

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

LUANA RAFAELLA DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO ESTRATIGRÁFICA E FACIOLÓGICO-
DIAGENÉTICA DA FORMAÇÃO AÇU/UNIDADE AÇU-4,
MESOCENOMANIANO – EOTURONIANO DA BACIA POTIGUAR

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
do Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Geologia Regional.

Orientador: Prof. Dr. Joel Carneiro de Castro

Rio Claro - SP
2013

553.282 Oliveira, Luana Rafaella de
O48c Caracterização estratigráfica e faciológico-diagenética da Formação
Açu/Unidade Açu-4, Mesocenomaniano –Eoturoniano da Bacia Potiguar /
Luana Rafaella de Oliveira. - Rio Claro, 2013
74 f. : il., figs., tabs., fots., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Joel Carneiro de Castro

1. Petróleo – Geologia. 2. Fácies e diagênese. 3. Membro Mossoró. 4.
Estratigrafia de sequência. 5. Ciclo regressivo-transgressivo. 6.
Reservatório de petróleo. 7. Correlação de poços. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

LUANA RAFAELLA DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO ESTRATIGRÁFICA E FACIOLÓGICO-
DIAGENÉTICA DA FORMAÇÃO AÇU/UNIDADE AÇU-4,
MESOCENOMANIANO – EOTURONIANO DA BACIA POTIGUAR

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas
do Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho, como
parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Geologia Regional.

Comissão Examinadora

Joel Carneiro de Castro

Dimas Dias de Brito

Sérgio Antônio Cáceres Contreras

Rio Claro, SP 22 de outubro de 2013

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Formação de Recursos Humanos em Geociências e Ciências Ambientais Aplicadas ao Petróleo – PRH 05/UNESP, ao PFRH/Petrobrás e ao PRH/ANP – FINEP/MCT, pelo apoio acadêmico e financeiro, indispensáveis à realização deste trabalho de conclusão de curso.

A imensa ajuda de meu orientador, querido por todos, o Prof. Dr. Joel Carneiro de Castro, sem o qual a realização deste trabalho não seria possível. Possuo eterna gratidão a esses e a todos que acreditaram em minha competência antes de ingressar nessa jornada de pouco mais de 2 anos, como os professores doutores Marcela Marques Vieira, Valéria Centurion Córdoba e Narendra Srivastava, da UFRN, além de, é claro, os meus pais, José Rubens de Oliveira e Maria Aparecida de Oliveira, que sempre me deram apoio em todas as minhas escolhas.

A instituição da UNESP e seus funcionários que sempre me trataram com muito carinho: Rosângela, secretária da pós-graduação em Geociências, que resolve os pepinos de todos com bom humor, Márcia e Fabiana do Unespetro, sempre atenciosas. A Rodrigo, Paola e Moni, que foram a minha família aqui em Rio Claro e vão fazer muita falta. As amigas da pós, que com certeza também permanecerão: Adriano, Camila, Júlia, Felipe e a “gauchada” inteira. Também a “estrangeirada”: Yadira, Yali e Make. Enfim, é tanta gente, são tantos caminhos cruzados, uma cidade diferente, centenas de novas “caras conhecidas” e alguns grandes novos amigos, muitos não verei nunca mais, outros coincidentemente eu esbarrarei em qualquer lugar do mundo, mas poucos, e espero que todos os que citei estejam incluídos nesse “poucos”, tenho certeza de que ainda irão compartilhar comigo bons momentos juntos.

Riqueza, poder, reconhecimento. Nada disso valerá se você não tiver humildade para aceitar que todos temos o mesmo destino e o mesmo propósito existencial.

Própria autoria

LISTA DE FIGURAS

Figura I.1: Mapa geológico e de localização da Bacia Potiguar.....	12
Figura I.2: Arcabouço tectônico esquemático da Bacia Potiguar.....	15
Figura I.3: Carta estratigráfica da Bacia Potiguar.....	18
Figura 1.4: Perfil tipo com características das unidades de correlação da Formação Açú.....	19
Figura I.5: Ilustração do método “zoom”.....	21
Figura II.1: Perfil estratigráfico da formação Açú, com a posição estratigráfica das acumulações de óleo das primeiras descobertas.....	25
Figura II.2: Perfil da escarpa de Apodi com fotos de afloramentos.....	27
Figura II.3: Seção estrutural esquemática B-B', ao longo do Alto de Mossoró.....	29
Figura II.4: Dados integrados da Unidade Açú-4: mapas de isólitais de campos de petróleo, perfis estratigráficos de alguns poços desses campos, e bloco diagrama do modelo deposicional.....	31
Figura II.5: Seção estratigráfica feita ao longo dos poços testemunhados do campo de Canto do Amaro.....	33
Figura II.6: Biocronoestratigrafia do Membro Mossoró no poço RE-8, integrada com perfis elétricos, sedimentologia, associações faciológicas e parassequências.....	35
Figura II.7: Seção cronoestratigráfica do Membro Mossoró.....	37
Figura III.1: Perfil faciológico e testemunhos do poço BAL-5.....	40
Figura III.2: Fotomicrografias do poço BAL-5.....	41
Figura III.3: Perfil faciológico e testemunhos do poço MO-13.....	43
Figura III.4: Fotomicrografias do poço MO-13.....	44
Figura III.5: Perfil faciológico e testemunhos do poço CAM-63.....	47
Figura III.6: Fotomicrografias do poço CAM-63.....	48
Figura III.7: Fotomicrografias do poço CAM-11.....	49
Figura III.8: Perfil faciológico e testemunhos do poço RE-11.....	51

Figura III.9: Fotomicrografias do poço RE-11.....	52
Figura III.10: Fotomicrografias do poço RE-11.....	53
Figura III.11: Perfil faciológico e testemunhos do poço RE-8.....	55
Figura III.12: Fotomicrografias do poço RE-8.....	56
Figura III.13: Fotomicrografias do poço RE-8.....	57
Figura III.14: Perfil faciológico e testemunhos do poço RE-16.....	60
Figura III.15: Fotomicrografias do poço RE-16.....	61
Figura III.16: Fotomicrografias do poço RE-16.....	62
Figura III.17: Perfil faciológico e testemunhos do poço RE-23.....	64
Figura III.18: Fotomicrografias do poço RE-23.....	65
Figura III.19: Fotomicrografias do poço RE-23.....	66
Figura IV.1: Correlação cronoestratigráfica entre os poços do Campo de Redonda.....	69
Figura IV.2: Correlação cronoestratigráfica entre os poços representativos dos campos de Baixa do Algodão, Mossoró, Canto do Amaro e Redonda.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela IV.1: Fácies e diagênese, Ciclo 3, Campo de Redonda.....	70
Tabela IV.2: Fácies e diagênese, Ciclo 4, Campo de Redonda.....	71
Tabela IV.3: Fácies e diagênese, Ciclos 3 e 4, Campos de Baixa do Algodão, Mossoró e Canto do Amaro.....	73

RESUMO

As principais acumulações de óleo na Formação Açu (Albiano a Eoturoniano) ocorrem ao longo das duas linhas de charneira que limitam o rifte Potiguar. Para este trabalho foram escolhidos quatro campos localizados na charneira Areia Branca: Baixa do Algodão (BAL), Mossoró (MO), Canto do Amaro (CAM) e Redonda (RE). Estes produzem em diferentes horizontes da Formação Açu, inclusive em sua divisão “superior”, também conhecida como Açu-4 ou “Membro Mossoró”. Um projeto anterior forneceu um arcabouço cronoestratigráfico do Açu-4, baseado em análise de sequências e ciclos de fácies, ao longo de uma seção estratigráfica da faixa aflorante até a plataforma interna (90 km de extensão), passando pelos campos do *trend* BAL-RE; poços intermediários foram utilizados para facilitar a cronocorrelação. Este novo projeto investiga a evolução diagenética relacionada às respectivas fácies, realçando potenciais reservatórios de fases regressivas (ambientes fluvial e deltaico de fundo de baía) e não-reservatórios de fases transgressivas (ambientes estuarino, lagunar/planície de maré e marinho). Pelo método zoom, são reconhecidas e mapeadas três sequências deposicionais e cinco ciclos regressivo-transgressivos (correspondendo às associações faciológicas AF1 a AF5 de A. O. Silva, mestrado no campo Redonda). A diagênese é focada na parte superior do ciclo 3 (fase transgressiva) e na parte inferior do ciclo 4 (regressiva), que representa o principal reservatório do *trend* (conhecido como Arenito Mossoró). Nas fases regressivas, o reservatório arenito fino arcoseano apresenta eodiagênese ácida, representada por filmes de esmectita ou sobrecrescimentos de feldspato. Nas fases transgressivas, ocorrem normalmente arenitos bioturbados, com frequente a intensa cimentação alcalina de calcita ou dolomita, sobreposta por sobrecrescimentos de feldspato. Para o final do ciclo 3, em Redonda, ocorre um marco dolomítico com grãos fosfáticos (vertebrados), moluscos etc.; já em Canto do Amaro, há um arrasamento expresso por bioacumulação de gastrópodes e matriz micrítica, e coquina de bivalves em matriz argilosa calcitizada (lagunar), sucedidos por laminitos algáceos dolomitizados e paleosolos com raízes.

Palavras-chave: Bacia Potiguar; Formação Açu; Unidade Açu-4; Membro Mossoró; Estratigrafia de Sequência; Ciclo regressivo-transgressivo; Reservatório de petróleo.

ABSTRACT

Main oil accumulations in the Açú Formation (Albian to Early Turonian) occur along two hinge lines which are boundaries of the Potiguar rift. For this work were chosen four fields located in the Areia Branca hinge: Baixa do Algodão (BAL), Mossoró (MO), Canto do Amaro (CAM) and Redonda (RE). They produce from different intervals of Açú Formation, including its upper division, also known as “Açú-4” unit or “Mossoró Member”. An earlier project provided a chronostratigraphic framework of Açú-4 unit, based in sequence and facies cycle analyses, was displayed in a 90 km-long stratigraphic section, from outcrop belt to the inner shelf, through the fields of BAL-RE trend; intermediate wells were used to facilitate chronocorrelation (by J.C.Castro). This new project investigates the diagenetic evolution of Açú-4 facies; it will emphasize potential reservoirs of regressive phases of cycles (fluvial and bay-head delt environments) and non-reservoirs of transgressive phases of the R-T cycle (estuarine, lagoonal/tidal flat and marine). By the zoom method, it was recognized and mapped three depositional sequences and five regressive-transgressive cycles (corresponding to facies associations AF1 to AF5 proposed by A.O.Silva in his Master studies of Açú-4 in Redonda oilfield). The diagenesis is focused on the top of the third cycle (transgressive phase) and bottom cycle 4 (regressive), which represents the best reservoir of the trend (known as Mossoró sandstone). In the regressive phases, it is produced fine-grained sandstone reservoir, arkose-type; its early “acid” diagenesis is represented by smectite films around grains or feldspar overgrowth. In the transgressive phases, bioturbated sandstones suffer “alkaline” cementation by carbonates, superimposed by feldspar overgrowth. Towards the end of cycle 3, in Redonda field, there is a dolomitic mark with phosphatic grains (vertebrates), molluscs etc.; in Canto do Amaro field, there is a razing expressed by bioaccumulation of gastropods and micritic fabric, and bivalves coquina in calcitized clay fabric (lagoon), succeeded by dolomitized algal laminites and paleosoils with roots.

Keywords: Potiguar Basin; Açú Formation; Açú-4 Unit; Mossoró Member; Sequence Stratigraphy; regressive-transgressive cycle; Oil reservoir.

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO.....	11
1. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
3. LOCALIZAÇÃO.....	12
4. GEOLOGIA REGIONAL.....	13
4.1. Introdução.....	13
4.2. Arcabouço Estrutural.....	13
4.3. Arcabouço Litoestratigráfico.....	16
4.4. Estratigrafia Local (Açu-4).....	19
5. DADOS E MÉTODOS.....	20
6. FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES.....	21
II. HISTÓRICO DA FORMAÇÃO AÇU E PLAYS PETROLÍFEROS.....	23
III. FÁCIES E DIAGÊNESE.....	38
1. CAMPO DE BAIXA DO ALGODÃO – BAL.....	38
2. CAMPO DE MOSSORÓ – MO.....	42
3. CAMPO DE CANTO DO AMARO – CAM.....	45
4. CAMPO DE REDONDA – RE.....	50
4.1. POÇO RE-11.....	50
4.2. POÇO RE-8.....	54
4.3. POÇO RE-16.....	58
4.4. POÇO RE-23.....	63
IV. SÍNTESE E CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

I. INTRODUÇÃO

1. Apresentação e justificativa

Entre as três descobertas iniciais de petróleo na porção terrestre da Bacia Potiguar, destacou-se a de Mossoró, pelo fato de tratar-se de uma trapa mista (estrutural-estratigráfica). O reservatório localiza-se na Formação Açu (Albiano a Eo-Turoniano), mais especificamente no Açu “superior” ou, mais tarde “Membro Mossoró” ou unidade (operacional) “Açu-4”. Com as descobertas de Canto do Amaro (pela Petrobras) e Redonda (pela Azevedo Travassos), completou-se o *play* petrolífero Açu nas estruturas adjacentes à charneira [*hinge line*] de Areia Branca. Nesse *trend* MO-CAM-RE inclui-se também o campo Baixa do Algodão, por se tratar de um alto geomórfico (?) do embasamento (1-BAL-1) dentro do rifte Potiguar.

A princípio, sedimentos siliciclásticos e carbonáticos não se misturam. Entretanto, no domínio costeiro-marinho raso isso pode ocorrer com alguma frequência, a exemplo de deltas e estuários em região de mesomarés, como os atuais deltas marinho do Açu e o estuário de Galinhos (RN). Outro exemplo são as *beachrocks* do litoral nordestino, associadas à transgressão Flandriana: os grãos variam entre siliciclásticos, em Pirangi, litoral sul de Natal, e mistos (siliciclásticos e algas vermelhas) em Touros, ao norte de Natal.

Tendo em vista essas informações, foi escolhido como objeto de estudo o Membro Mossoró (Cenomaniano – Turoniano), também conhecido por unidade Açu-4, porção superior da Formação Açu (Albiano – Turoniano), da Bacia Potiguar. Essa unidade apresenta uma passagem gradual para a porção superior carbonática, a Formação Jandaíra (Turoniano – Campaniano). Formações essas, constituídas basicamente por rochas siliciclásticas e carbonáticas, respectivamente.

Há muitos trabalhos com enfoque nessa unidade, mas até então nenhum trabalho petrográfico relevante, o que implica em mais um motivo para a realização desta pesquisa.

2. Objetivos

A porção superior da Formação Açu é reconhecida por “Açu-4” ou “Membro Mossoró”. O objetivo deste trabalho é caracterizar petrográfica, estratigráfica e diageneticamente as fácies mistas e siliciclásticas que ocorrem nessa unidade, de idade cenomaniana a turoniana, da Bacia Potiguar.

3. Localização

Foram escolhidos, com base na disponibilidade do material utilizado, as áreas dos campos de petróleo de Baixa do Algodão (BAL), Mossoró (MO), Canto do Amaro (CAM) e Redonda (RE) (descoberto pela Azevedo Travassos), ilustrados no *trend* SO-NE da figura I.1. Este último é mais explorado devido a maior quantidade de dados disponíveis.

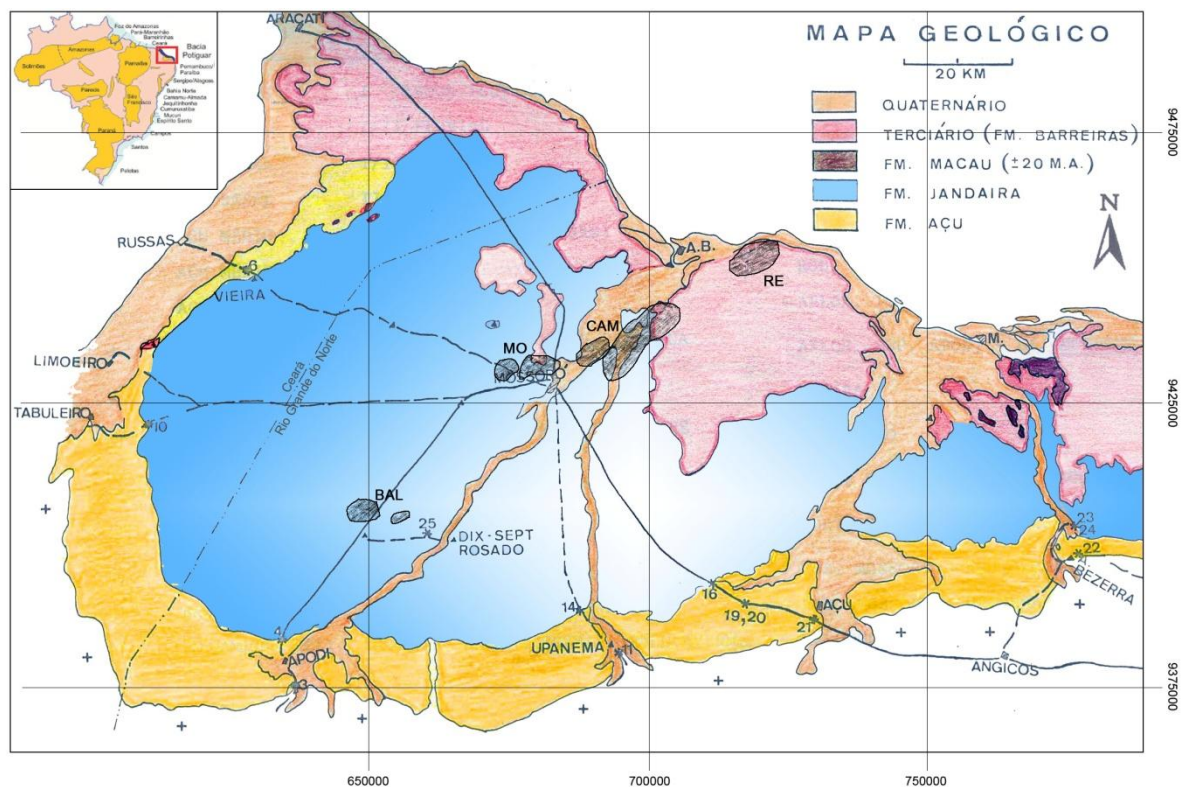


Figura I.1: Mapa geológico e de localização da Bacia Potiguar com a posição dos campos em estudo (áreas sombreadas), de SO para NE: Baixa do Algodão (BAL), Mossoró (MO), Canto do Amaro (CAM) e Redonda (RE). (Composição de várias fontes: CASTRO, 1981; CÓRDOBA, 2001; SILVA, 1991).

4. Geologia Regional

4.1 Introdução

A Bacia Potiguar foi formada no cretáceo, um período de grandes transformações na história da Terra. Nesse período ocorreram variações no nível do mar, modificações climáticas, geração de novos oceanos e uma redistribuição das áreas marinhas e continentais (CASSAB, 2003). Está situada no extremo nordeste brasileiro, entre os altos de Fortaleza, a oeste, e de Touros, a leste, pertencente à chamada Província Borborema. Cerca de 21.500 km² da bacia encontram-se emersos, e outros 26.500 km² submersos, estendendo-se para norte até a isóbata de 2.000m (ALMEIDA et al. 1977).

É uma bacia do tipo margem passiva, portanto guarda registros tectono-sedimentares dos estágios rifte, transicional e drifte. No entanto, afloram na bacia apenas as rochas sedimentares do estágio drifte, representado por uma sequência transgressiva que se formou do nealbio ao campaniano, e por uma sequência regressiva, depositada a partir do campaniano.

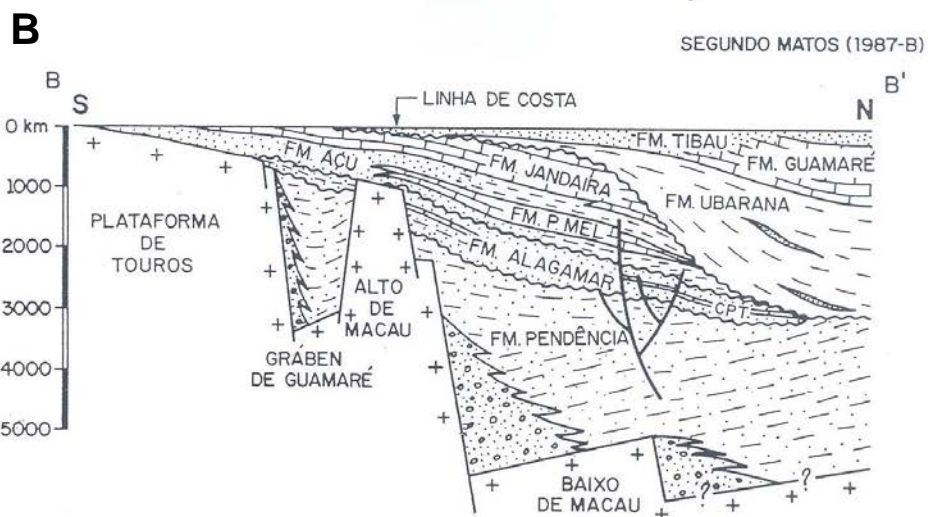
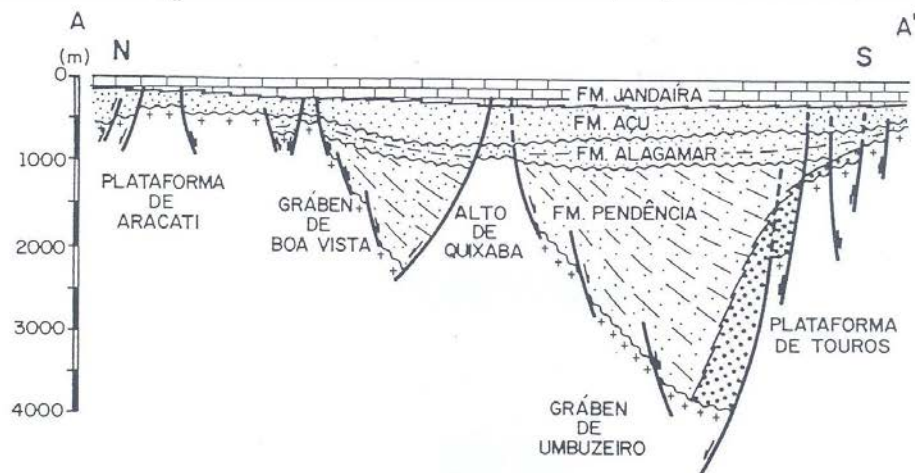
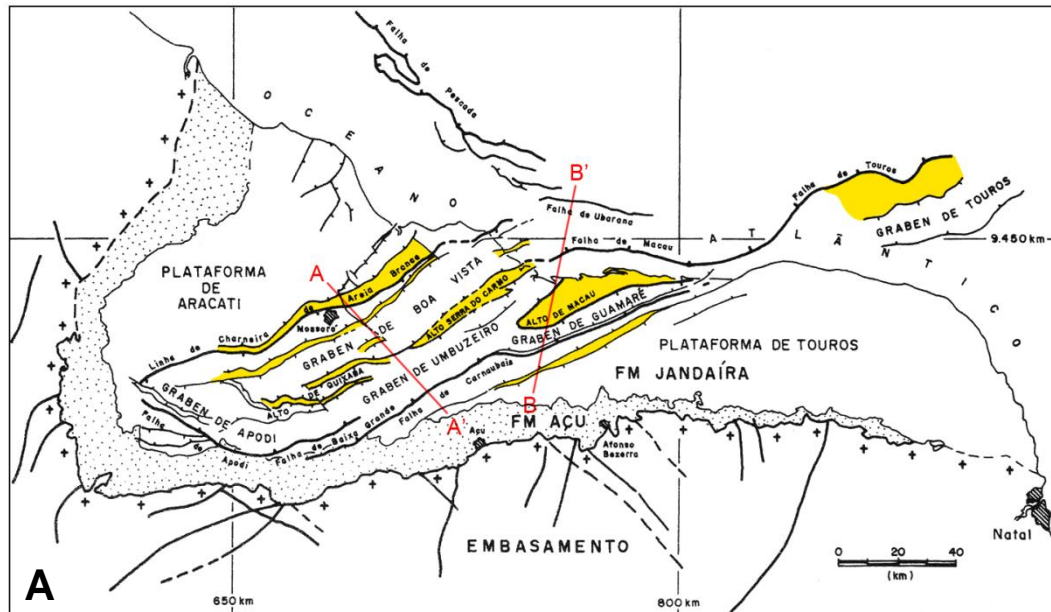
4.2. Arcabouço estrutural

O processo que culminou com a abertura do Atlântico Sul gerou vários riftes, dentre eles o “Sistema de Riftes do Nordeste Brasileiro”, composto pelas bacias do Recôncavo, Tucano, Jatobá, Rio do Peixe, Araripe, Sergipe-Alagoas e pela Bacia Potiguar (MATOS, 1987). Segundo NEVES (1987), a Bacia Potiguar representa um rifte intracontinental, em sua porção emersa, e uma bacia do tipo pull-apart, em sua porção submersa. Desenvolveu-se com um mergulho regional para NNO, sobre um substrato de rochas pré-cambrianas pertencentes à Província Borborema, onde há dois sistemas principais de falhamentos: um com direção NO-SE e outro com direção NE-SO, além de um importante sistema de zonas de cisalhamento E-O e NE-SO (ALMEIDA et al., 1984). A configuração original desses sistemas seria a de uma junção tríplice, completada ao norte pela margem sudoeste do continente africano (Nigéria), antes da separação continental. As falhas sofreram várias

reativações durante a evolução da bacia, sendo que a última ocorreu no Turoniano (STRINGHINI et al., 1982, apud SOUZA, 1982).

