do tipo "loop-bedding". (ver lâmina PSN-13)		m2			
	0,10							
54,36	FOTO + DESENHO	54,49	Folhelho cinza contendo finas lâminas carbonáticas, concreções carbonáticas centimétricas, pseudo-nódulos carbonáticos e estruturas de sobrecarga.		m1b			
	0,13							
54,49		57,67	Folhelho cinza a marrom escuro, apresentando finas lâminas carbonáticas distribuídas esparsamente. Intervalo semelhante ao descrito entre 49,17-52,82. No trecho 56,76-56,90 são comuns concreções carbonáticas milimétricas a centimétricas.	AFC	m1b	Ost.	UC3	
	3,18							
57,67		58,49	Siltito cinza-esverdeado, maciço, algo calcífero, principalmente no terço médio, onde também apresenta concreções carbonáticas milimétricas e centimétricas, como também clastos carbonosos esparsos. Em algumas trechos, apresenta aspecto "mosqueado" e bioturbação. (ver lâmina PSN-26)	AFTL	Scc			
	0,82							
58,49		60,03	Siltito cinza-escuro, maciço, contendo inúmeras concreções carbonáticas de vários tamanhos e formas, que emprestam à rocha um aspecto "pintalgado".					
	1,54							
60,03		62,31	Siltito cinza-esverdeado, maciço, apresentando inúmeros fragmentos carbonosos c/ tamanhos e formas variadas e bioturbação. No terço superior são comuns estruturas de "slump" e fluidização. Nos intervalos 60,03-60,11 e 61,39-61,46, ocorre um arenito muito fino, calcífero, cinza-esbranquiçado. (ver lâminas PSN-25 e 29)					
	2,28							
62,31		62,71	Arenito fino a muito fino, cinza-claro, maciço, micáceo, calcífero, apresentando estruturas de fluidização. (ver lâmina PSN-28)	AFTD	AFMc			
	0,40							
62,71		63,89	Siltito cinza, maciço, c/ bioturbação.	AFTL	Sca			
	1,18							
63,89		64,48	Arenito muito fino a siltico, de coloração cinza, calcífero, apresentando micro-estratificações cruzadas.	AFTD	AMFca			
	0,59							
64,48		64,89	Siltito cinza-esverdeado, apresentando interdigitações de arenito muito fino calcífero, de aspecto "mosqueado". Intervalo com muita bioturbação.	AFTL	Sca			
	0,41							
64,89		65,48	Arenito fino cinza-esverdeado c/ bioturbação.	AFTD	AFm			
	0,59							
65,48		65,91	Calcário cinza-claro de forte diagênese, apresentando grande concentrações de lamelas carbonosas, que emprestam à rocha um aspecto bandado. Na base apresenta bioturbação. (ver lâmina PSN-30)	AFC	m6		UC2	
	0,43							
65,91		68,05	Arenito fino a médio cinza-esverdeado, c/ cimento calcífero. Apresenta baixa recuperação a partir do terço médio.	AFTD	AMm			
	2,14							
68,05		68,74	Argilito cinza-esverdeado, contendo fragmentos carbonosos,	AFTL	AG			
	0,69							
68,74		72,32	Material argiloso mal recuperado, de difícil reconhecimento.					
	3,58							

72,32		74,10	Folhelho cinza-claro, apresentando bandas claras e escuras, estruturas de "slump" e micro-laminações cruzadas.	AFTL	FLs	UC1
	1,78					
74,10		76,14	Folhelho cinza-escuro, apresentando um "bandamento" mais esparsado do que no intervalo anterior, mas com as mesmas características. Apresenta bioturbações na base.			
	2,04					
76,14		77,67	Siltito cinza-escuro, micáceo, maciço, apresentando raras lamelas de material carbonoso e bioturbações.		Sac	
	1,53					
77,67		81,63	Siltito cinza, apresentando finas lâminas de arenito fino calcífero, distribuídas esparsadamente, com estruturas de "slump", fluidização e bioturbação. No terço inferior, as interlaminações arenosas, tornam-se mais frequentes.	AFC	m1a	
	3,96					
81,63		85,27	Folhelho cinza de aspecto "varvítico", apresentando inúmeras estruturas de fluidização e "pseudo-boudinages". No terço inferior, são frequentes clastos carbonáticos e interlaminações carbonáticas.	AFC	m3	
	3,64					
85,27		86,07	Rocha calcária finamente laminada, constituída por pelóides e esteiras algálicas. Calcário peletoidal. (ver lâminas PSN-14, 15 e 16)	AFTL	FLc	
	0,90					
86,07		86,32	Folhelho escuro placoso.			Sm
	0,25					
86,32		87,16	Siltito cinza-esverdeado, apresentando estruturas de "slump" e fluidização.			FLs
	0,84					
87,16		88,02	Folhelho cinza, micáceo, bastante fragmentado.	Sca		
	0,86					
88,02		90,50	Siltito cinza, micáceo, apresentando interlaminações de arenito muito fino, formando estratificações cruzadas acanaladas, tanto no topo quanto na base.			
	2,48					
Amostras com ostracodes			Ost.	Observação: As associações de fácies, as microfácies e as unidades carbonáticas, estão descritas ao longo do texto.		
Associação de fácies			AF			
Microfácies			MF			
Unidades Carbonáticas			UC			