O arcabouço estrutural da Bacia Potiguar (Figura 1.2) é constituído basicamente de quatro feições morfo-estruturais, relacionadas com os grandes eventos que afetaram a mesma: grabens e altos internos, relacionados às fases de estiramento crustal (rifte), e plataformas rasas do embasamento e talude, relacionadas à fase de deriva continental. Na porção emersa da bacia, os grabens apresentam direção geral NE-SO, sendo margeados por duas plataformas rasas denominadas Aracati (a oeste) e Touros (a leste). Na porção submersa, a direção predominante das feições estruturais é NO-SE, por efeito de uma tectônica transtensional dextral (CREMONINI et al., 1996) em resposta ao processo de separação continental América do Sul-África.

Os principais lineamentos estruturais são as falhas de Areia Branca, Carnaubais e Ubarana, sendo as duas primeiras localizadas na parte emersa da bacia, com direção SO-NE e a última na parte submersa, com direção NO-SE, aproximadamente paralela à linha de costa (essa última configuração é válida para todas as feições localizadas na porção submersa e a primeira para as da porção emersa da bacia). Associados a elas destacam-se o Alto de Touros, no extremo leste da bacia; o de Mossoró, a leste da Falha de Areia Branca; o de Aracati, na borda oeste da bacia, além do Alto de Macau, no bloco alto da Falha de Ubarana. Outros elementos estruturais importantes são o Graben de Umbuzeiro, a oeste da Falha de Carnaubais, e o bloco baixo da Falha de Ubarana (Baixo de Macau), onde se encontram as maiores espessuras de rochas sedimentares (Figura 1.2). É importante notar que as principais feições estruturais do segmento leste-oeste coincidem com a continuação do Sistema de Fraturas de Fernando de Noronha, enquanto o graben orientado na direção noroeste está confinado entre o sistema de fraturas citado e a Zona de Fratura de Romanche (BERTANI, 1995).



C

Figura I.2: A – Mapa do arcabouço tectônico da Bacia Potiguar. Os perfis AA' e BB' referem-se às figuras B e C; B – Seção geológica da parte emersa da bacia (AA'); C – Seção geológica da parte submersa e uma porção da parte emersa da bacia (BB') (BERTANI, et al. 1990).

4.3. Arcabouço Estratigráfico

A coluna estratigráfica correspondente à fase drifte da Bacia Potiguar compreende as formações Açú, Ponta do Mel e Jandaíra. Estas últimas constituem duas plataformas carbonáticas de idades albiana e turoniana-campaniana, respectivamente (Figura 1.3).

A Formação Açú, de idade albiana – turoniana, caracteriza-se, segundo Sampaio e Schaller (1968), basicamente por uma seção superior de arenitos finos intercalados com folhelhos esverdeados e uma seção inferior mais espessa, avermelhada, composta por conglomerados e arenitos com delgadas intercalações de folhelhos e siltitos. Foi depositada em um ambiente tipicamente continental que vai se tornando transicional a marinho raso para o topo da unidade (CASTRO et al., 1982). Em direção ao mar, grada lateralmente para as Formações Ponta do Mel e Ubarana (Membro Quebradas). Aflora nas bordas da bacia e estende-se por toda a porção emersa atingindo a Plataforma Continental, numa área de cerca de 40.000 km², com espessuras de até 1.000m na porção submersa e mais de 650m na porção emersa. É limitada acima pelos carbonatos da Formação Jandaíra e seu contato inferior é discordante e erosivo com o Embasamento ou com a Formação Alagamar. Essa unidade litoestratigráfica contém os principais reservatórios de hidrocarbonetos da Bacia Potiguar e constitui um importante aquífero (VASCONCELOS et al., 1990).

Estudos mais recentes permitiram estabelecer maiores detalhes sobre seus ambientes deposicionais. CASTRO e BARROCAS (1981) reconheceram nesta unidade as fácies de leque aluvial e fluvial (anastomosado e meandrante) na seção inferior, além de deltaico-estuarino, baía e praia na seção superior e na transição entre as Formações Açú e Ponta do Mel (SOUZA, 1982). A Formação Açú foi subdividida em quatro unidades operacionais, sendo que Açú-1 e 2 formam um ciclo fluvial transgressivo, entrelaçado a meandrante; e Açú-3 e 4 formam outro ciclo transgressivo, de meandrante grosso a estuarino deltaico transicional. A Formação Ponta do Mel é o equivalente distal do Açú-2, onde se forma o Cânion de Ubarana, na porção leste da Bacia, com preenchimento posterior a Ponta do Mel (Cenomaniano) (CASTRO et al., 1988).

A Formação Jandaíra, cuja base assenta-se em contato gradacional sobre os sedimentos da Formação Açú, caracteriza-se, tanto em superfície como em subsuperfície, pela predominância de carbonatos marinhos, de água rasa e agitada. É constituída, principalmente, por calcarenito com bioclastos de moluscos, algas verdes, briozoários e equinóides, calcarenito a miliolídeos, calcilutito bioclástico e calcilutito com *birdseyes*. O modelo deposicional nesta unidade apresenta as fácies de planície de maré, laguna rasa, plataforma rasa e mar aberto, em uma bacia faminta (TIBANA E TERRA, 1981, apud SOUZA, 1982).



CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA POTIGUAR

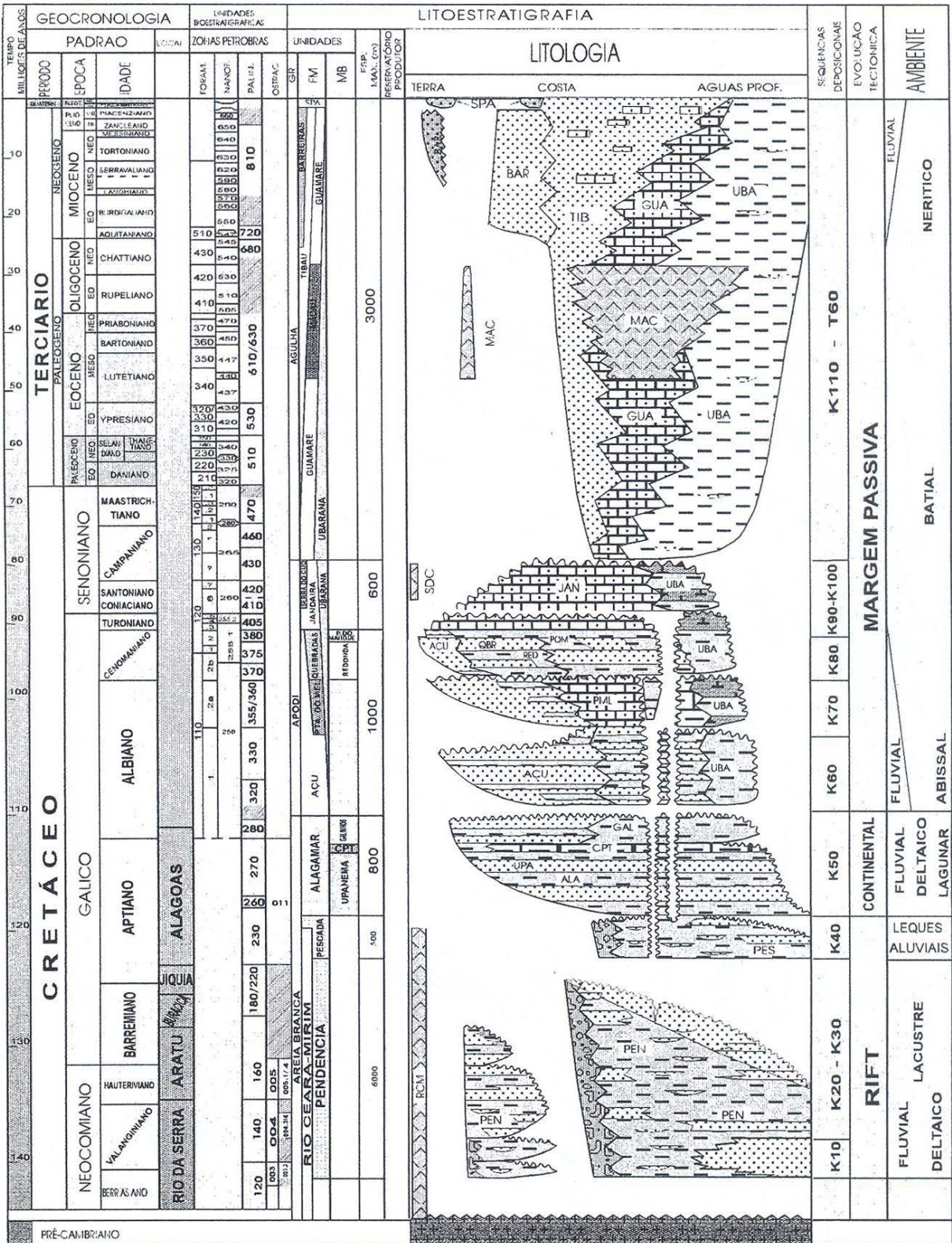


Figura I.3: Carta estratigráfica da Bacia Potiguar. (FONTE: PETROBRAS, apud FARIAS, 1997).

4.4. Estratigrafia local (Açu-4)

Sentindo a necessidade de subdividir a Formação Açu a fim de permitir uma elaboração satisfatória de mapas faciológicos e interpretações ambientais, Vasconcelos et al., utilizando-se de perfis elétricos, compararam as diferentes respostas destes, dividindo assim a Formação Açu em quatro seções ou “unidades de correlação”, da base para o topo: Açu-1, Açu-2, Açu-3 e Açu-4. Essa correlação não foi baseada na correspondência de pequenas feições ou de marcos com assinatura reconhecível, mas nas características diferenciadas de intervalos maiores. Assim, as unidades de correlação definidas equivalem a pacotes de rochas depositadas como resposta a determinados eventos de caráter regional na bacia (VASCONCELOS et al., 1990) (Figura I.4).

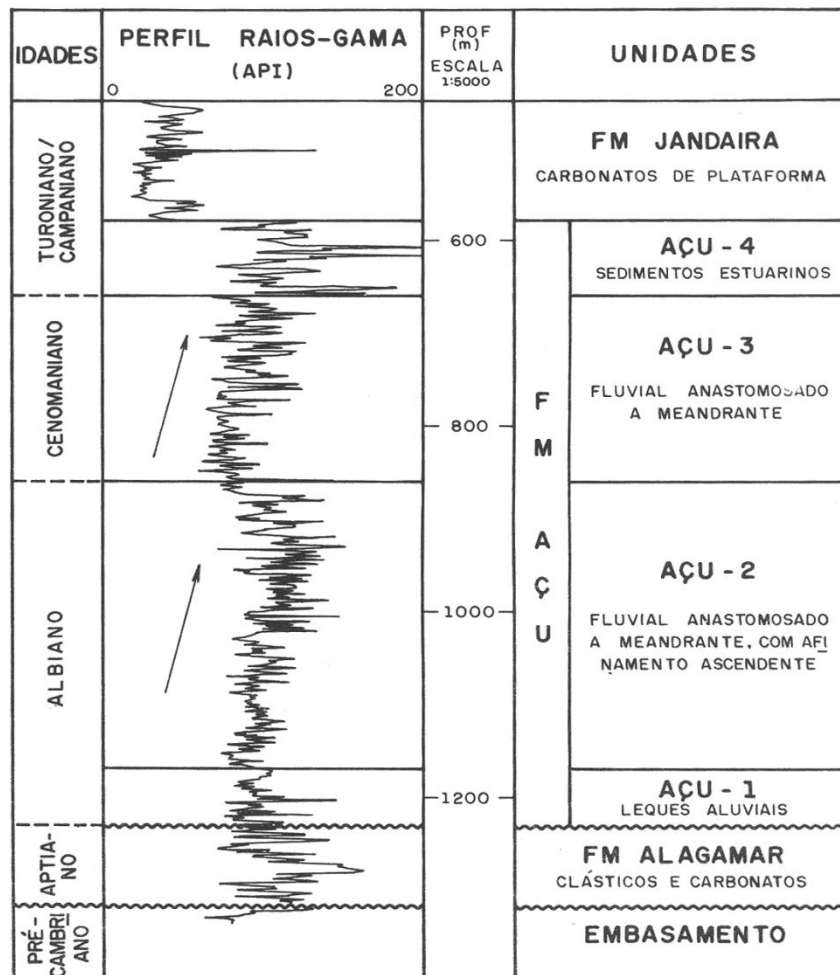


Figura I.4: Perfil tipo com características das unidades de correlação da Formação Açu, Bacia Potiguar (VASCONCELOS, 1990).

A Unidade Açú-4, também conhecida por Membro Mossoró, foco deste trabalho, corresponde ao topo da Formação Açú e representa uma zona de transição da Formação Açú para a Formação Jandaíra, onde os sedimentos passam a ser cada vez mais carbonáticos em direção ao topo. Seu contato inferior se dá com a Unidade Açú-3, exceto na Plataforma de Touros, onde é discordante com o Embasamento.

A base do Açú-4 é marcada por uma quebra de porosidade, onde as rochas tornam-se mais porosas que as da unidade inferior (Açú-3). Essa quebra caracteriza o Marco 1, capeador das acumulações de hidrocarbonetos de Alto do Rodrigues e Estreito. O topo do Açú-4 foi marcado nos primeiros calcários a partir de onde o pacote torna-se essencialmente carbonático (VASCONCELOS et al., 1990) (Figura I.4).

Litologicamente, a Unidade Açú-4 abrange argilitos, folhelhos, siltitos, arenitos muito finos a médios e eventuais calcilitos e margas dolomitizados. O ambiente de deposição abrange fácies estuarinas a marinhas rasas, com desenvolvimento de ilhas de barreira cortadas por canais de maré com laguna de retaguarda, sendo que em algumas áreas como os campos de Estreito, Baixa do Algodão e em afloramento na área de Apodi, são observadas fácies fluviais (VASCONCELOS et al., 1990).

5. Dados e métodos

Foram utilizados dados da coleção do orientador, tais como fatias de testemunhos e lâminas delgadas de poços dos campos de Mossoró (MO), Canto do Amaro (CAM), Baixa do Algodão (BAL) e, principalmente, Redonda (RE). Também foram utilizados trabalhos como os de CASTRO e BARROCAS (1981) e CASTRO (1988).

O método telescópico parte de uma visão hierárquica das heterogeneidades de reservatórios, sob diferentes escalas (macro-, meso- e micro-escala) (Figura I.5). Assim, além do estudo de fácies em testemunhos, foi fundamental para a elaboração do trabalho o estudo de suas respectivas lâminas delgadas para fins de

detalhamento petrográfico e diagênese. Foram selecionadas e confeccionadas cerca de 32 lâminas de subsuperfície, pertencentes aos campos supracitados

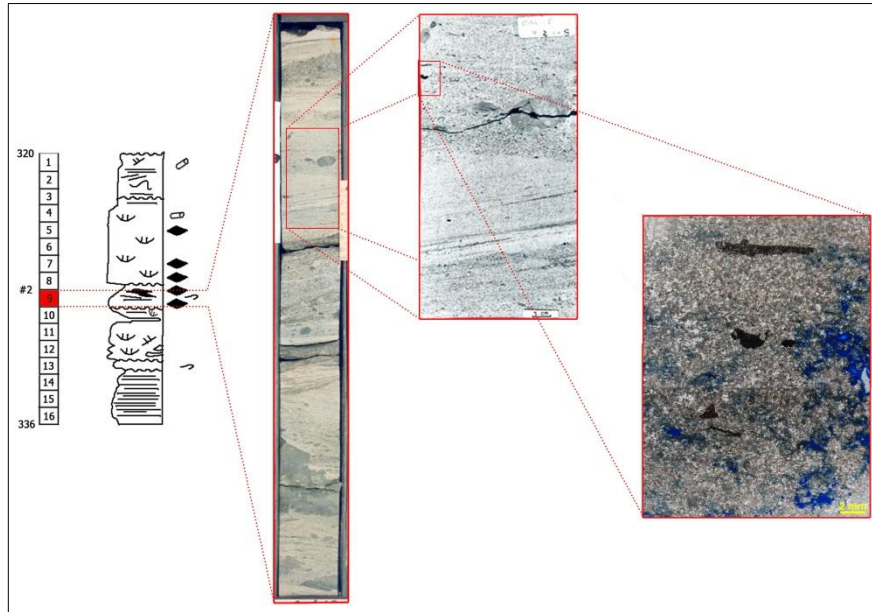


Figura I.5: Ilustração do método “zoom” (telescópico), em suas várias escalas. Da esquerda para a direita: Perfil faciológico, testemunho, detalhe do testemunho e fotomicrografia de lâmina delgada, feita em lupa eletrônica com um aumento de 8x, campo BAL.

Além do método telescópico utilizado, foram também interpretados, e por vezes correlacionados, perfis faciológicos oriundos dos trabalhos supracitados neste capítulo, a fim de reconhecer a variedade de sequências deposicionais encontradas nos campos de exploração de petróleo estudados. Foi utilizado também o método de pigmentação com o uso da alizarina em algumas lâminas para facilitar na diferenciação de cimentos. A alizarina pigmenta os cimentos compostos basicamente por calcita, enquanto a dolomita permanece com sua cor natural.

6. Fundamentos e Aplicações

Misturas de rochas siliciclásticas e carbonáticas podem ocorrer devido a variação lateral de fácies (variabilidade espacial) ou devido as variações do nível do mar e/ou do aporte sedimentar, causando uma variação vertical na sucessão estratigráfica (variabilidade temporal).

Essa mistura pode ocorrer através de uma ampla gama de escalas, que vai de milímetros a quilômetros, respondendo a uma ampla gama de processos, e pode ser influenciado por todas as ordens de ciclicidade. A evolução da mistura pode variar ao longo de ambas as deposições lateral e vertical, abrangendo ambientes costeiros/estuarinos e transgressivos, plataformas e porções profundas da bacia. O principal transporte de siliciclásticos para a bacia é controlado por taxas de variação do nível do mar e subsidência, que juntas criam espaço de acomodação. Outro fator significativo inclui o clima, aporte sedimentar e modo de transporte, largura da plataforma, paleobatimetria (rampa, rampa distalmente escarpada, borda de plataforma) e padrões recentes.

A inserção do tema “sedimentação mista” se deve à ideia inicial desta pesquisa. Nas conclusões, o tema será retomado indicando os intervalos cronoestratigráficos onde esse tipo de sedimentação ocorre e, portanto, se justifica tal inserção.

Na unidade Açú-4 há também o prolífico *trend*/charneira de Carnaubais, onde se pode destacar uma acumulação em arenitos costeiros litorâneos (“Açú-5”) da Formação Jandaíra (campos de São Luiz-Monte Alegre).

II. HISTÓRICO DA FORMAÇÃO AÇU E PLAYS PETROLÍFEROS

Há muitos estudos acerca da Formação Açú (Albiano-Turoniano), sobretudo no que se refere à sua estratigrafia, à sua relação com a unidade carbonática adjacente (Formação Ponta do Mel, Albiano) e sobreposta (Formação Jandaira, Turoniano a Campaniano), e aos seus *plays* petrolíferos na Bacia Potiguar.

O primeiro mapa geológico das formações cretáceas da Bacia Potiguar foi confeccionado por geólogos do Conselho Nacional do Petróleo (CNP), através de levantamentos geológicos e geofísicos realizados nos períodos de 1945 a 1949 e de 1951 a 1955. As camadas clásticas basais foram definidas como “Arenito Açú”, e a camada superior como “Calcário Jandaíra” (KREIDLER & ANDERY, 1945; BEURLIN, 1967, apud FARIAS, 1997).

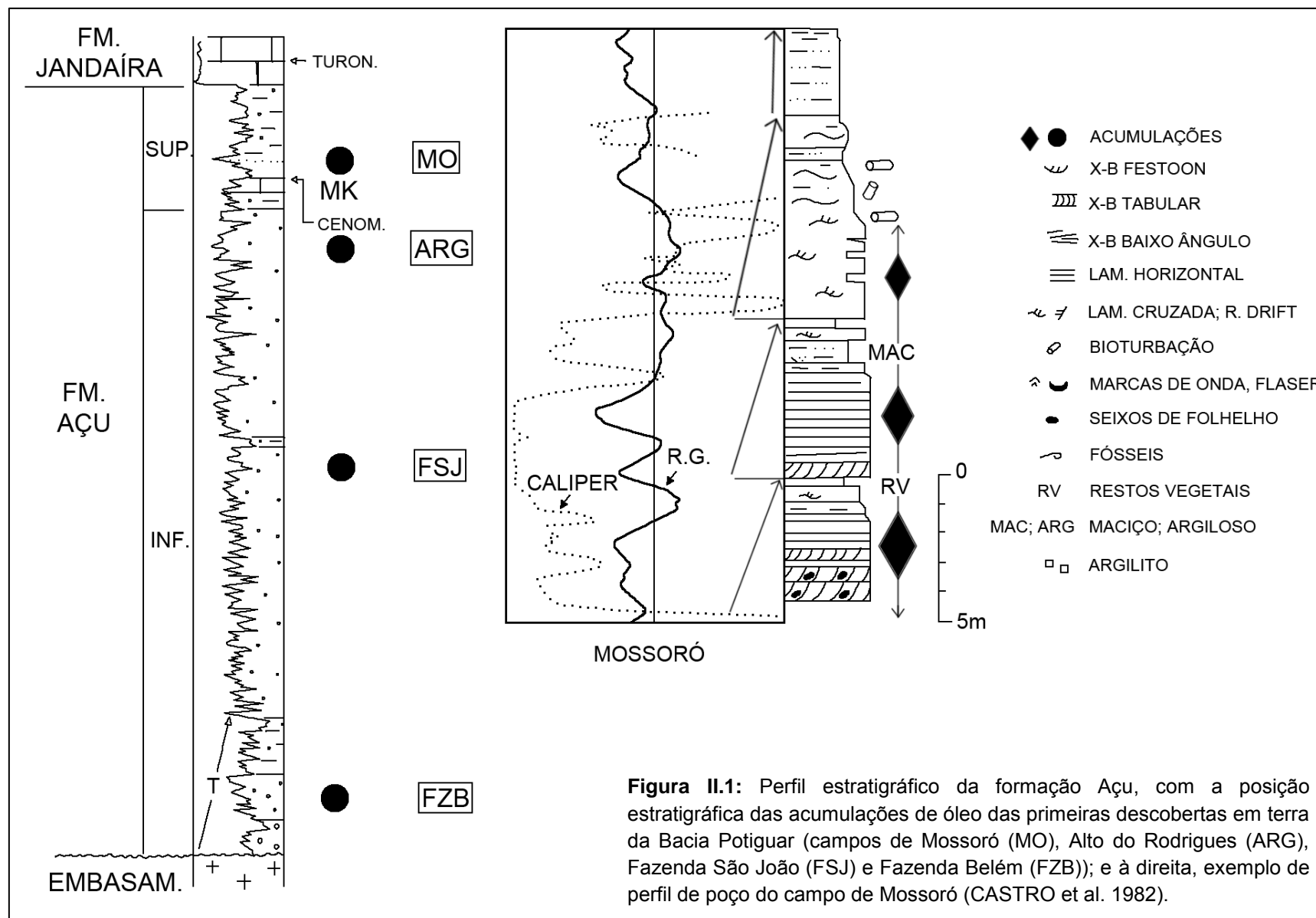
As primeiras descobertas na porção terrestre da bacia Potiguar ocorreram por acaso, no final dos anos 70 e início dos anos 80, durante uma campanha de perfuração de poços para água. Entretanto, os três campos inicialmente descobertos apresentavam problemas operacionais. O campo de Fazenda Belém (FZB), no vizinho estado do Ceará, produzia óleo pesado (13° API), enquanto o campo de Fazenda São João (FSJ) possuía alta produção de água (80%) em relação à de óleo (20%). O campo de Mossoró (MO), por constituir uma trapa estratigráfica, apresentava reservatórios descontínuos e com baixa produção; portanto, havia dificuldade em saber exatamente onde localizar poços de desenvolvimento para produção de óleo. Observa-se no perfil composto da **figura II.1**, a posição estratigráfica dos reservatórios nas porções inferior (FZB) e média (FSJ) da Formação Açú, considerados de origem fluvial entrelaçado (“anastomosado”, no original) e meandrante, respectivamente. Já ao reservatório “Arenito Mossoró” é atribuída origem por planície deltaica de fundo de baía (lobos e deltas de crevasse; ver perfil sedimentológico da figura II.1) (CASTRO et al. 1982).

A primeira grande descoberta da Petrobras foi no bloco alto da falha de Carnaubais, ou linha de charneira [*hinge line*], com o campo de Alto do Rodrigues (ARG), que produziu na porção superior da Formação Açú “inferior”, no ano de 1982. O principal reservatório do campo foi considerado fluvial-estuarino, empilhado segundo três ciclos de afinamento ascendente: arenito fino-grosso com

estratificação cruzada, permoporoso (na parte inferior de cada ciclo), seguido de arenito argiloso, bioturbado, não-permeável (“selante”), na parte superior. Assim, tais ciclos (partes inferiores) vêm a constituir três zonas-reservatório com óleo de boa qualidade (figura II.1; CASTRO et al., 1982).

Os reservatórios dos campos FZB, FSJ e ARG distribuem-se ao longo da unidade “Açu Inferior” (figura II.1), onde predominam arenitos finos a grossos e conglomerados de origem aluvial (CASTRO et al. 1982). Observa-se apenas em FZB uma sequência transgressiva inicial (T), na base da formação. A unidade superior é composta de arenitos finos a folhelhos de origem deltaica, nela estando localizado o reservatório do campo de Mossoró, além de um marco regional (MK) de arenitos bioturbados a laminados, em parte bioclásticos, que constitui um evento transgressivo coincidente com o topo do Cenomaniano (M. REGALI e S. GONZAGA, apud CASTRO et al. 1982). Acima do marco, a Fm. Açu é de idade Turoniana, cujo limite superior é reconhecido em folhelhos escuros da porção basal da Fm. Jandaíra; abaixo do marco a idade é Cenomaniana a Albiana, sendo esta última idade obtida por correlação com poços na porção *offshore* da bacia.

Na faixa de afloramentos a Fm. Açu é essencialmente arenosa e indivisa, e sua passagem para a Fm. Jandaíra pode ser relativamente abrupta, ao contrário do que acontece em subsuperfície, onde a passagem é gradual (CASTRO et al. 1982).



No roteiro de campo já citado, de CASTRO e BARROCAS (1981) também foi destacada essa transição entre as formações Açú e Jandaíra, como por exemplo, no afloramento da escarpa de Apodi (**figura II.2**), o mais clássico da bacia. Na figura II.7, é marcante o intervalo transicional Açú-Jandaíra, sendo observado nas fotos A, B e C. A foto “A” mostra uma vista geral do 5º arenito. Na base, pequena sequência de arenitos com estratificação cruzada passando a laminação cruzada. No meio, ao nível do geólogo, o “núcleo” do arenito com *sets* tabulares de médio e grande portes. O aspecto ondulado do arenito do topo deve-se a presença de feições de retrabalhamento, como marcas de onda com *flaser* (foto D) em arenitos de tração semelhantes aos anteriores. A foto “B” mostra uma vista geral do 4º arenito, limitado pelos arenitos amarelados do 3º (base da foto) e 5º arenitos (topo do afloramento). Nesta foto, os *foresets* desaparecem e só ocorrem arenitos com laminações horizontal ou cruzada e frequentes níveis bioturbados. A foto “C” foi tirada à esquerda da foto “A”. A superfície “S” entre os folhelhos esverdeados/margas creme e os arenitos de tração da direita inferior da foto, corresponde ao contato entre os arenitos da porção média e superior da foto “A”. Estes folhelhos esverdeados em *onlap* contra o “núcleo” do 5º arenito foram interpretados como depósitos transgressivos de baía sobre barras fluviais abandonadas. A foto “D” foi tomada do topo do afloramento e representa arenitos calcíferos comumente intercalados em folhelhos esverdeados/margas, com numerosos *flasers* em seu interior.

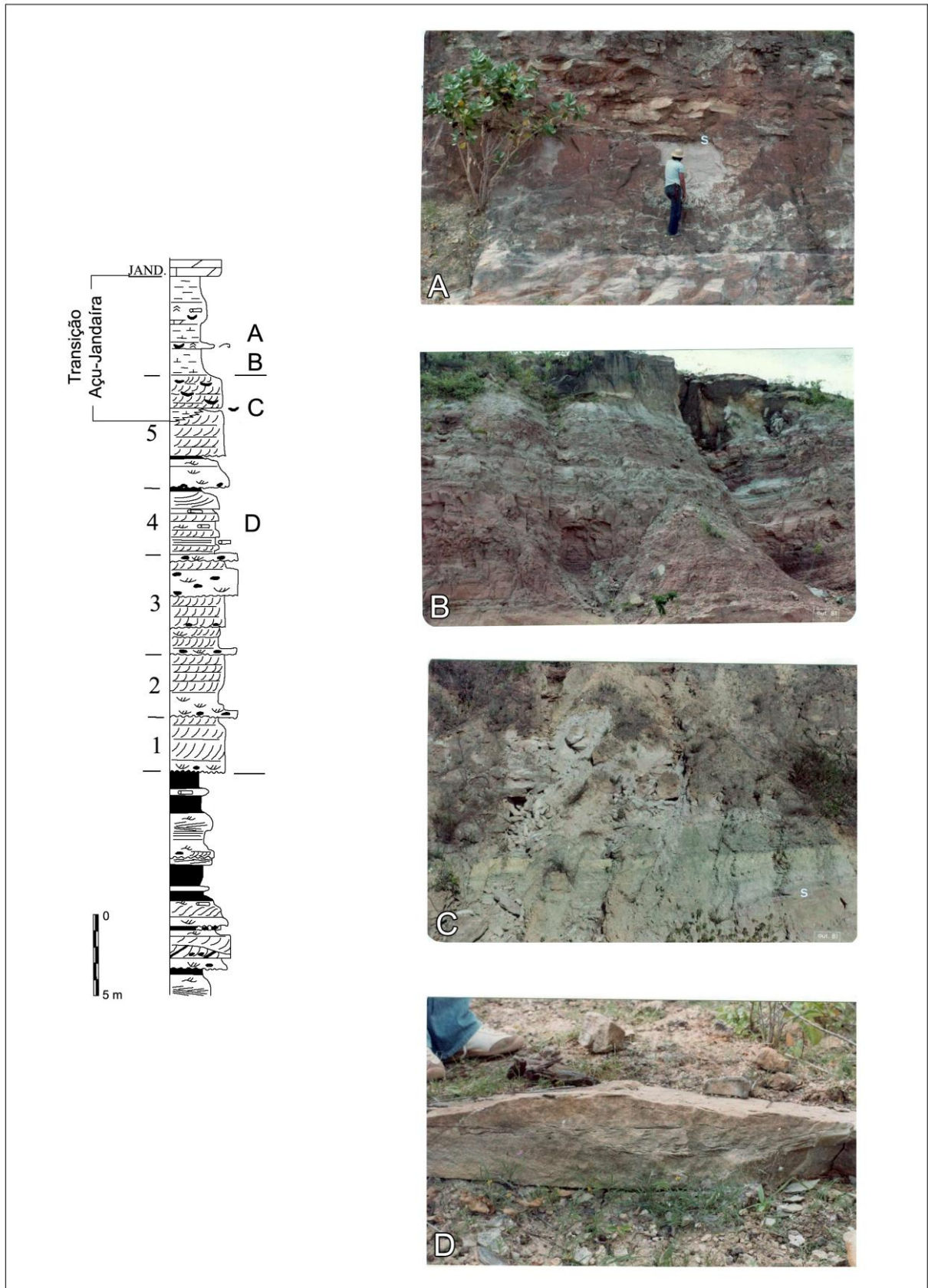


Figura II.2: Perfil da escarpa de Apodi, à esquerda, e fotos de afloramentos, à direita, indicadas no perfil pelas letras de A a D (FONTE: CASTRO E BARROCAS, 1981).

A tese de mestrado de SILVA (1991) foi bastante explorada e teve grande utilidade para o entendimento do tema e desenvolvimento deste trabalho. Nela foi abordado o Membro Mossoró (Açu-4) na área do campo de Redonda, dentro de um contexto cronoestratigráfico de parassequências e conjuntos de parassequências. Na tese foi revisado o trabalho de NOLLA (1989), de onde foi retirada a **figura II.3**, que mostra uma seção estrutural com as acumulações de óleo, algumas delas analisadas neste trabalho.

A seção geológica ao longo da falha/linha de charneira de Areia Branca utilizou a divisão estratigráfica da Formação Açu em quatro unidades operacionais (Açu-1 a Açu-4, vide figura I.4 do capítulo anterior) para mostrar os campos petrolíferos do *play* Açu. Observa-se, no *inset* da figura II.3, que há dois *trends* principais dos campos de óleo, ambos acompanhando as linhas de charneira que delimitam os grabens da fase rifte da bacia: a charneira de Areia Branca, a noroeste (*trend* que acompanha a seção B-B'), e a falha de Carnaubais, a sudeste (vide figuras I.1 e I.2-A, do capítulo anterior, para melhor localizar os campos e falhas, respectivamente). Os campos de Mossoró, Canto do Amaro e Redonda são os mais importantes no *trend* de Areia Branca, enquanto ao longo da charneira de Carnaubais destacam-se os campos de Estreito, Alto do Rodrigues, Fazenda Pocinho e Guamaré.

A seção geológica da figura II.3 mostra a distribuição vertical dos horizontes petrolíferos da Formação Açu no primeiro *trend*. As principais acumulações ocorrem na unidade Açu-2, seguindo-se as acumulações no Açu-4 (“Membro Mossoró”) e, mais localizadamente no Açu-3, campos Alto da Pedra e Canto do Amaro. A seção também revela o controle estratigráfico das trapas estruturais do Açu-4, com o reservatório “Arenito Mossoró” ocupando sempre a mesma posição estratigráfica, ou seja, como um “lençol arenoso regressivo”, mas descontínuo, segmentado.

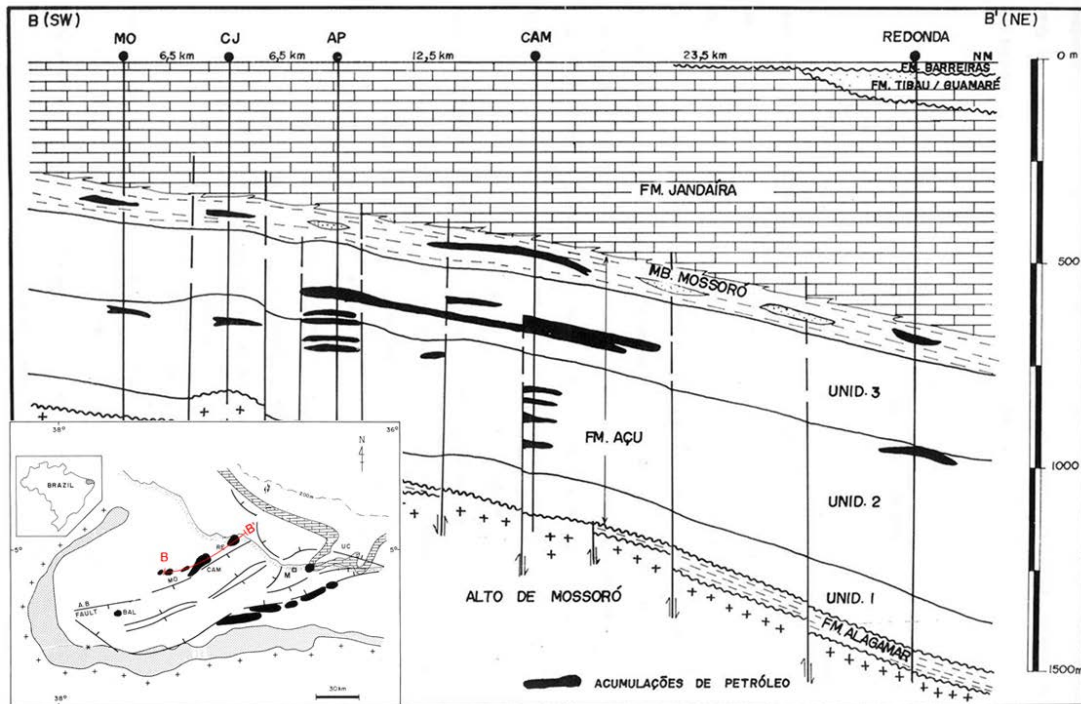


Figura II.3: Seção estrutural esquemática B-B' (indicada no mapa *inset*) ao longo do Alto de Mossoró (NOLLA, 1989, apud SILVA, 1991).

SOUTO et al. (1990) caracterizaram os vários sistemas deposicionais e seus subambientes, responsáveis pela deposição dos reservatórios produtores de hidrocarbonetos na área do Alto de Mossoró, relacionando a geometria, a continuidade e a qualidade dos reservatórios, utilizando mapas de isólit, seções estratigráficas e blocos diagramas (**figura II.4**).

O bloco diagrama apresentado na figura II.4, relativo ao topo da Formação Açu (Unidade Açu-4), ilustra os vários sub-ambientes desenvolvidos ao longo do Alto de Mossoró e que foram responsáveis pela deposição do “Arenito Mossoró”.

BAGNOLI et al. 1986 (apud SOUTO et al. 1990), analisando os testemunhos deste intervalo na área de Canto do Amaro (CAM), propuseram um modelo deposicional transicional, onde foram observadas interdigitações entre vários sub-ambientes, destacando-se os *inlet channels* (representando os melhores reservatórios), laguna, leque de arrombamento, planície de maré e delta de maré enchente.

Na área do Alto da Pedra (AP), onde se dispõe de um poço testemunhado nesta seção, observa-se que, na metade inferior do testemunho predominam pelitos e margas (contendo coquinas de gastrópodes), com intercalações de arenitos finos a médios com estratificações cruzadas acanaladas e tabulares, com níveis erosivos e bolas de argila. Esta seção provavelmente representa depósitos de planície de maré/lagunares, cortados por canais de maré. A metade superior apresenta arenitos finos a siltitos vermelhos, maciços, bioturbados, com níveis de *Chondrites*, localmente com estruturas de escorregamento e laminações cruzadas cavalgantes; a esta sequência, atribui-se deposição em sistema deltaico (?) com influência de marés, progradando sobre os sedimentos de planície de maré/lagunares (SOUTO et al. 1990).

A análise conjugada de todos os dados disponíveis sugere, conforme proposto por BAGNOLI et al. (1986) e BAGNOLI (1988), que o “Arenito Mossoró”, na área de Canto do Amaro, resulta do retrabalhamento de sedimentos de ilhas de barreira pela migração lateral de *inlet channels* em um regime dominado por marés. Na área de Alto da Pedra, os reservatórios arenosos provavelmente representam sedimentos de pequenos canais de maré (*tidal creeks*) e/ou canais distributários deltaicos com influência de marés que progradam sobre sedimentos de maré e lagunares (FARIAS, in CONCEIÇÃO et al. 1989, apud SOUTO et al. 1990).

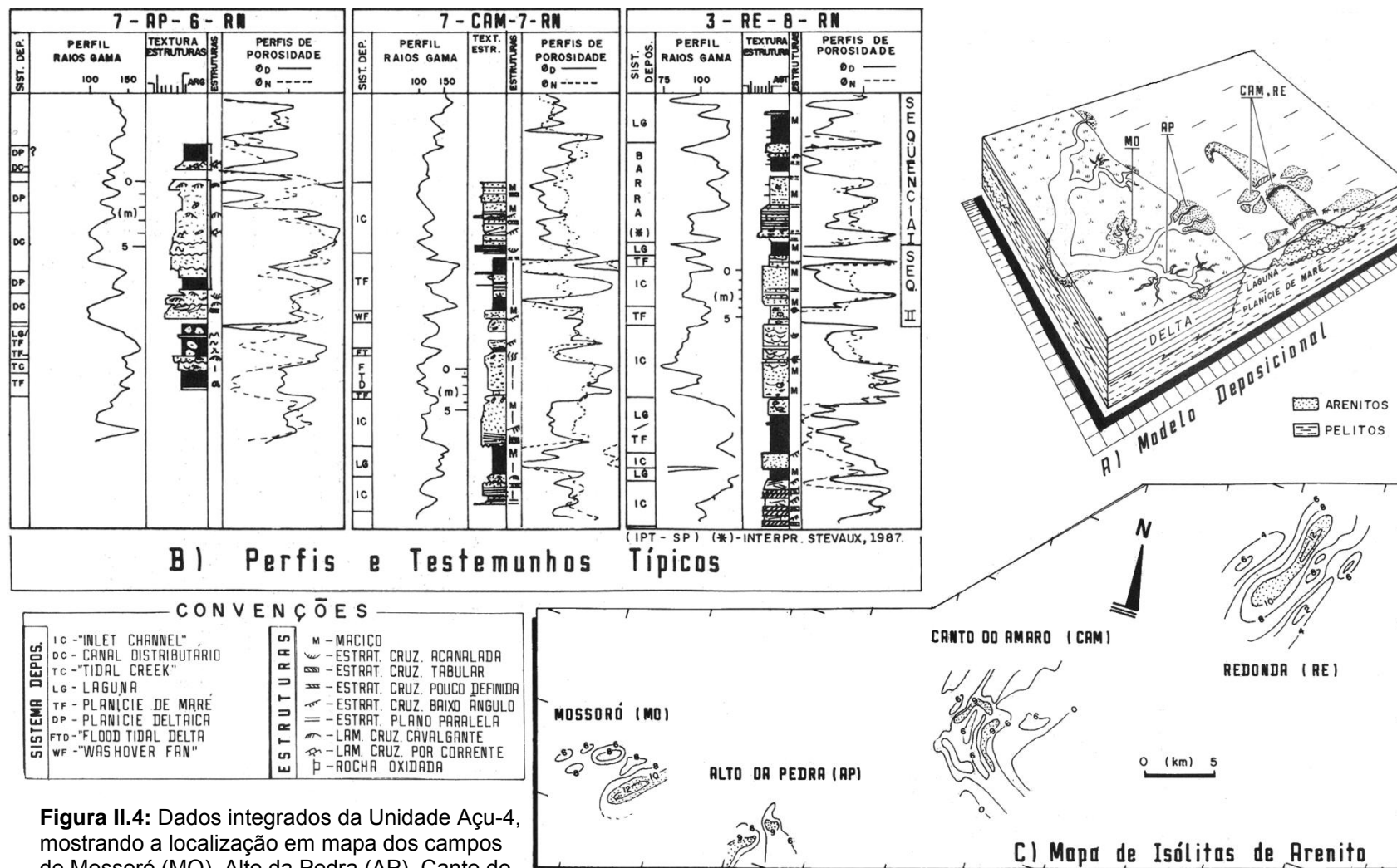


Figura II.4: Dados integrados da Unidade Açú-4, mostrando a localização em mapa dos campos de Mossoró (MO), Alto da Pedra (AP), Canto do Amaro (CAM) e Redonda (RE), com as respectivas isólitas do arenito Mossoró (C), a correlação estratigráfica entre poços representativos dos três últimos campos (B), e um bloco diagrama que mostra o modelo deposicional do arenito Mossoró (SOUTO et al. 1990).

BAGNOLI (1993) publicou um trabalho com enfoque no campo de Canto do Amaro, de onde foi extraída a **figura II.5**. Trata-se de uma seção cronoestratigráfica da Unidade Açú-4, com quatro poços testemunhados, onde a distância entre o primeiro e último poços da seção é de aproximadamente 3km. A estratigrafia é similar a do campo de Redonda (ver **figura II.6**), apresentando duas sequências deposicionais.

A sequência inferior é formada por um ciclo basal composto por arenito fluvial (topo da Açú-3), seguido por lamitos de laguna (base do Açú-4). A esse ciclo sucedem-se três ciclos de trato de mar alto, aqui designados de C-1 a C-3, formando um arranjo granodecrescente: na parte inferior de cada ciclo, interpretado como canal de entrada [*inlet channel*], e na parte superior, uma variedade de ambientes, desde laguna/planície de marés (C-1), delta de maré enchente (C-2) e planície de marés (folhelhos/margas) (C-3).

A sequência superior começa com o reservatório “Arenito Mossoró” (figura II.5, em amarelo), que inclui um corpo arenoso complementar nos dois poços ao sul. A seção se completa com lamitos de laguna/planície de maré. Um marco carbonático encerra a sedimentação siliciclástica (marga, calcilutito bioclástico e coquina) (BAGNOLI, 1993).

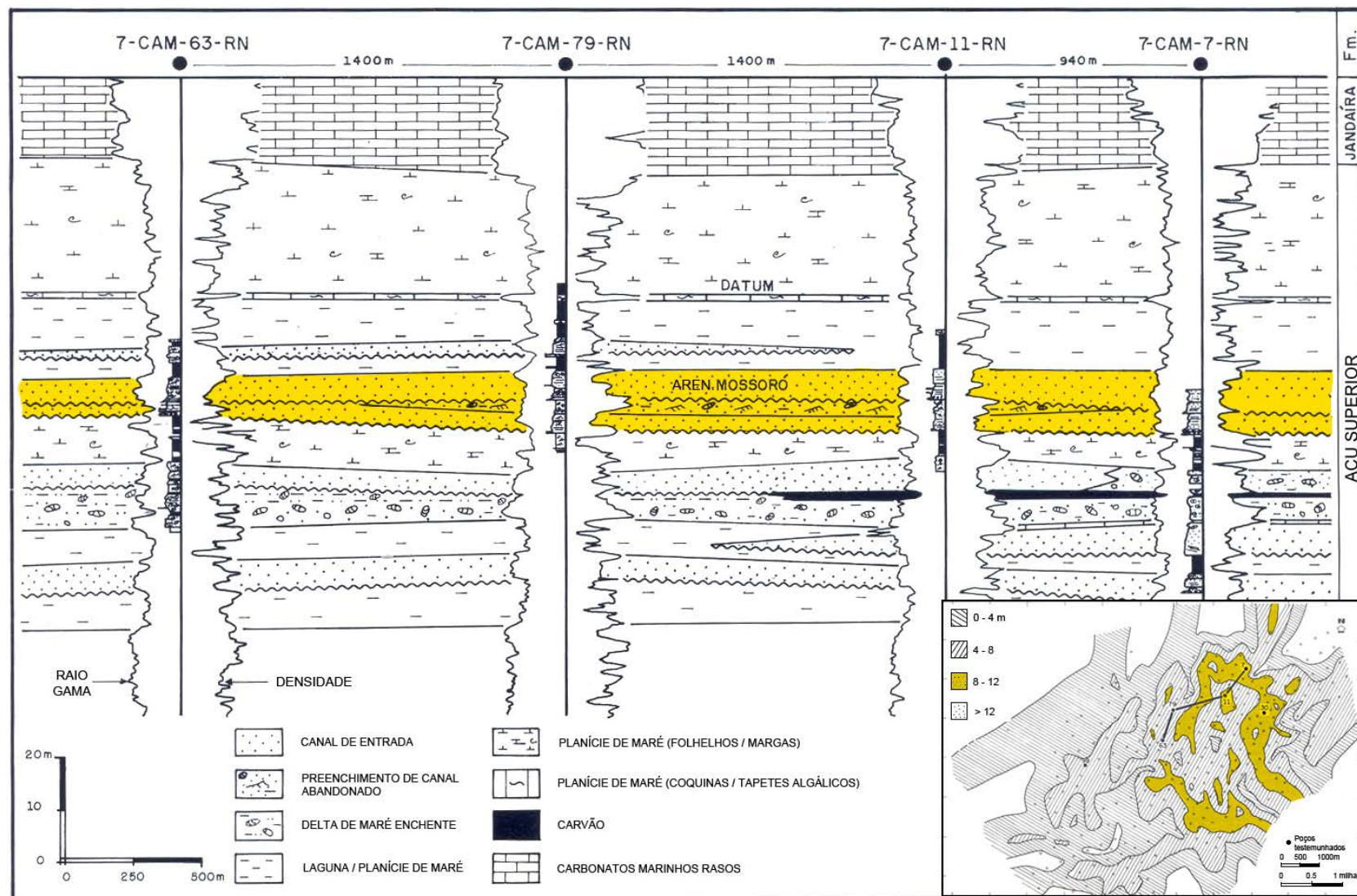


Figura II.5: Seção estratigráfica feita ao longo dos poços testemunhados (localizados no mapa *inset*), mostrando a sequência transgressiva dos arenitos transicionais da Unidade Açú-4 para os carbonatos marinhos-rasos da Formação Jandaíra. Em amarelo está o “Arenito Mossoró” (BAGNOLI, 1992).

A partir da análise sedimentológica macroscópica de 17 poços, SILVA (1991) reconheceu 23 fácies sedimentares, compondo 13 parassequências, de acordo com suas características texturais e suas relações com as fácies adjacentes. Essas fácies foram agrupadas em cinco associações faciológicas (AFs) (exemplo do poço RE-8 na **figura II.6**), de acordo com suas relações genéticas, laterais e verticais, da base para o topo: AF1 – sistema deltaico – subdividida em 5 fácies (1A na base a 1E no topo) – limitada na base por uma camada argilosa contínua, chamada de Marco I, e no topo pelo marco SR (superfície transgressiva ou de ravinamento); AF2 – sistema marinho raso – subdividida em 4 fácies (2A a 2D, da base para o topo) – limitada abaixo pelo Marco SR, e acima pelo Marco CH (importante superfície de inundação marinha); AF3 – sistema de ilha de barreira progradante – subdividida em 6 fácies (3A a 3F) – limitada na base pelo Marco CH e no topo pela superfície erosiva da base dos canais da associação faciológica 4; AF4 – sistema de estuário – subdividida em 6 fácies (4A a 4F) – limitada na base pela superfície erosional previamente citada e no topo pelo Marco R (superfície transgressiva); AF5 – sistema de planície de maré mista – subdividida em 2 fácies (5A e 5B) – limitada na base pelo Marco R e, no topo, pela Formação Jandaíra.

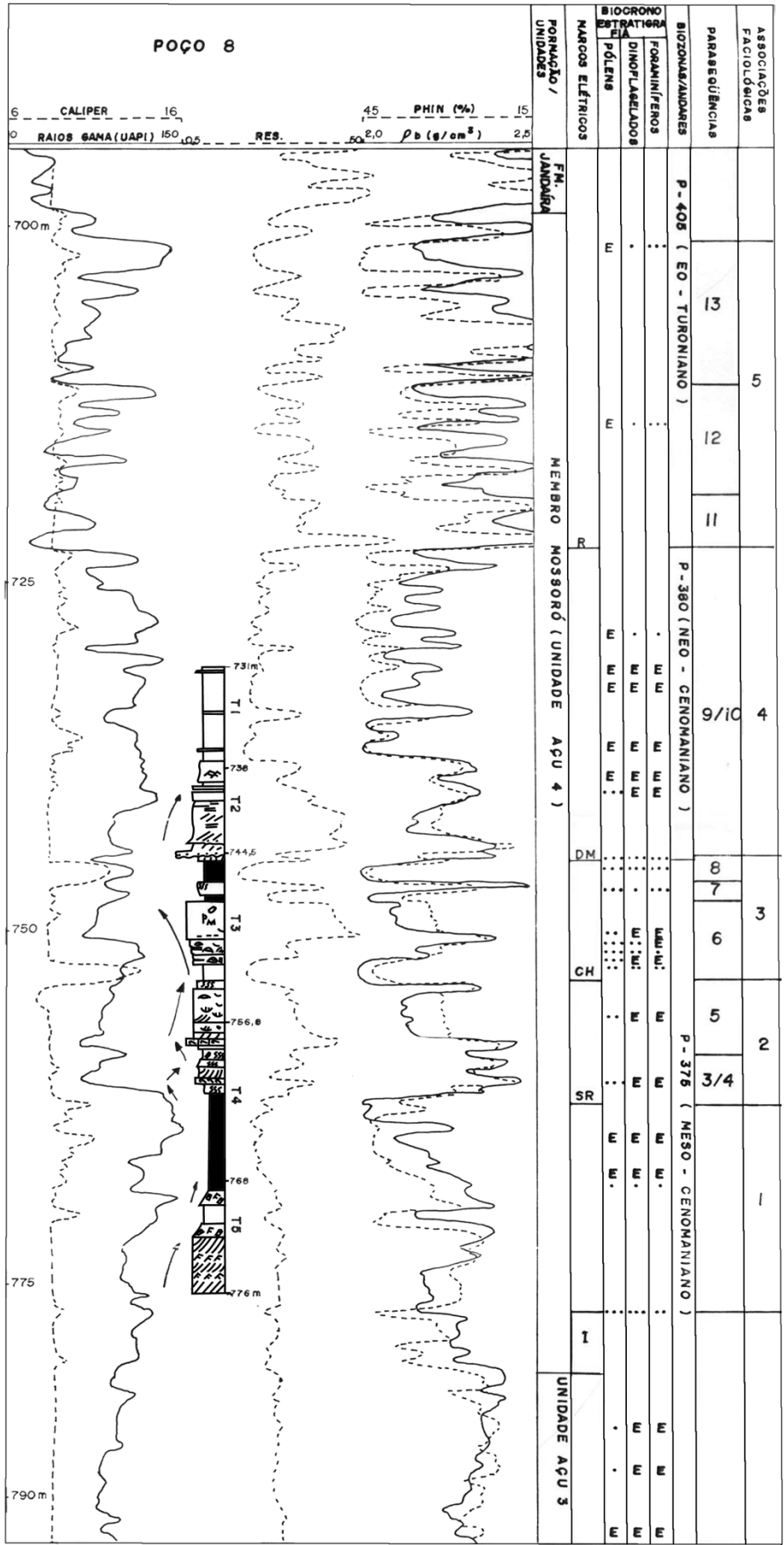


Figura II.6: Biocronoestratigrafia do Membro Mossoró no poço 8, integrada com perfis elétricos, sedimentologia, associações faciológicas e parassequências.
 • = raro;
 •• = frequente;
 ••• = abundante
 E = estéril
 (FONTE: SILVA, 1991).

CASTRO & BARROCAS (1981) descreveram os principais afloramentos da bacia, incluindo suas litofácies e modelos deposicionais, em um formato de roteiro de campo. Esse foi um dos primeiros trabalhos relevantes a serem consultados para a confecção desta dissertação. No ano seguinte, CASTRO et al. (1982) compararam a sedimentação Açu com um proposto análogo recente, o delta do rio Açu citado anteriormente, com foz na região de Macau – RN.

CASTRO (1993) publicou um trabalho, de onde foi extraída a **figura II.7-A**, que mostra o rio Açu se desconfinando de um canal entrelaçado arenoso para assumir um formato mais ou menos triangular na porção *onshore*. São três zonas principais: (i) planície deltaica (DP), que corresponde a um delta de fundo de bacia, sendo dominada por processos de *crevassing*; (ii) laguna de marés (TL), com areias e lamas escuras nos canais margeados por mangues, e argilas com tapetes algálicos na região de supramarés, sendo esta, inclusive, também utilizada para a produção de sal; (iii) e finalmente, a zona litorânea (EI), que consiste de ilhas de barreira interrompidas na saída dos canais, por bancos arenosos finos de deltas de maré vazante. A cidade de Macau ocupa uma dessas ilhas de barreira. Nota-se a progradação deltaica pela observação de *trends* de ilhas arenosas cada vez mais para *offshore*.

Pelo menos quatro campos de óleo produzem a partir da Formação Açu – unidade 4 de VASCONCELOS et al. (1990). A **figura II.7** mostra o painel cronoestratigráfico para o Membro Mossoró (Açu-IV): a seção se estende por 90 km, da faixa aflorante até o poço RNS-59, este, na plataforma continental. No painel são identificados e mapeados quatro sistemas deposicionais: fluvial (F), planície deltaica (DP - *Delta Plain*), estuarino a planície de marés (ET - *Estuarine-Tidal Flat*), e marinho raso (SM - *Shallow Marine*). Castro (1993) também identificou quatro ciclos regressivo-transgressivos, relacionados a tratos de sistemas de mar baixo e transgressivo, respectivamente. O reservatório Arenito Mossoró está indicado pela letra M (figura II.7) e define as quatro acumulações: as mais importantes são Canto do Amaro (BAGNOLI, 1993) e Redonda (SILVA, 1991), e, principalmente a última, dispõe de lâminas de vários poços. Nota-se que o reservatório é lenticular, com as acumulações “avançando”, tornando-se mais novas do BAL (Baixa do Algodão) para RE (Redonda) (pulsos regressivos).

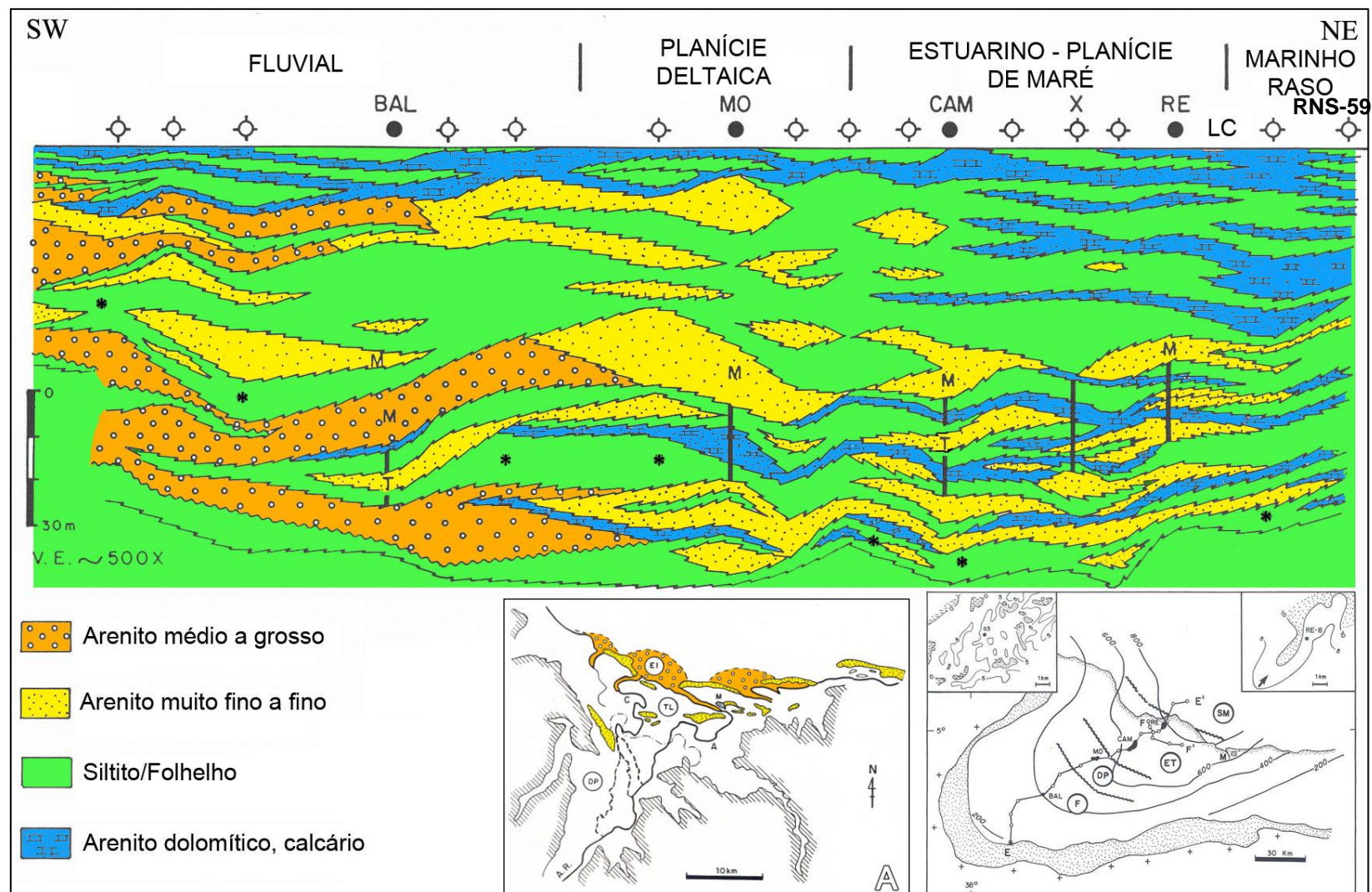


Figura II.7: Seção cronoestratigráfica do Membro Mossoró, com a posição dos Arenitos Mossoró (M), recobrendo um intervalo transgressivo (T). Asterisco = Marco I. Datum: base da Formação Jandaíra (CASTRO, 1993).

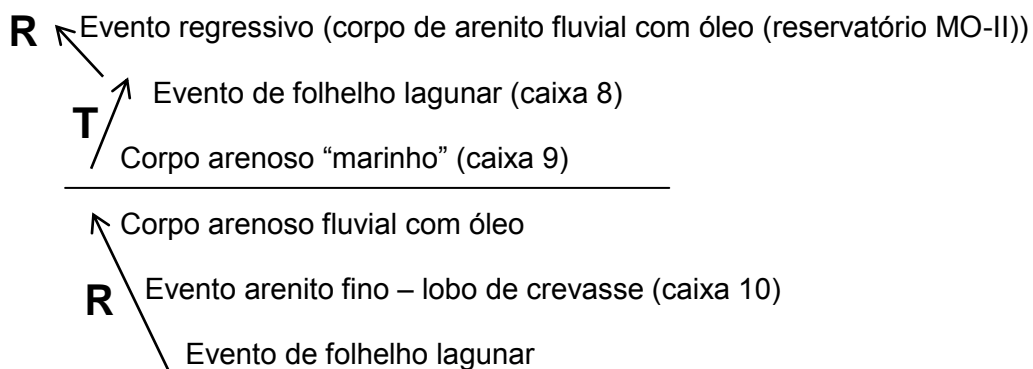
III. FÁCIES E DIAGÊNESE

Seguindo o método zoom, este capítulo apresentará, para cada campo estudado, um perfil faciológico vertical de intervalo testemunhado, com a calibração das fácies pelo perfil raio-gama, ilustrações fotográficas das fácies e fotomicrografias das lâminas disponíveis, em sua maioria pertencentes aos ciclos C-3 (fase transgressiva) e C-4 (fase regressiva). Tais ciclos regressivo-transgressivos (C-1 a C-5) correspondem às associações faciológicas (AF1 a AF5) definidas por SILVA (1991), no campo de Redonda. Esses ciclos são facilmente reconhecidos no campo de Canto do Amaro.

1. Campo de Baixa do Algodão – BAL

O campo de Baixa do Algodão produz em arenitos depositados em dois ambientes: fluvial (zonas MO-II e MO-III) e deltaico de fundo de baía (MO-I). O caso analisado é a situação do MO-II. As três caixas (cxs. 8 a 10, testemunho 2) fotografadas, mais o perfil faciológico (figura III.1) compreende o contexto fluvio-estuarino proximal.

A sucessão vertical pode ser descrita da seguinte forma:



A fase “transgressiva” marinha é caracterizada por 1,1m de arenito relacionado a fluxos de tempestade (*storm weather*), seguido de 0,2m de folhelho lagunar (*fair weather*). O par arenito-folhelho pode ser dividido em três ciclos de

tempestades, onde se pode destacar o ciclo intermediário. Neste, o corpo arenoso tem base erosiva (sulcando o folhelho inferior) e espessura entre 10cm e 20cm , a qual deve ser adicionado no folhelho, resultando numa espessura média de 20cm. A fração arenito apresenta textura gradacional, com maior frequência de clastos de folhelho na base e de lâminas areno-micáceas no topo.

Assim, o registro sedimentar “transgressivo” é produzido por fluxos de tempestades (*storms*), e o depósito seria um “*stormite*”, para o qual não há um nome específico na língua portuguesa.

Da amostra selecionada resultaram quatro tijolinhos (a, b, c, d) (Figura III.1-C) e suas correspondentes lâminas, discutidas a seguir.

O arenito tem textura muito fina a fina e seleção regular; é rico em feldspatos (arcóseo), micas e clastos arredondados de folhelhos. Abundante cimentação por sobrecrescimento de feldspato, sucedida por intensa cimentação por dolosparito, resultando baixa porosidade. Entre os fósseis, destacam-se grãos fosfáticos (vertebrados) e restos vegetais (figura III.2).

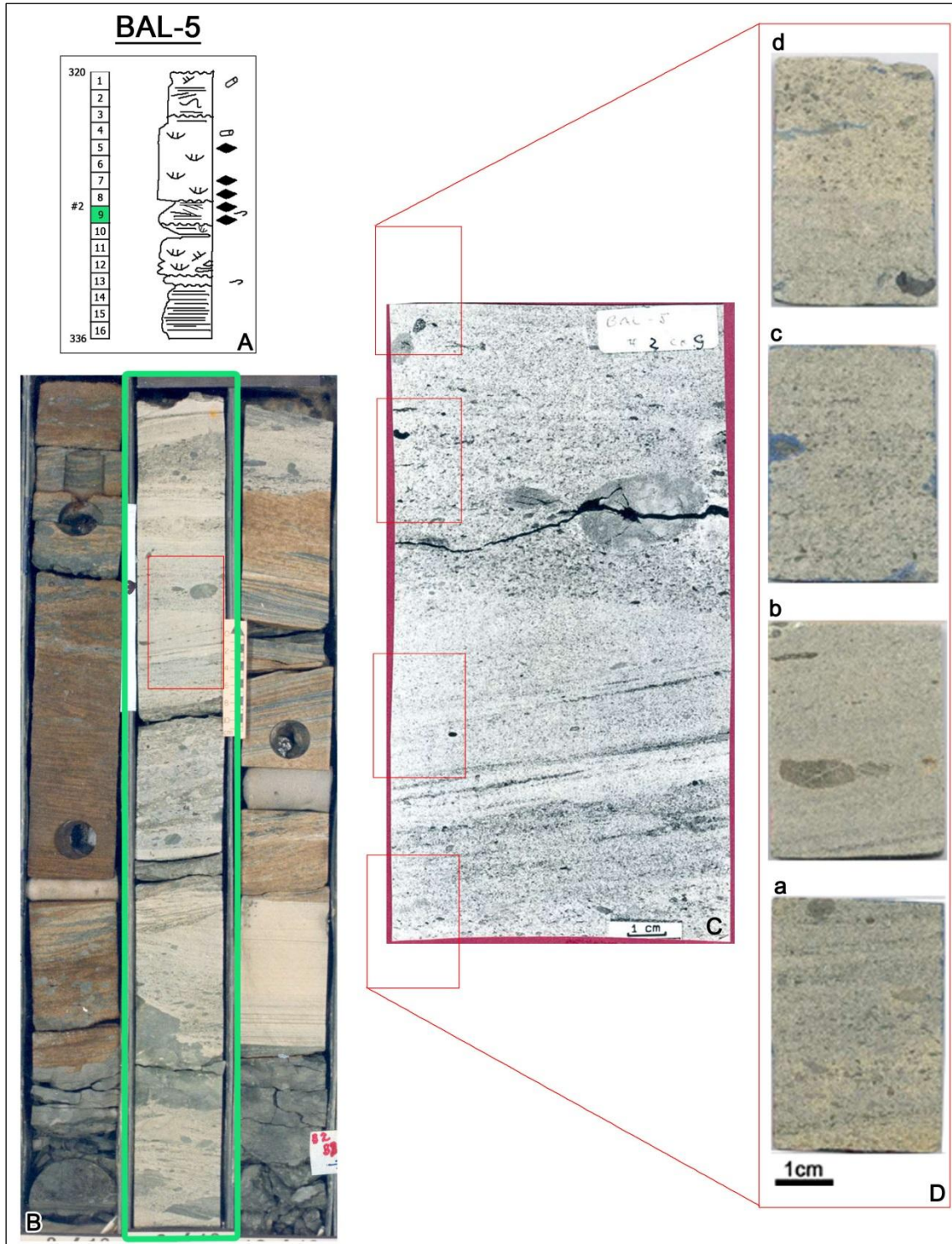


Figura III.1: A - Perfil faciológico; B - Foto do testemunho 2, caixas de 8 a 10; C - Detalhe da fatia indicada na foto B; D - Detalhe dos tijolinhos (a, b, c, d) indicados na foto C.

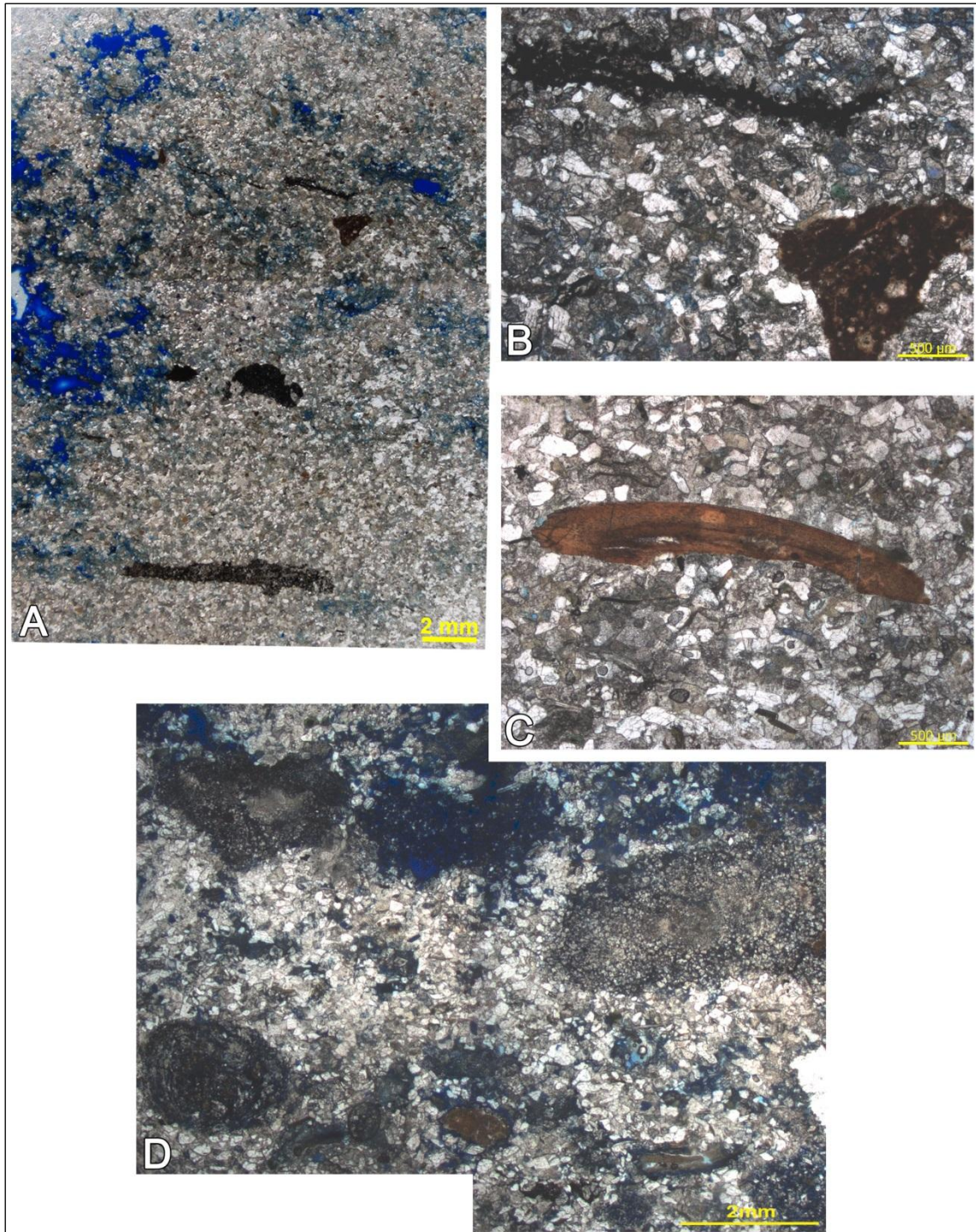


Figura III.2: Fotomicrografias das lâminas (L1) correspondentes aos tijolinhos “c” (A, B) e a (C, D), da figura anterior. Todas com nicóis paralelos.

2. Campo de Mossoró – MO

O Mossoró-13 recuperou, em sua extensa testemunhagem, o testemunho 27, que contém depósitos transgressivos, e se situa abaixo do arenito-reservatório Mossoró (testemunhos 25/26). São arenitos cimentados dominados por bioturbação, e uma amostra, dentro da caixa 10, possibilitou a confecção de cinco lâminas; nota-se que seus tijolinhos são de dois intervalos contínuos e portanto as lâminas serão descritas como uma única (figura III.3).

A foto D da figura III.3 mostra a argilosidade crescente para o topo, e portanto amostrou-se a porção “limpa” (inferior); destacam-se nos tijolinhos, três círculos esbranquiçados, que podem representar gastrópodes, e mais abaixo, uma estrutura de resto vegetal.

O arenito é fino e bem selecionado; dominado por feldspatos (arcóseo), que apresentam sobrecrescimento. Sucede uma cimentação carbonática, não esferulítica como aquela mostrada no RE-23 no final deste capítulo. A calcita está preservada no interior dos fósseis, como os moluscos (gastrópodes), ou em *vugs*, como um mosaico de cristais grossos (figura III.4 – A, B e G). A intensa cimentação de dolomita tardia fica preservada quando seus cristais são pequenos (fotos A, F e G da figura III.4). No caso da foto H, da mesma figura, ocorre a dedolomitização, com preservação da dolomita na parte externa dos romboedros, destacada pelo não tingimento da alizarina. Os fósseis dominantes são gastrópodes e grãos fosfáticos; não foram identificados aqueles das fotos A e E da figura III.4; presença também de restos vegetais.

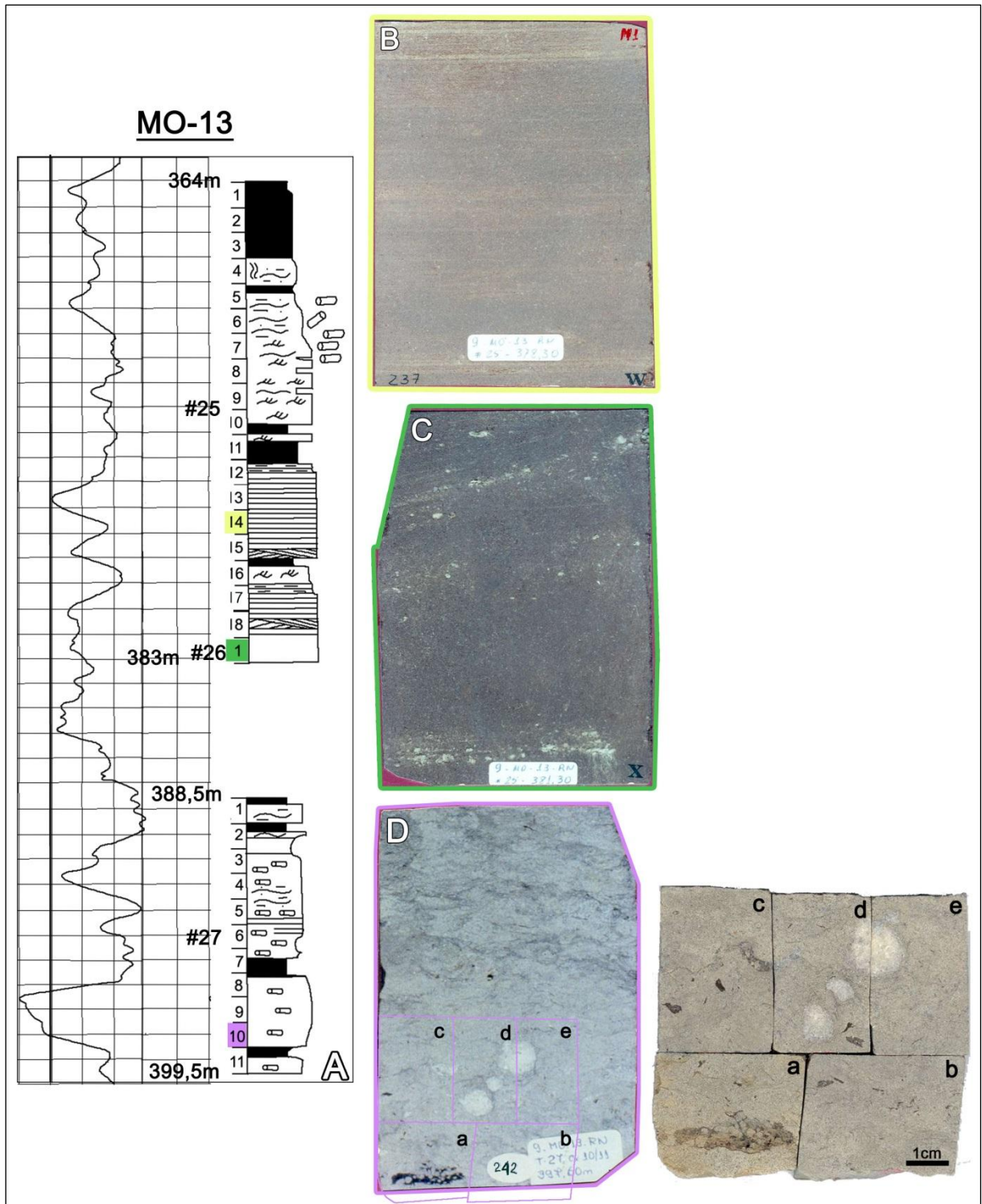


Figura III.3: A - Perfil faciológico dos testemunhos 25/26 e 27 do poço MO-13, calibrando o raio gama; B e C - Fatias de testemunhos do Reservatório Mossoró (caixa 14 do testemunho 25 e caixa 1 do testemunho 26, respectivamente); C - Fatia do testemunho 27 (cx. 10) com o posicionamento dos tijolinhos (“c/d/e” e “a/b”).

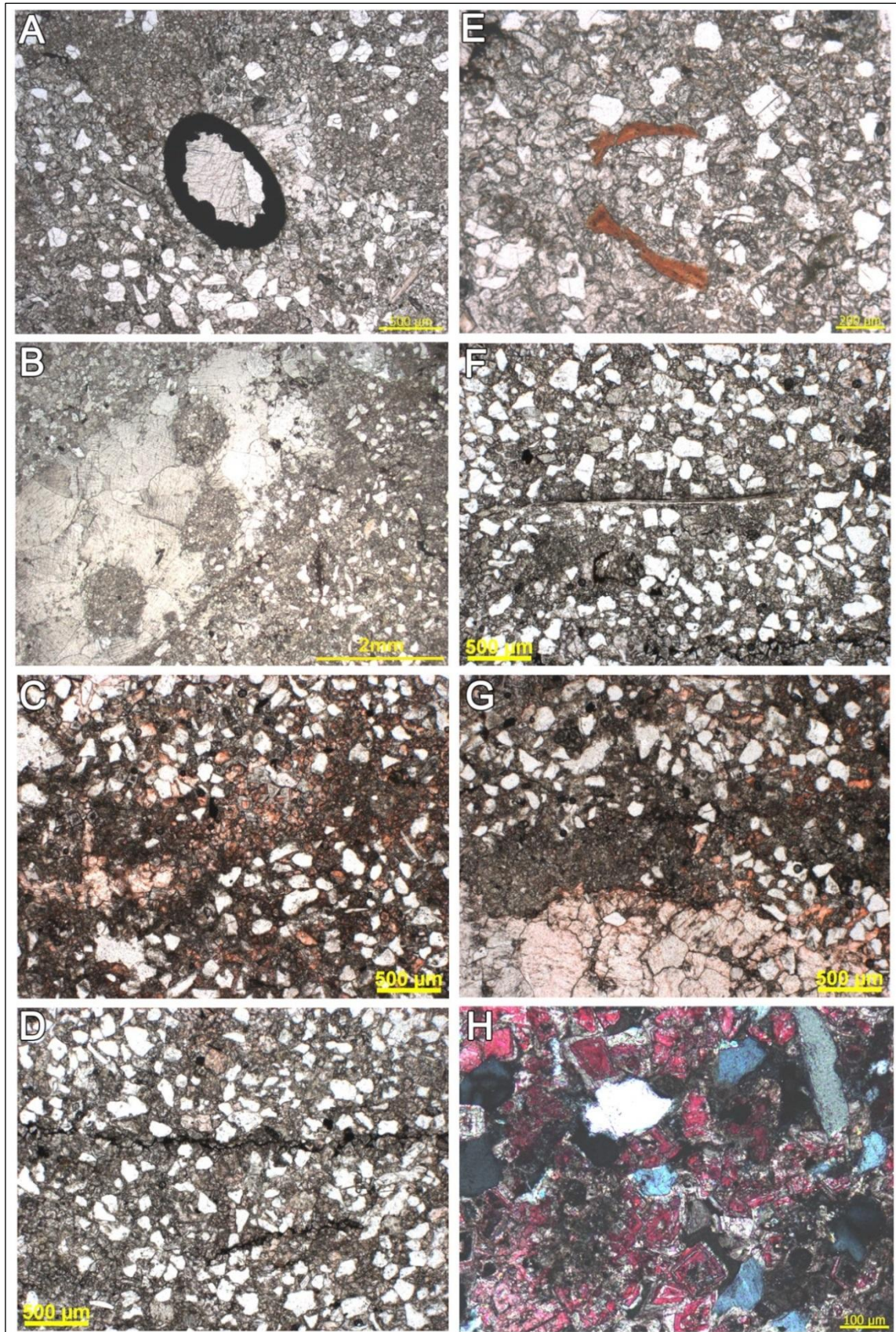


Figura III.4: Fotomicrografias das lâminas do test. 27, cx. 10 (L1). A e B - lâminas do tijolinho c da figura anterior; C, D, F e G – lâminas do tijolinho “e”; H – lâmina do tijolinho “b”. Fotos A a G sob nicóis paralelos; foto H sob nicóis cruzados; lâminas C, G e H tingidas por alizarina.

3. Campo de Canto do Amaro – CAM

O poço estudado nesse campo foi o CAM-63. Sua testemunhagem inclui dois ciclos, aqui analisados pela presença de fácies mistas. O ciclo inferior, regressivo-transgressivo, é encontrado entre as caixas 15 e 11 do testemunho 2; há uma semelhança desse ciclo com aqueles ciclos 2 e 3 de Redonda, citados mais adiante.

Nota-se, na foto da caixa 15, a presença de fácies bioturbadas em siltito (parte inferior) e em arenito, sobreposto ao siltito (figura III.5 – A e B). No detalhe (foto C), observa-se o arenito de onde foram retirados dois tijolinhos, “a” e “b”, e suas respectivas lâminas (figura III.5 – D). Algumas laminações irregulares, escuras (argilosas), são de icnofósseis.

A foto de coquina de moluscos, intercalada com lamito escuro, foi amostrada no poço CAM-11 (figura III.5 – E). Situa-se no mesmo intervalo estratigráfico do CAM-63, testemunho 2, caixa 3, conforme indicado no perfil deste último poço (figura III.5 – A).

A figura III.6 contém as fotomicrografias correspondentes aos tijolinhos “a” (fotos A, B, C e D) e “b” (fotos E, F, G e H). A fácies é semelhante para ambas as amostras. O arenito é muito fino a fino, seleção regular a boa, e dominado por feldspatos, como sempre com sobrecrecimento eogenético. A segunda cimentação é dada por calcita poiquilotópica (fotos A e B, de áreas tingidas por alizarina) (figura III.6 – A a D). Há ainda um tipo de cimentação incomum, composta por dolomitas com núcleos escuros e arestas arredondadas, por vezes aglutinadas, formando um aspecto de “favo de mel” que, segundo SCHOLLE (2003), reflete condições de zona de mistura, onde a parte externa (límpida) pode ter sido gerada em ambiente mais marinho.

A lâmina delgada sobre as fácies de coquina e do lamito sobreposto está ilustrada na figura III.7. A montagem apresentada em A é detalhada em B, onde se nota o empacotamento dos gastrópodes, separados entre si por dolomita. As câmaras internas dos moluscos estão preenchidas por dolomicrita; algumas câmaras externas apresentam feição geopetal, com sedimento interno composto por *pellets* fecais (também de dolomicrita). O restante do espaço poroso é ocupado por grandes cristais de calcita espática (figura III.7).

Enfim, trata-se de uma bioacumulação de coquina, com litificação precoce de seu “cimento micrítico” (biolitito de gastrópodes). O “folhelho” que capeia a coquina é atualmente dolomicrita (parte mais clara da foto A, figura III.7).

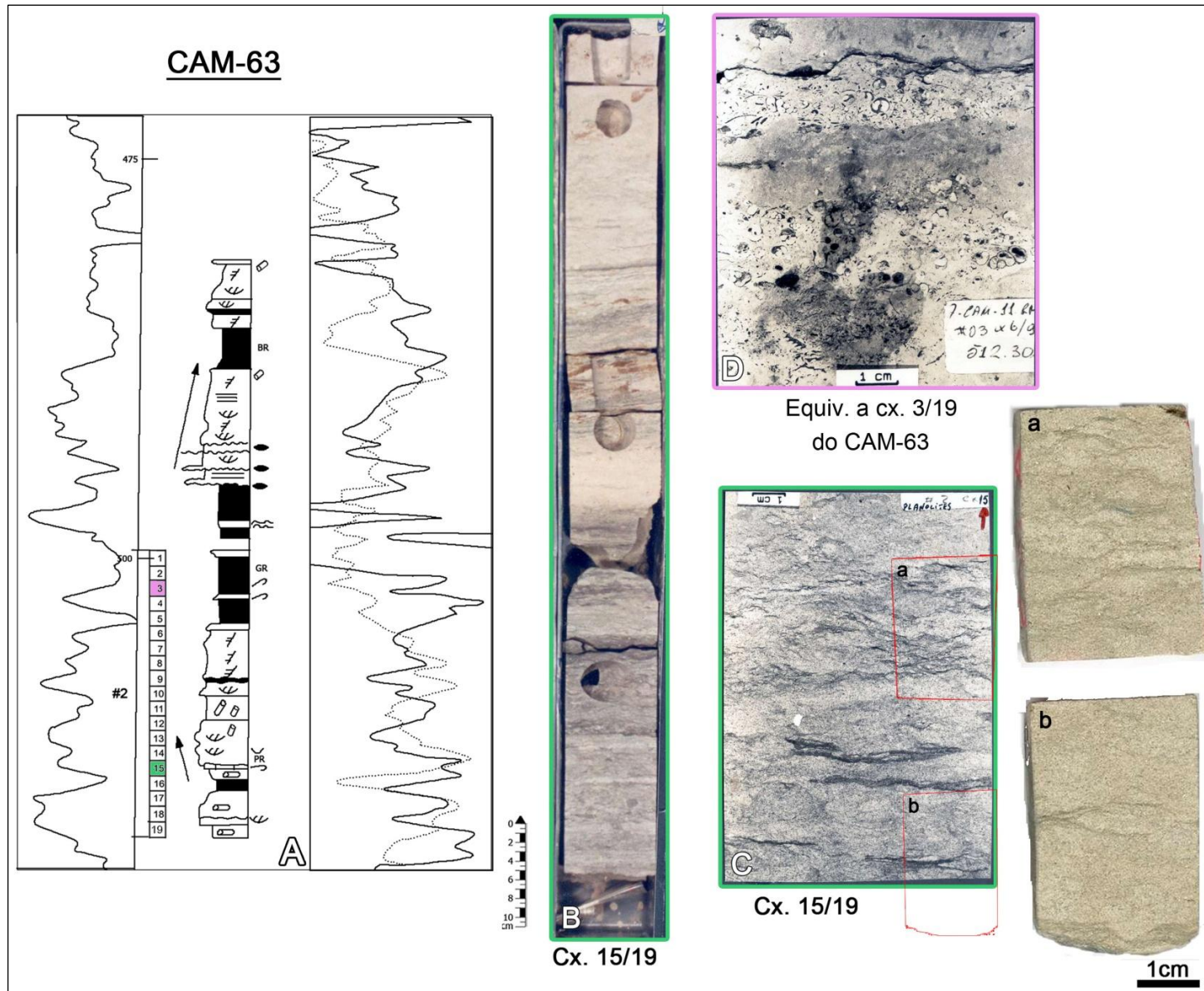


Figura III.5: A - Perfil faciológico dos testemunhos 1 e 2 do poço CAM-63, calibrando os perfis raio-gama e densidade-neutrão; B - Foto da cx. 15 do testemunho 2; C - Fatia de testemunho da cx. 15 com a localização dos tijolinhos (a e b) e respectivas lâminas delgadas; D - Fatia do testemunho 3 do poço CAM-11 (de onde foi feita uma lâmina), exibindo uma fácies equivalente a da cx. 3 do test. 2 do poço CAM-63.

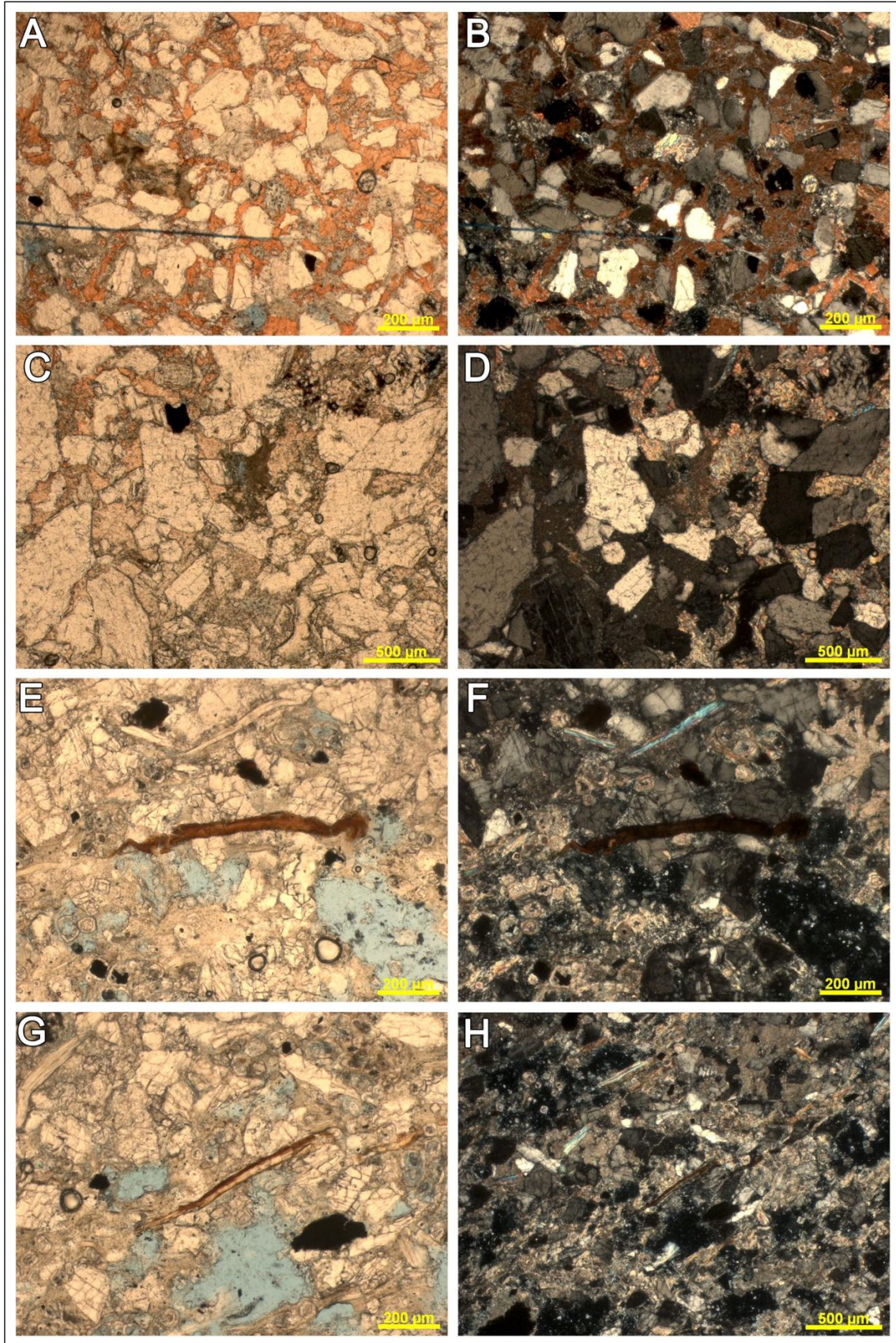


Figura III.6: Fotomicrografias das lâminas referentes aos tijolinhos “a” e “b” (L2) da figura anterior. A a D – lâminas do tijolinho “a”; E a H – lâminas do tijolinho “b”. Coluna esquerda – nicóis paralelos; coluna direita – nicóis cruzados. Alizerina vermelha nas lâminas das fotos A e B.

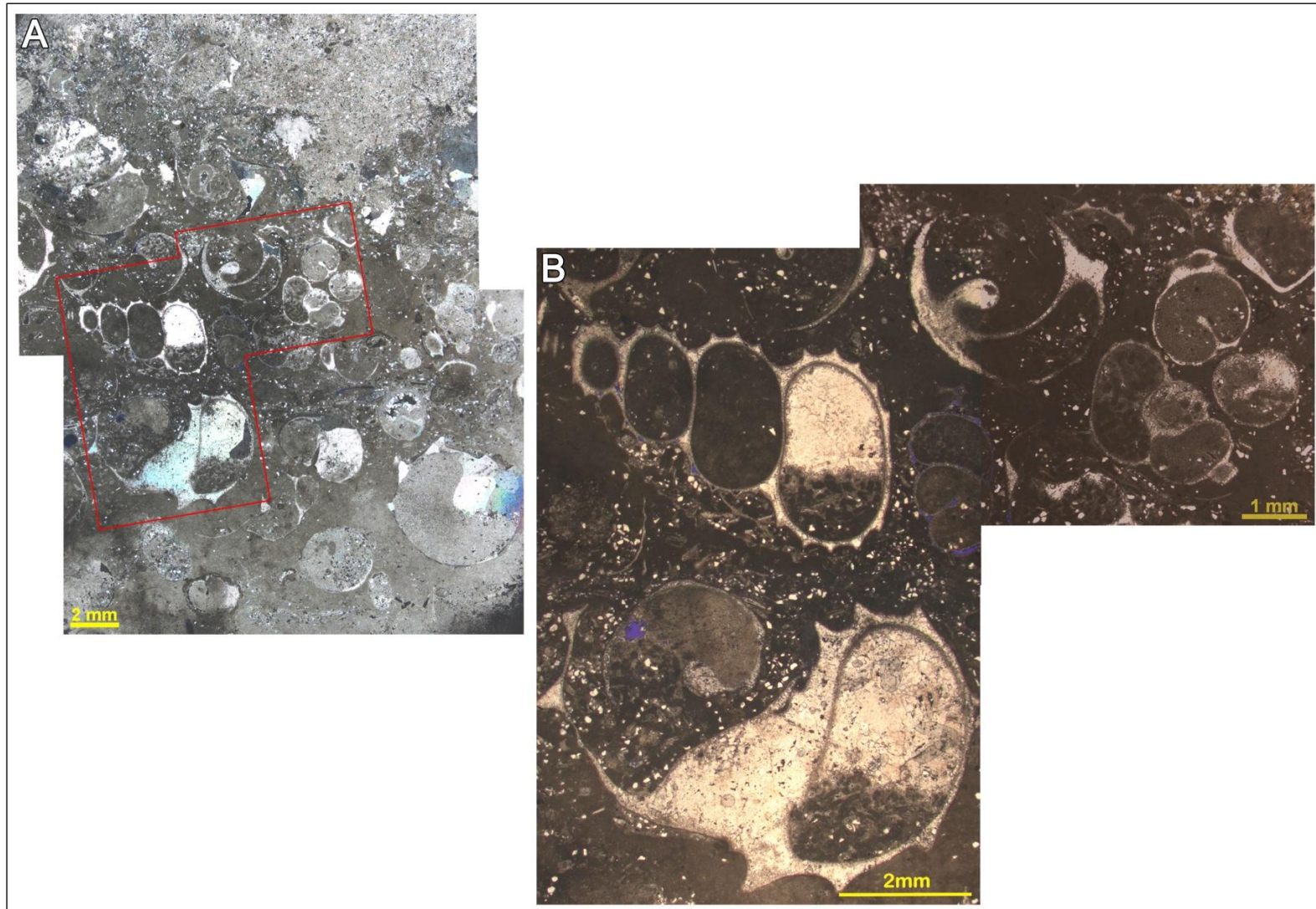


Figura III.7: Montagens feitas com fotomicrografias da lâmina do poço CAM-11 (L5), feita em intervalo equivalente ao da cx. 15, test. 2, do CAM-63. A – foto geral; B – detalhe do polígono indicado em “A”. Ambas sob nicóis paralelos.

4. Campo de Redonda – RE

4.1. RE – 11

O perfil faciológico do poço RE-11 está representado na figura III.8, onde as lâminas de L1 a L3 estão localizadas nas seguintes litologias: L1 – arenito com aspecto maciço a laminado (fácies Am); L2 – arenito argiloso bioturbado (fácies Aab); e L3 – fácies da margam dolomítica. Todas fazem parte da fase transgressiva do ciclo 3 (C-3).

Microscopicamente (figura III.9), L1 exibe um arenito fino, com seleção regular a boa, rico em feldspatos (arcóseo); cimentado por sobrecrescimento de feldspato e, pontualmente, por calcita poiquilotópica; possui boa porosidade (fotos G e H). L2 é um arenito muito fino a fino, com lâminas e matriz argilosa-calcificada (fotos a e B), contendo intraclastos de siltito (foto D); os fósseis presentes incluem grãos fosfáticos de vertebrados, com orientação circular dos grãos em torno do fóssil (fotos B e C e dentro do círculo da foto A), devido à bioturbação. A lâmina L3 representa uma margam dolomitizada, com maciça bioturbação; cristais de dolomita possuem tamanho aproximado de 40 micra (figura III.10, foto C); uma observação final é uma provável semelhança de L3 com a dolomita-*marker*, que encerra o ciclo 3, a ser vista (RE-8).

Subindo na coluna (voltando à figura III.8), o testemunho 1 do RE-11 apresenta uma lâmina do Arenito-reservatório Mossoró, a L4, que representa um arenito fino, feldspático (arcóseo), com laminação planar de baixa inclinação, cimentação de crescimento sintaxial de feldspato e rara calcita poiquilotópica; boa porosidade (figura III.10-B). A lâmina L5 está localizada num siltito arenoso, bioturbado, com raros grãos fosfáticos, cimentação calcítica esparsa (figura III.10-A).

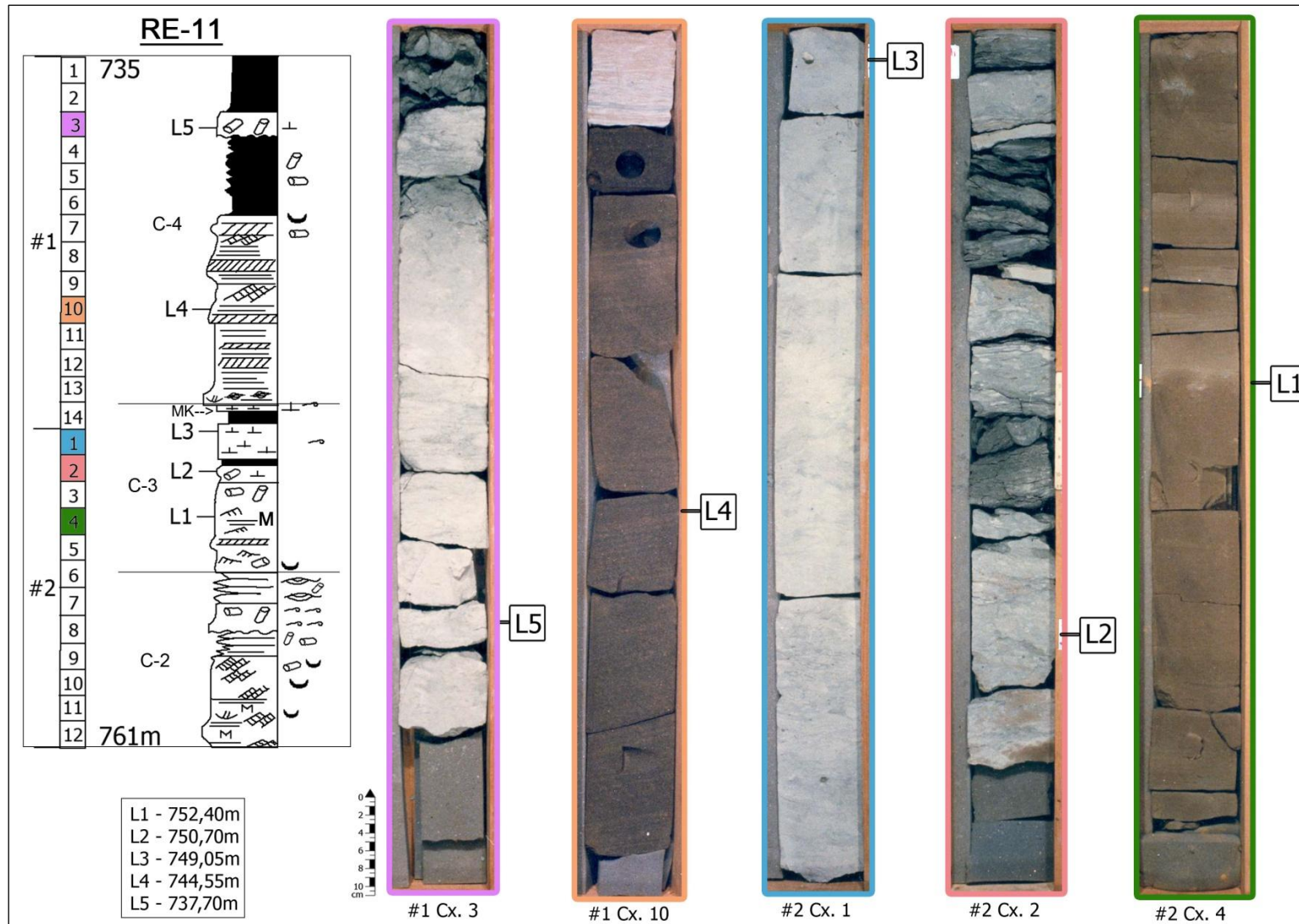


Figura III.8: Perfil faciológico dos testemunhos 1 e 2 do poço RE-11, com posição das lâminas estudadas (L1 a L5) e fotos das respectivas caixas de onde foram coletadas (cx. 3 e 10 do test. 1 e cx. 1, 2 e 4 do test. 2). Os contornos das fotos dos testemunhos estão nas mesmas cores indicadas no perfil.

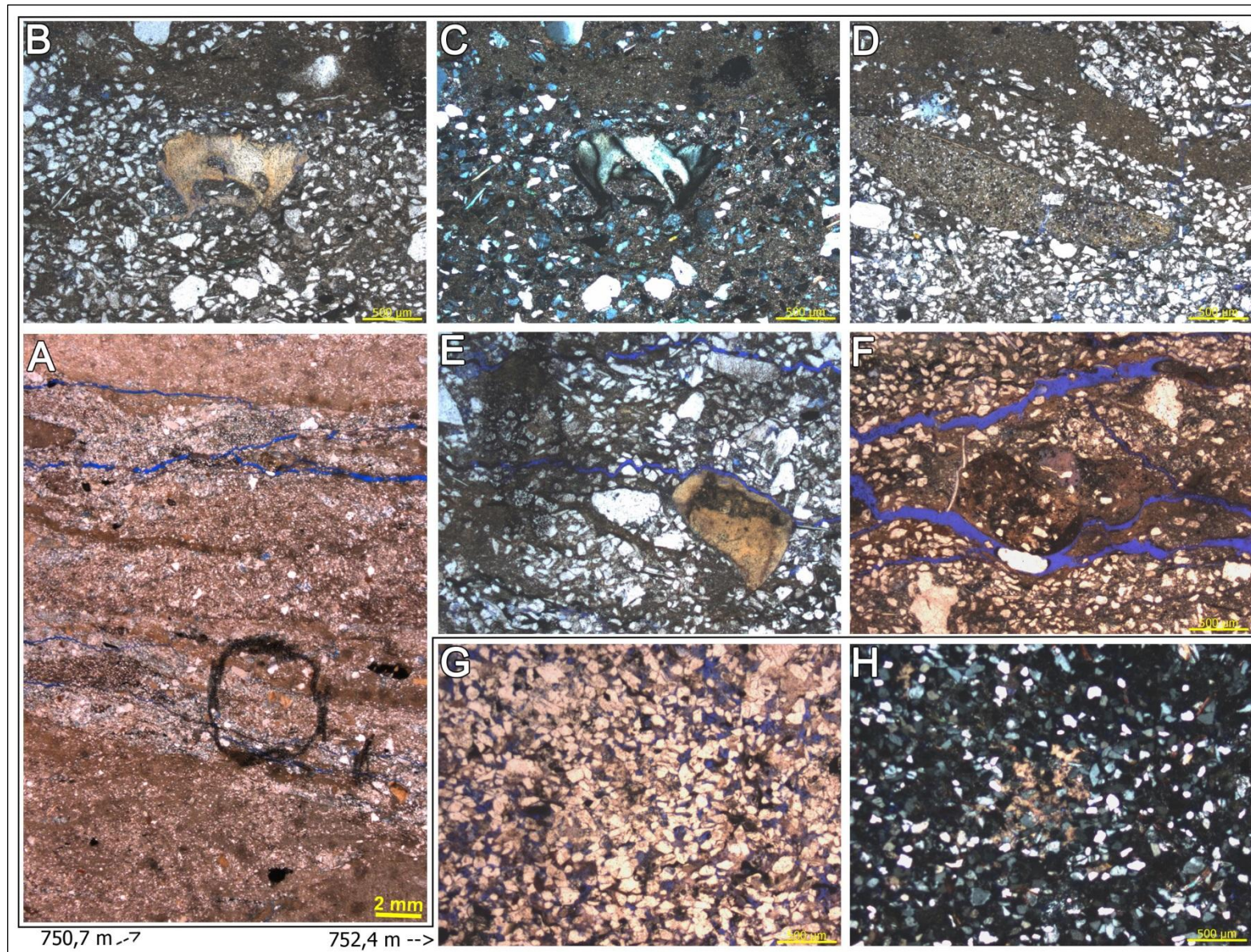


Figura III.9: Fotomicrografias das lâminas delgadas referentes a L2 (A a F) e L1 (G e H) indicadas na figura III.8. C e H estão sob nicóis cruzados, enquanto as demais fotografias estão sob nicóis paralelos.

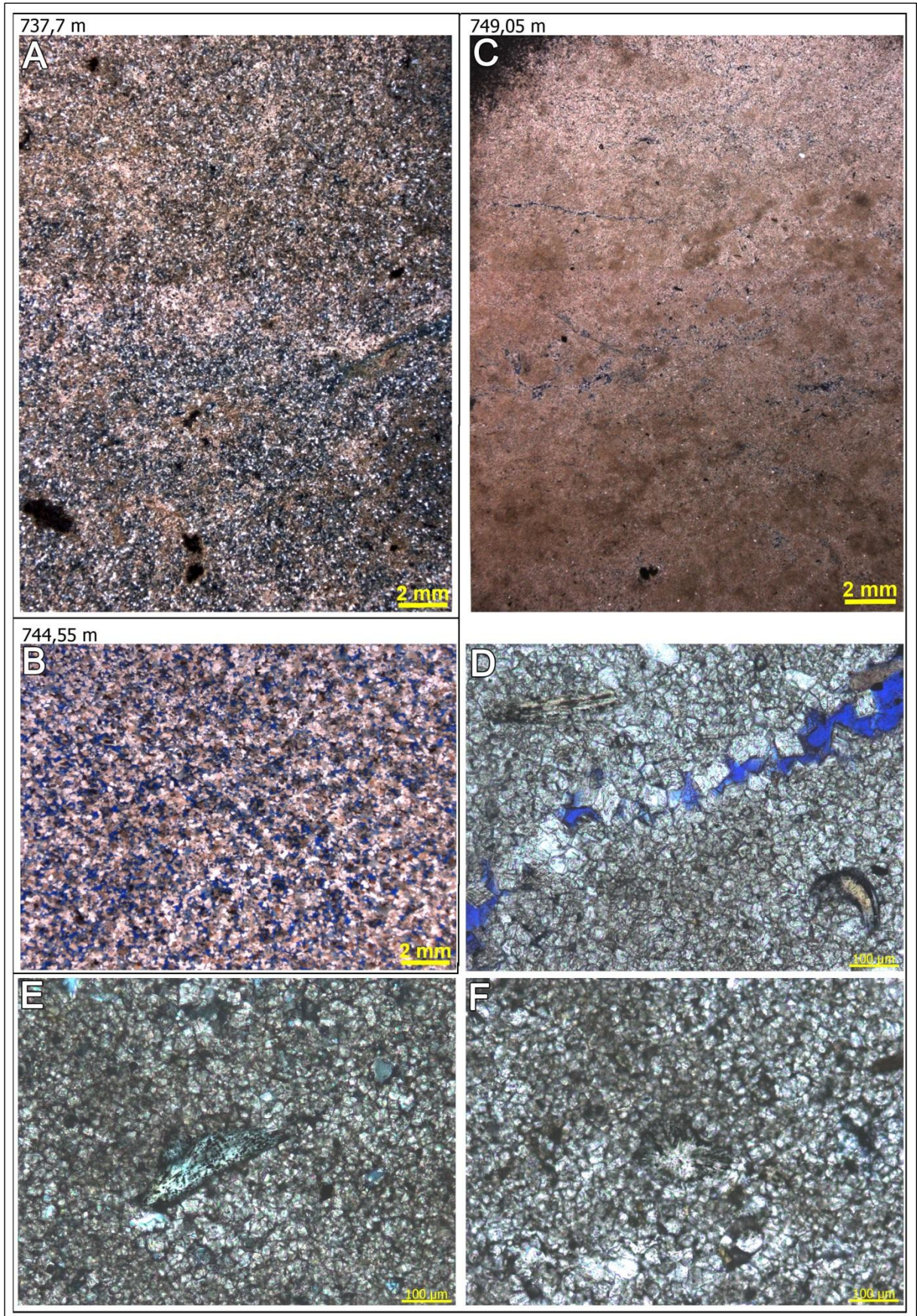


Figura III.10: Fotomicrografias das lâminas delgadas referentes a L5 (A), L4 (B) e L3 (C a F), indicadas na figura anterior. A, C e E - nicóis cruzados; B, D e F – nicóis paralelos.

4.2. RE – 8

O poço RE-8 foi escolhido como referência para o campo (SILVA, 1991), por apresentar a melhor testemunhagem. Por outro lado, somente se dispôs de duas lâminas, e uma delas com dificuldade de amarração ao testemunho (L1, figura III.11). Assim, a lâmina L1 está provavelmente próxima à base do ciclo 3 (C-3), enquanto L2 está posicionada no marco dolomítico do topo do mesmo ciclo.

L1 corresponde a “estratos” gradacionais, desde arenito muito fino a siltico micáceo até um lamito dolomitizado, com abundantes restos vegetais (fácies ASg; figura III.12). Pelo menos três estratos ocorrem em L1, com limites muito irregulares; a cristalinidade da dolomita é tamanho silte, aproximadamente 30-40 micra (figura III.12, fotos B e C).

Poucos grãos fosfáticos podem ser vistos nas fotos de D a G, da figura III.12. Esses processos de suspensão sugerem origem como *stormbeds/laminae*, e a geometria irregular pode indicar efeito erosivo das paleocorrentes.

A lâmina L2 é do marco “dolomita” (figura III.11), que tem alguma semelhança com a anterior (L1): nota-se na figura III.13 – B e A, dois a três “estratos” gradacionais de arenito muito fino/siltito arenoso, gradando a um lamito irregular com inclinação que acaba se tornando assintética para a direita. Ambas as litologias estão dolomitizadas. Destacam-se poucos restos vegetais, enquanto grãos fosfáticos são mais frequentes (figura III.13 – A, D e E). Um fóssil não identificado é mostrado na foto C, enquanto a laminação irregular no contato arenito-lamito sugere um *drape* argiloso, agora dolomitizado (foto A).

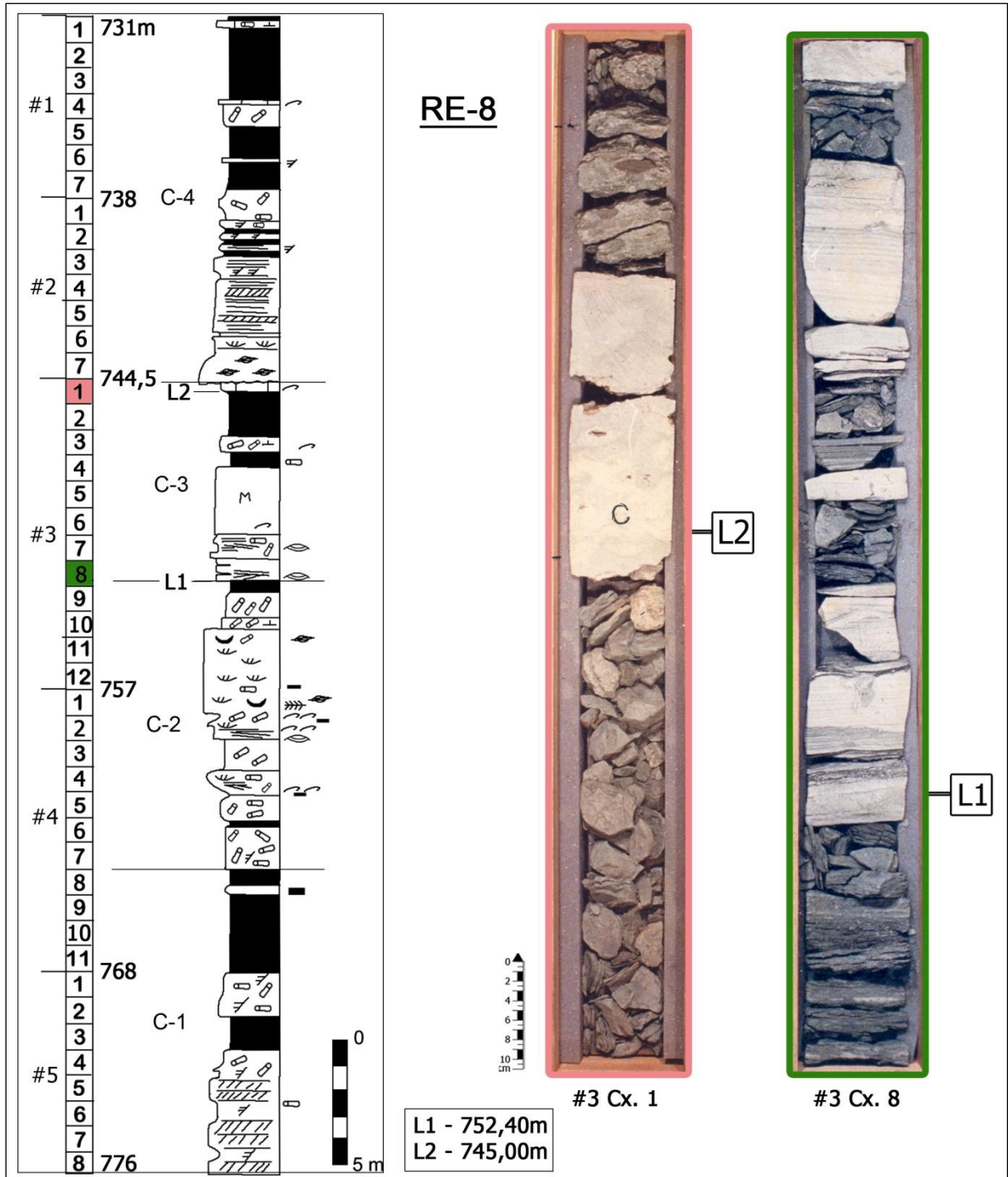


Figura III.11: Perfil faciológico dos testemunhos do poço RE-8, com posição das lâminas estudadas (L1 e L2) e fotos das respectivas caixas de onde foram coletadas (cx. 1 e 8 do test. 3). Os contornos das fotos dos testemunhos estão nas mesmas cores indicadas no perfil.

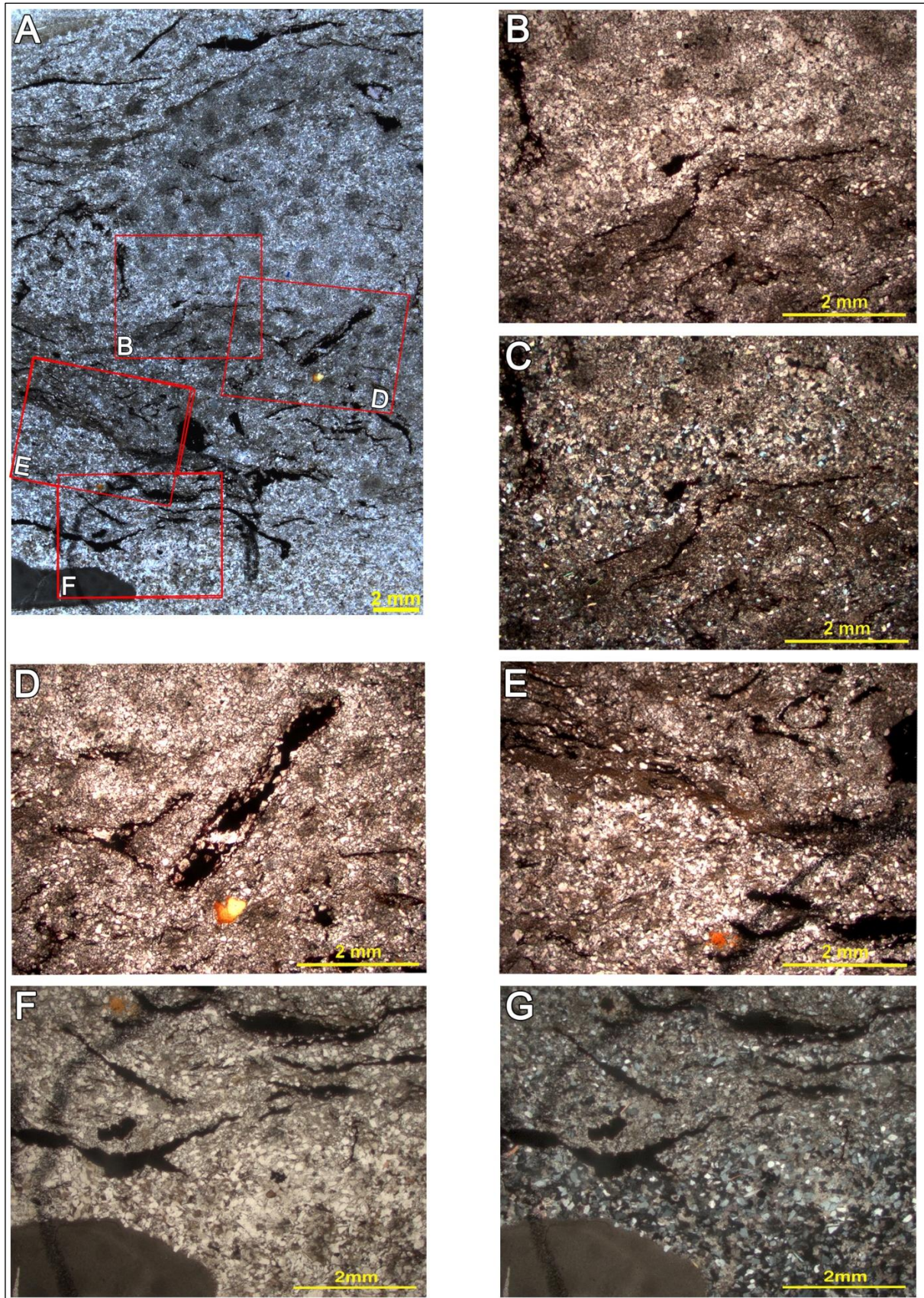


Figura III.12: Fotomicrografias da lâmina L1 da figura anterior (profundidade: 752,4m). A - montagem de fotos feitas em lupa eletrônica com aumento de 8x. B a G - detalhes da lâmina L1, indicados na foto A. Apenas C e G foram capturadas sob nicóis cruzados.

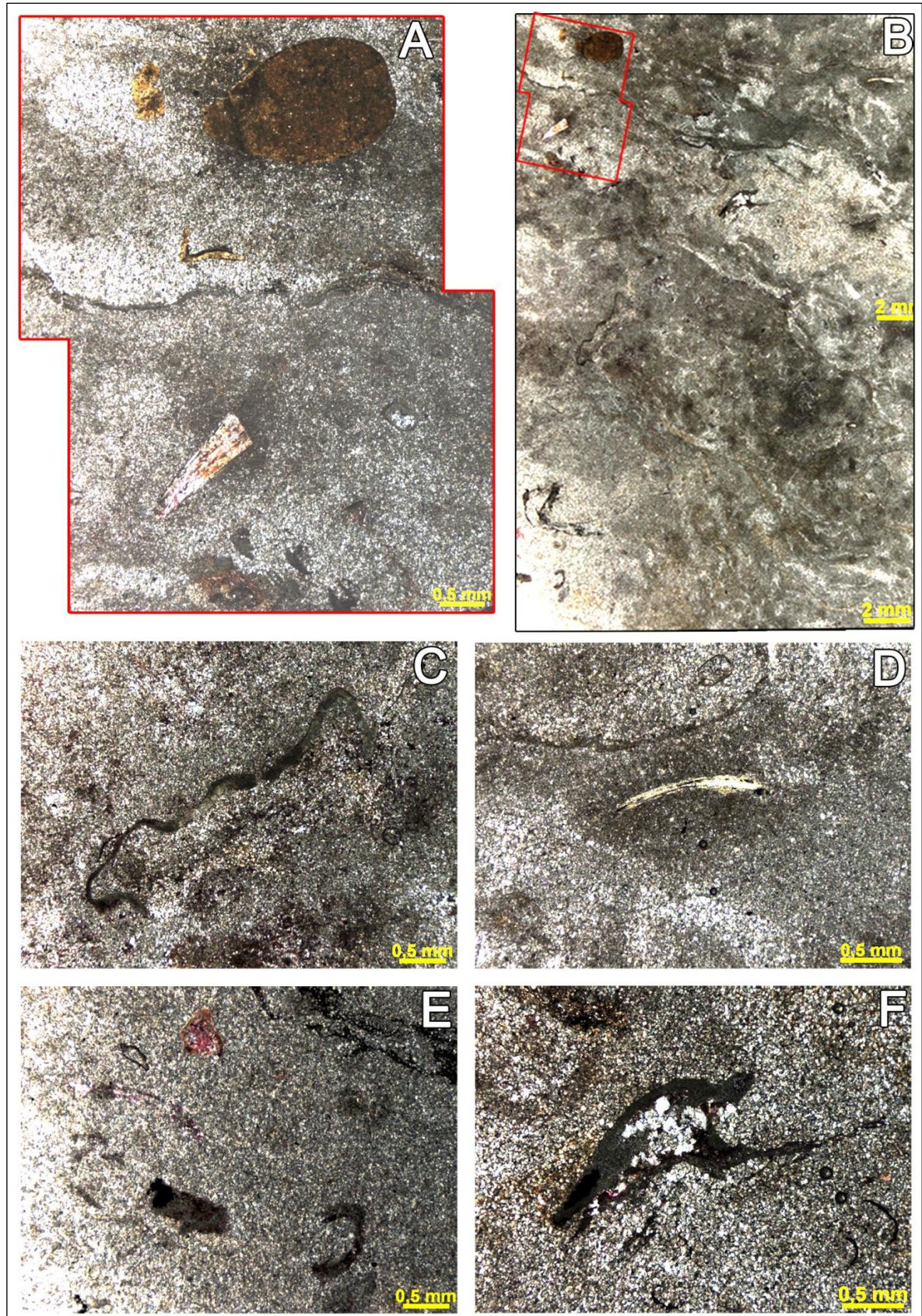


Figura III.13: Fotomicrografias da lâmina L2 da figura III.11 (profundidade: 745m). Nicóis paralelos. B – Fotomontagem geral da lâmina; A – fotomontagem de detalhe indicado na foto B; C a F – detalhes da lâmina.

4.2. RE-16

Seis lâminas documentam o Membro Mossoró no RE-16: o ciclo C-2 tem uma única lâmina (L1); mais três no ciclo C-3 (L2 a L4) e duas no C-4, referentes ao Arenito Mossoró (L5 e L6) (figura III.14).

A litologia onde a lâmina L1 está indicada consiste de arenito bioturbado, sobreposto (transgressão) em delgados estratos trativos (com óleo), seguidos de depósitos de suspensão (*storm bed*) (figura III.14). Suas fotomicrografias estão estampadas na figura III.15 – A e B, e apresenta arcósio muito fino a fino, seleção regular, cimentação dolomítica; raros fósseis: bivalves e equinodermos (com cristais de dolomita no seu interior), e ocasionais grãos fosfatizados e foraminífero bentônico.

O ciclo C-3 envolve duas amostras de arenito bioturbado, lâminas L2 e L3, e uma no marco dolomítico do topo do ciclo (figura III.14). L2 é um arenito muito fino, raros fósseis como bivalve e equinodermo (foto C, figura III.15); praticamente não cimentada, o que resulta em boa porosidade. L3 apresenta frequente matriz argilosa associada a bioturbação e baixa porosidade.

No marco dolomítico do topo do ciclo 3, a sua fina textura indica um dolomicrospato maciço, com moldes de moluscos parcialmente preenchidos por cristais maiores de dolomita (figura III.15 – D e E); grãos fosfáticos também são comuns, e eventualmente restos vegetais (foto F da mesma figura). Expressivos *vugs* ocorrem nos dois estratos que forma a fácies (figura III.14).

Finalmente, as duas lâminas do Arenito Mossoró, ciclo 4, são bastante contrastantes: próxima da base, a L5 é um arenito com estratificação cruzada, delineada por intraclastos de siltitos e localmente folhelhos, em parte carbonosos e com pirita (figura III.16 – B a D); sua textura varia de fina a média, onde grãos grossos são mais raros; domínio de feldspatos (arcóseo), sendo que neles é comum cimentação por sobrecrescimento. Isso, somado a uma cimentação por calcita poiquilotópica, compromete a porosidade da rocha (figura III.16 – B, E e F). Fósseis incluem grãos fosfáticos (vertebrados).

A lâmina L6 é de arenito muito fino a fino, maciço e poroso. Exibe grande clasto de folhelho carbonoso e grão fosfático (figura III.16 – A). É comum sobrecrescimento em feldspatos frescos, bem como calcita poiquilotópica em pequenos núcleos, e raro cimento de caulinita no centro de poros (o que gera microporosidade).

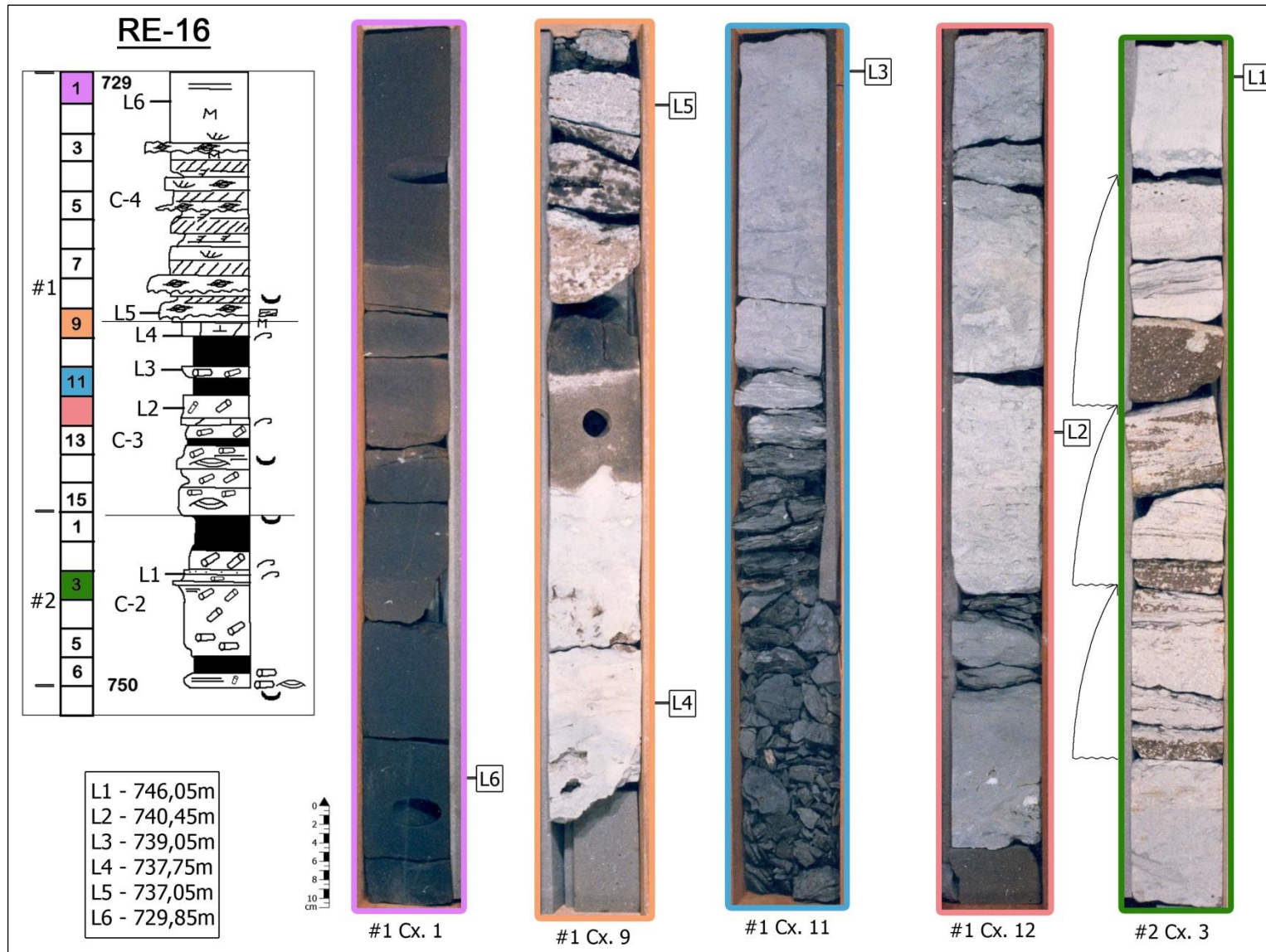


Figura III.14: Perfil faciológico dos testemunhos 1 e 2 do poço RE-16, com posição das lâminas estudadas (L1 a L6) e fotos das respectivas caixas de onde foram coletadas (cx. 1, 9, 11 e 12 do test. 1 e cx. 3 do test. 2). Os contornos das fotos dos testemunhos estão nas mesmas cores indicadas no perfil.

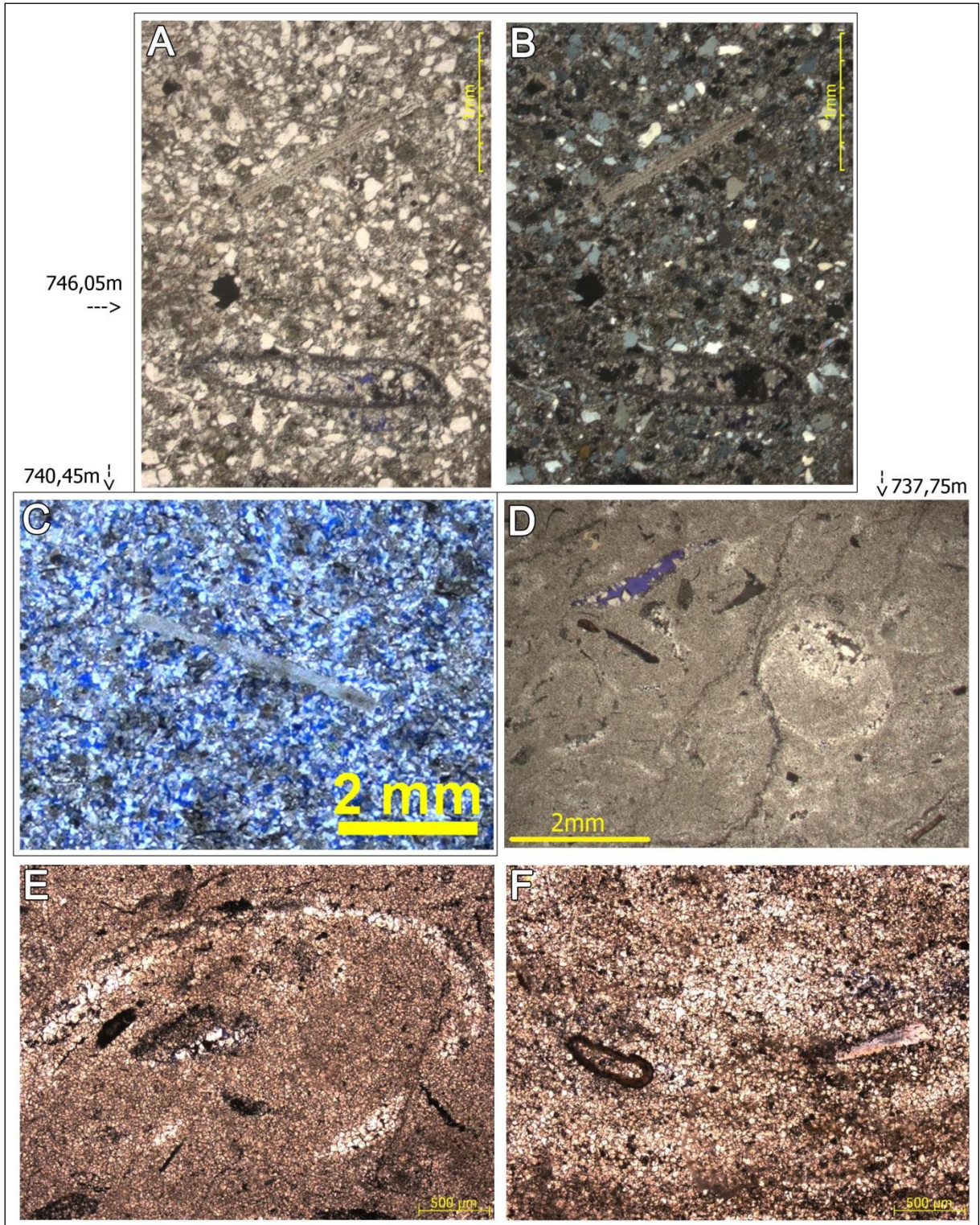


Figura III.15: Fotomicrografias das lâminas L1 (A e B), L2 (C) e L4 (D, E e F) do poço RE-16, indicadas na figura anterior. Todas estão a nicóis paralelos exceto a B.

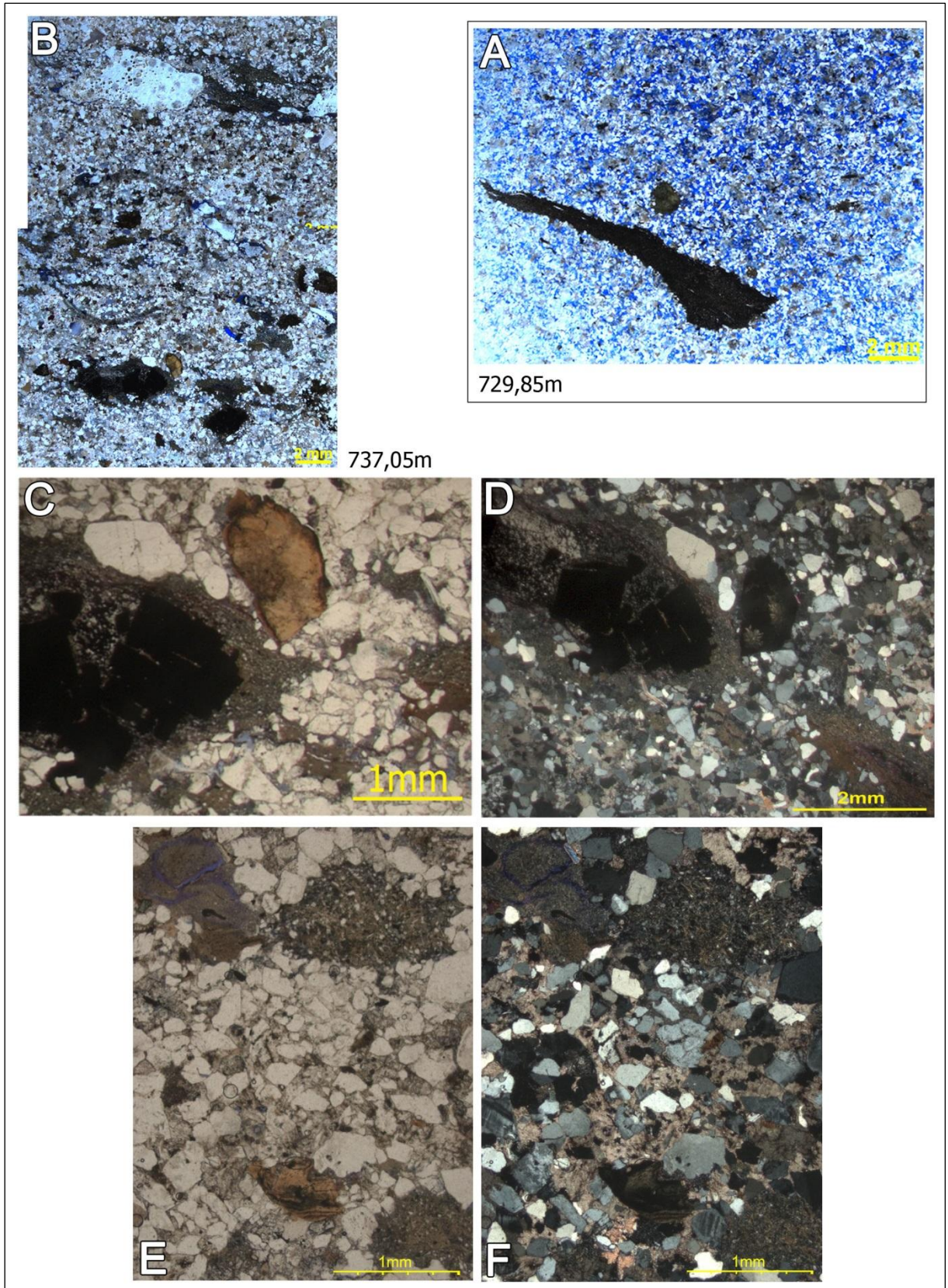


Figura III.16: Fotomicrografias das lâminas L5 (B a F) e L6 (A) do poço RE-16, indicadas na figura III.14. A, B, C e E – nicóis paralelos; D e F – nicóis cruzados.

4.4. RE-23

O poço RE-23 é o mais distal dos quatro poços estudados (mais ao Norte). De seu testemunho nº 1, foram amostradas quatro lâminas, que guardam um registro expressivo de suas fácies e diagêneses associadas.

Começando com a L1, um estrato de 0,1m de arenito com laminação quase horizontal na base, capeado por folhelho, que por sua vez capeado por arenito maciço com clastos arredondados de folhelho, e novamente lami-arenito, com lâminas arenosas-micáceas (figura III.17).

Na lâmina L1, o arenito varia de muito fino/fino a médio/grosso, é feldspático (arcóseo), e existem lâminas e clastos de folhelho, em parte carbonosos ou associado a grãos de fosfato (vertebrados) (figura III.18 – A, B e C). O arenito mostra cimento derivado de sobrecrecimento em feldspato, seguido de cimentação por calcita poiquilotópica e finalmente nova fase “ácida” de caulinita precipitada no centro de poros. Com isso, a porosidade é baixa, restrita a algumas áreas da lâmina (figura III.18 – B e C).

A lâmina L2 consiste de um arenito muito fino/fino a médio, com estratificação cruzada e forte cimentação dolomítica. Como no caso da L1, a diagênese normal envolve uma cimentação intermediária alcalina, onde a calcita comumente ataca e substitui a dolomita. No caso L2, após a fase calcita, tem lugar a agressiva reação para a gênese do dolosparito. Com isso, acaba-se gerando uma rocha dominada pelo cimento, sobrando alguns bolsões de arenito-arcósio com sobrecrecimentos igualmente corroídos (figura III.18 – D e E). E ainda sobra algum espaço poroso (*vugs* na foto D), onde pode precipitar a caulinita tardia (ver L1). Bivalves são frequentes, bem como moldes de gastrópodes, grãos de fosfato (foto D) e intraclasto fosfatizado (figura III.18 – E).

L3 e L4 são arenitos finos a médios com estratificação cruzada. Porém, em L3 o arenito é muito cimentado por dolosparito, de modo semelhante ao caso L2. Bivalves dominam, seguidos de moldes de gastrópodes (dolosparito fino) e grãos fosfáticos (figura III.19 – A). Já em L4, é observado um arenito fino a médio, com pouca cimentação de dolomita romboédrica intermediária e rara caulinita, e assim, possui boa porosidade. Fósseis: bivalves, gastrópodes e grãos fosfáticos (figura III.19 – C e D).

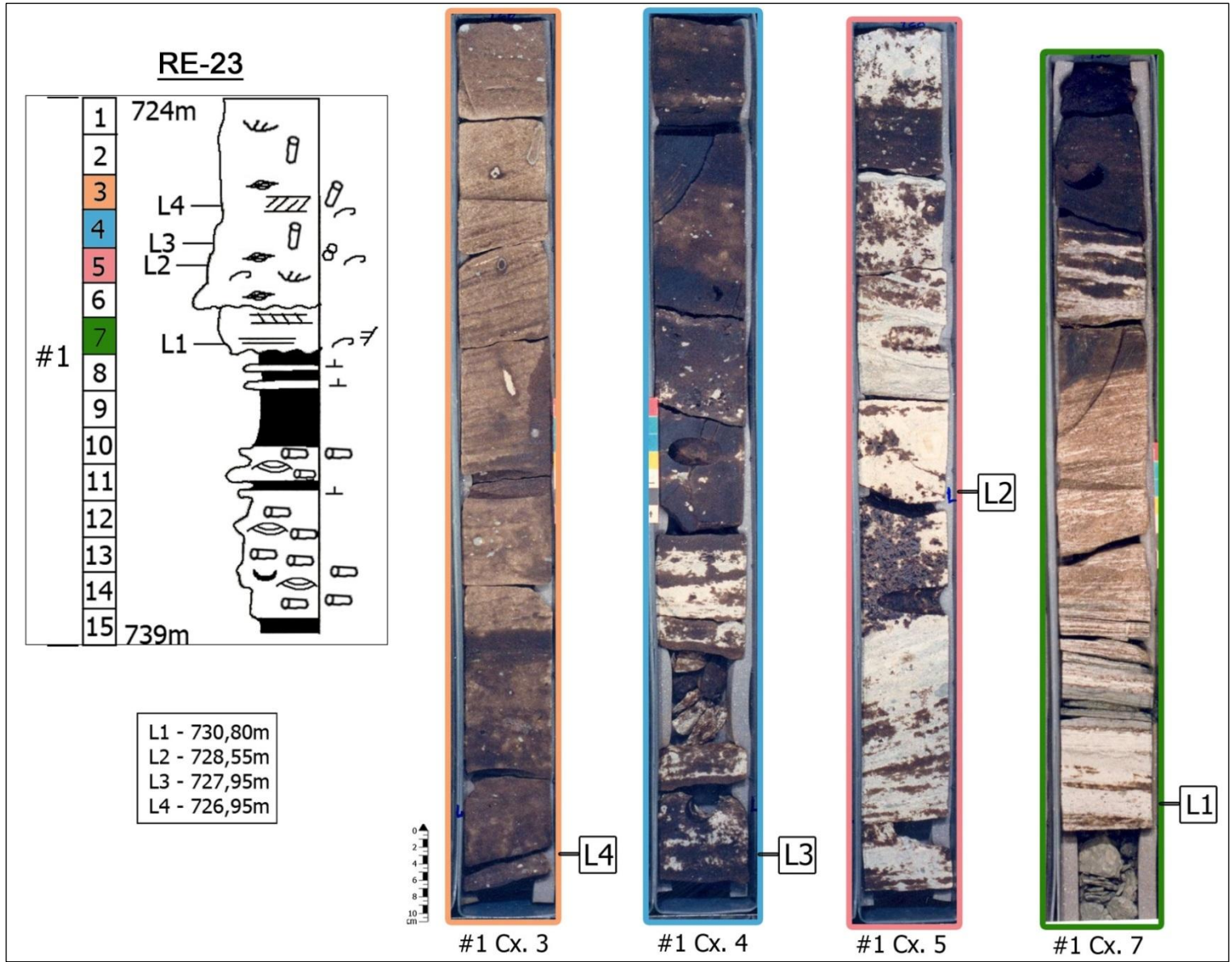


Figura III.17: Perfil faciológico do testemunho 1 do poço RE-23, com posição das lâminas estudadas (L1 a L4) e fotos das respectivas caixas de onde foram coletadas (cx. 3, 4, 5 e 7). Os contornos das fotos dos testemunhos estão nas mesmas cores indicadas no perfil.

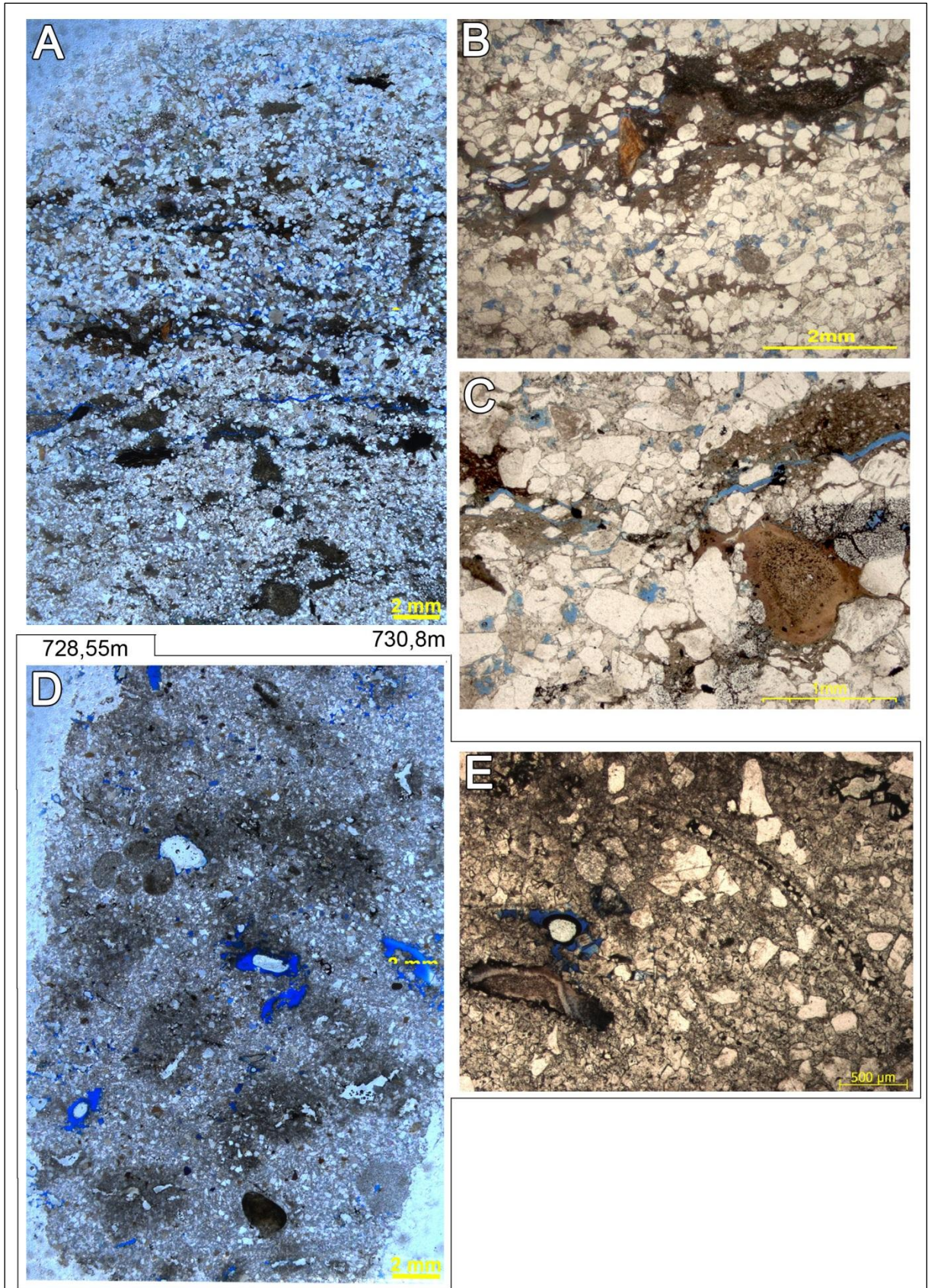


Figura III.18: Fotomicrografias das lâminas delgadas referentes a L1 (A, B e C) e L2 (D e E) indicadas na figura anterior. Todas as fotografias estão sob nicóis paralelos.

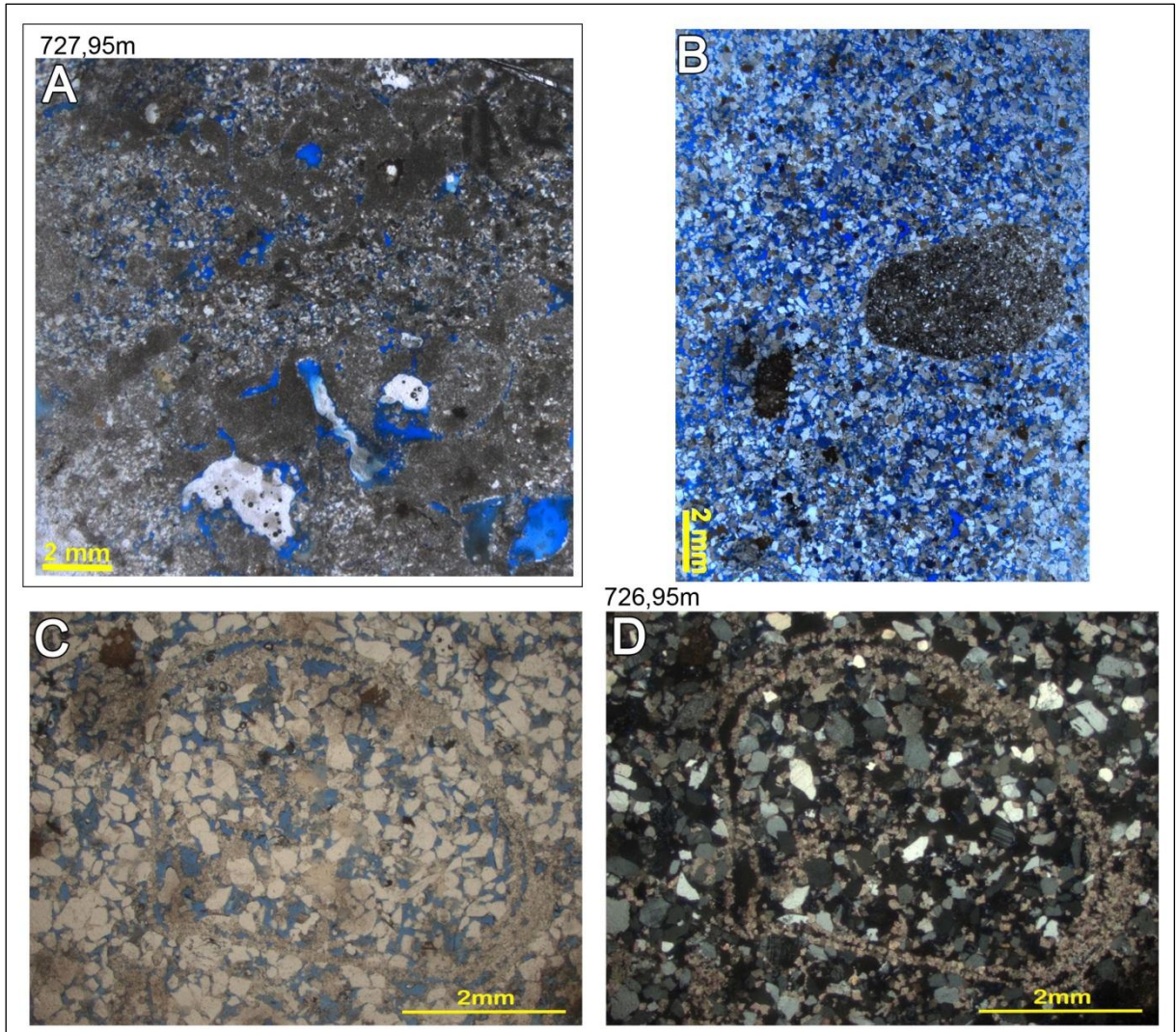


Figura III.19: Fotomicrografias das lâminas delgadas referentes a L3 (A) e L4 (B a D) indicadas na figura III.17. Apenas a D encontra-se com nicóis cruzados. As demais fotografias estão sob nicóis paralelos.

IV – SÍNTESE E CONCLUSÕES

O arcabouço cronoestratigráfico previamente proposto para o *trend* dos campos de BAL, MO, CAM e RE, mostrou-se sólido, e certamente se beneficiou com esta investigação petrográfica-diagenética. Consolidaram-se as duas sequências propostas para Redonda (SILVA, 1991) e a cronoestratigrafia de ciclos R-T (Regressivo-Transgressivo) de CASTRO (1992).

Há dois ciclos deposicionais, um para o componente regressivo C-4 (sistema fluvio-estuarino) e outro para o componente “transgressivo” C-3 (sistema estuarino-marinho) (**figura IV.1**).

Tomando como exemplo os ciclos regressivos do arenito-reservatório Mossoró (C-4), sobreposto ao ciclo transgressivo (C-3), pôde-se mapear este último do mesmo modo que mapeou-se o primeiro (CASTRO, 1992). Por exemplo, tal ciclo transgressivo no BAL, reduz-se a uma espessura média de estratos – evento tipo *coarse-grained storm beds*.

Em Redonda, um evento carbonático decimétrico encerra o ciclo 3: trata-se de um marco dolomítico marinho. No CAM-63, o ciclo 3 corresponde a uma sucessão de arrasamento para o topo, com níveis de coquina, passando a laminitos algáceos e a um paleossolo acastanhado com raízes (BAGNOLI, 1992) (**figura IV.2**, tes. 2, cx. 5 a test. 1, cx. 16).

A diagênese-padrão para arenitos flúvio-estuarinos (C-4), de composição arcossiana, é o sobrecrescimento de feldspato ou filme argiloso sobre os grãos, seguido de calcita espática poiquilotópica e caulinita de centro de poros de dissolução. A dolomitização torna-se elemento diagenético importante ao substituir a calcita, em intensidade e forma que depende da localização geográfica do campo no *trend* estudado.

Para os ciclos C-3 e C-2, flúvio-estuarino a marinho, no campo de Redonda, constata-se que os dois poços mais a sul, RE-11 e RE-8, apresentam cunhas clásticas estuarinas, ou seja, são arenitos de origem fluvial, mas também com indicadores de marés, como *flaser* de lama, estratificação espinha-de-peixe e

bioturbação tipo *Ophiomorpha*. Já nos poços ao norte, RE-16 e RE-23, a fácies muda para estuarina-marinha, pela ocorrência de estratificação ondulada truncante, *flaser* e abundante bioturbação. Grãos fosfáticos e fosfatados (vertebrados, bivalves, moldes de gastrópodes, equinoderma), e frequente dolomitização, quando ocorre, reduzem a porosidade dos arenitos (**tabela IV.1**).

Quanto ao ciclo 4, somente no campo de Redonda observou-se uma expressiva variação faciológica-diagenética, pelo fato do poço RE-23 ser o mais distal. Intraclastos de folhelho são frequentes em arenitos dolomíticos, assim como fragmentos fosfáticos e de moluscos. A diagênese é bastante ativa com sobrecrescimentos de feldspatos e caulinita tardia, mas é a cimentação carbonática (dolomita) o principal redutor da permoporosidade (Figura IV.2, **tabela IV.2**).

A sedimentação mista é observada nas fases transgressivas dos ciclos 2 e 3, e principalmente no ciclo 5 (correspondente à associação faciológica 5 (AF5) de SILVA (1991)), do campo de Redonda (figura IV.2).

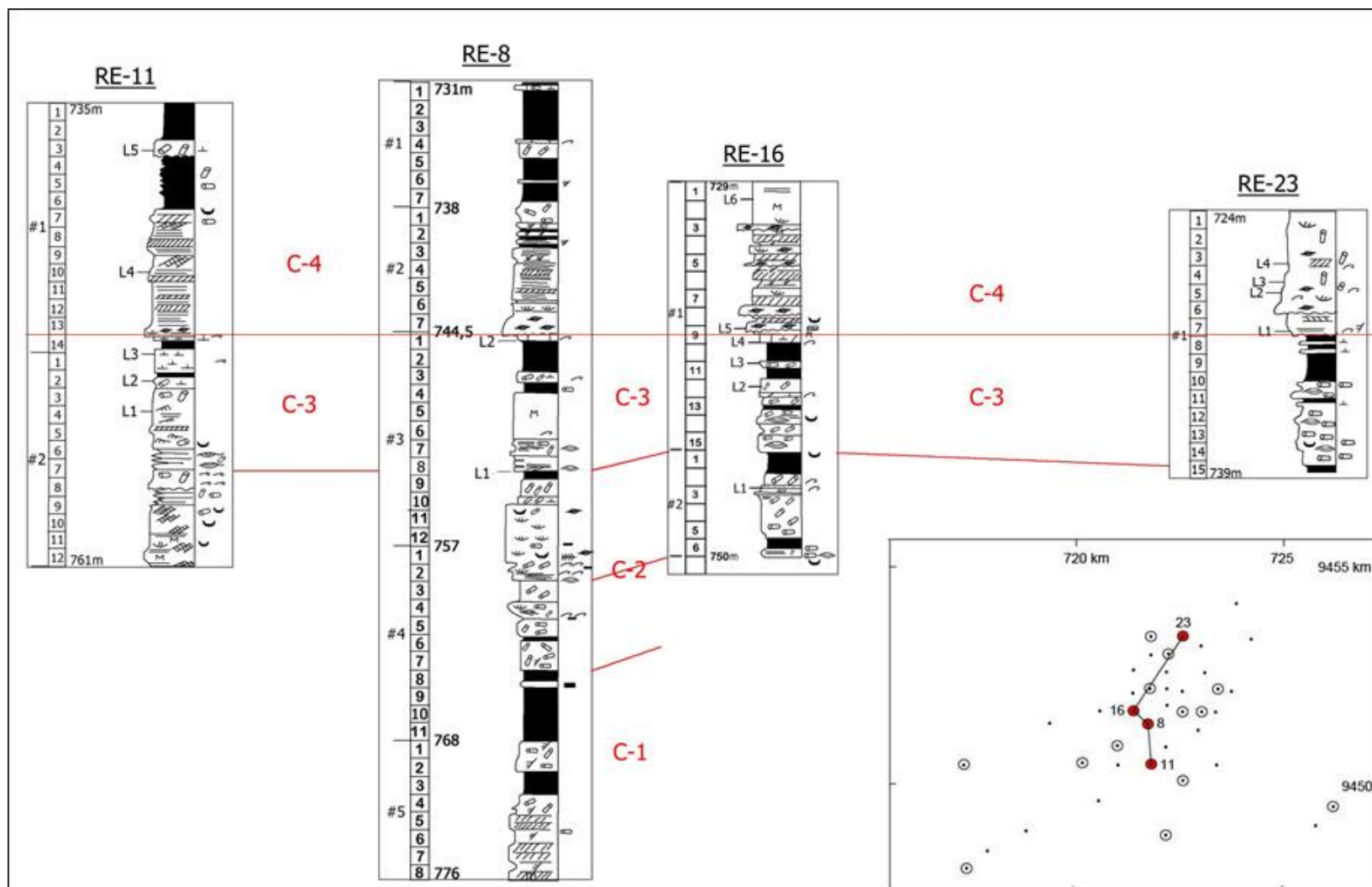


Figura IV.1: Correlação cronoestratigráfica entre os quatro poços estudados no Campo de Redonda.

CICLO 3

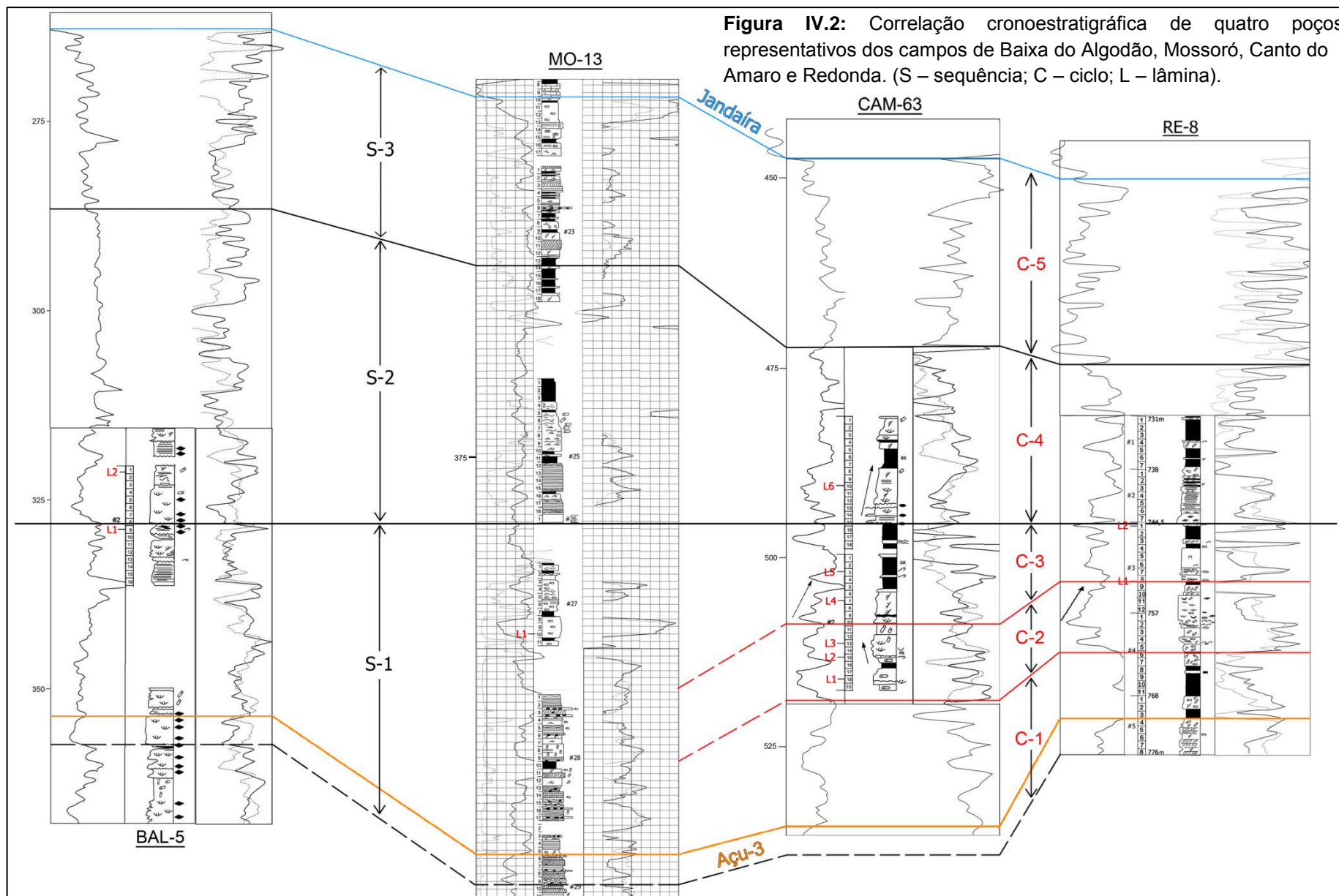
P	L	FÁCIES	FÓSSEIS/CONSTITUINTES	DIAGÊNESE/POROSIDADE
RE-11	L3	Dolosparito maciço com raros grãos de quartzo e feldspato.	Frequentes grãos fosfáticos, raros gastrópodes ocasionalmente fosfatizados, bivalves.	Porosidade móldica circundada por cristais de dolomita e porosidade intercrystalina.
	L2	Arenito fino com lâminas argilosas, bioturbado, clasto de siltito fosfatizado.	Abundantes grãos fosfáticos, raros gastrópodes, ocasionalmente fosfatizados.	Rara calcita poiquilotópica. Dolomicrospato substituindo lâminas argilo-arenosas. Lente arenosa com calcita poiquilotópica (estuarino), sobrecrescimento de feldspato, localmente dolomita, dedolomitização em calcita. Sem poros.
	L1	Arenito muito fino a fino, maciço a laminado.		Sobrecrescimento de feldspato, calcita poiquilotópica esparsa .
RE-8	L2	Doloesparito a dolomicrito.	Bivalves, crustáceo (?), grãos fosfatizados, escama de peixe (?).	Sem poros.
	L1	Arenito muito fino a fino, micáceo. Laminações arenosas seguidas de lâminas argilosas onduladas com fragmentos carbonosos. Clastos de argila calcitizados em seu interior (concreção).	Bioturbação, fragmento de molusco preenchidos por calcita em mosaico, com cristais romboédricos de dolomita superpostos. Fosfato.	Sobrecrescimento de feldspato. Cristais romboédricos de dolomita substituíram cimento poiquilotópico de calcita.
RE-16	L4	Dolomito (marco dolomítico).	Vestígios bioclásticos, fosfato, marcas de raiz(?), restos vegetais. Moldes de moluscos parcialmente preenchidos por cristais maiores de dolomita.	<i>Vugs</i> (localmente). Porosidade baixa.
	L3	Dolomita arenosa a fina, com frequente matriz argilosa.	Bioturbações dolomitizadas, fosfato.	Baixa porosidade.
	L2	Arenito muito fino.	Equinoderma, bioturbação, e raros bivalves.	Boa porosidade, praticamente não cimentada.

Tabela IV.1: Fácies e diagênese, Ciclo 3, Campo de Redonda.

CICLO 4

P	L	FÁCIES	FÓSSEIS/CONSTITUINTES	DIAGÊNESE/POROSIDADE
RE-11	L4	Arenito fino com estratificação cruzada e clastos de argila.		Sobrecrescimento de feldspato. Calcita poiquilotópica localizada. Caulinita. Caulinitização de micas. Sericitização de feldspatos.
RE-16	L6	Arenito Mossoró (topo). Muito fino a fino, maciço e poroso.	Grande clasto de folhelho carbonoso e grão fosfático.	Sobrecrescimento em feldspatos frescos. Calcita poiquilotópica em pequenos núcleos. Raro cimento de caulinita no centro de poros, gerando microporosidade. Boa porosidade.
	L5	Arenito Mossoró (base). Fino a médio, com estratificação cruzada.	Intraclastos de siltitos e localmente folhelhos, em parte carbonosos e com pirita. Grãos fosfáticos (vertebrados).	Sobrecrescimento de feldspato, calcita poiquilotópica, agregados de caulinita autigênica.
RE-23	L4	Arenito parcialmente dolomitizado, fino a médio, com estratificação cruzada.	Gastrópode, bivalve, grãos fosfáticos, intraclastos e bioturbação.	Argila, carbonato tardio, rara caulinita. Boa porosidade, <i>vugs</i> .
	L3	Arenito dolomítico, fino a médio, com estratificação cruzada.	Moluscos, frequentes bivalves, moldes de gastrópodes (doloeparito). Grãos fosfáticos.	
	L2	Arenito dolomítico, muito fino /fino a médio, com estratificação cruzada.	Fosfato, gastrópode, bivalves, intraclasto fosfatizado.	“Nódulos dolomíticos”, sobrecrescimento de feldspato, dedolomitização, caulinita tardia. Porosidade vugular.
	L1	Arenito muito fino/fino a médio/grosso, com lâminas e clastos de folhelhos, em parte carbonosos ou associados a grãos de fosfato.	Fosfato (vertebrados).	Cimento por sobrecrescimento de feldspato, calcita poiquilotópica, caulinita no centro dos poros. Baixa porosidade.

Tabela IV.2: Fácies e diagênese, Ciclo 4, Campo de Redonda.



		FÁCIES	FÓSSEIS/CONSTITUINTES	DIAGÊNESE/POROSIDADE
C-4	BAL-14-L2	Arenito fino a muito fino, argiloso, com micas.	-----	Sobrecrescimento de feldspato. Caulinitização local em micas.
	CAM-63-L6	Arenito fino laminado, com feldspatos bastante fraturados e abundantes micas.	-----	Abundante calcita poiquilotópica em pequenos núcleos. Sobrecrescimento de feldspato. Raras caulinitizações de micas. Boa Porosidade.
C-3	BAL-5-L1	Arenito muito fino a fino, com micas, clastos de folhelhos, localmente grãos piritizados e por vezes aglutinados.	Grãos fosfáticos (vertebrados) e restos vegetais.	Cimentação por sobrecrescimento de feldspato, sucedida por dolosparito. Baixa porosidade. Raro crescimento secundário de equinodermo.
	MO-13-L1	Arenito fino bem selecionado, por vezes dolomítico.	Gastrópodes, grãos fosfáticos e restos vegetais.	Sobrecrescimento de feldspato, que sucede uma cimentação carbonática, dolomitização e por fim, dedolomitização. Ocasional oxidação e piritização.
	CAM-11-L5	Coquina de moluscos capeada por dolomicrita.	Gastrópodes.	Dolomicrita preenchendo câmaras internas dos moluscos e <i>pellets</i> fecais (também de dolomicrita) preenchendo algumas câmaras externas, formando estruturas geopetais.
	CAM-63-L4	Arenito fino a muito fino, com níveis micáceos.	-----	Calcita poiquilotópica, raro sobrecrescimento de feldspato. Boa porosidade.
	CAM-63-L3	Arenito fino a muito fino, com clastos de folhelho e abundantes micas.	-----	Sobrecrescimento de feldspato, calcita poiquilotópica. Localmente, caulinitização de micas.
	CAM-63-L2	Arenito muito fino a fino, com micas, seleção regular a boa.	Grãos fosfáticos.	Sobrecrescimento de feldspato, calcita poiquilotópica. Dolomitas (?) arredondadas e com núcleo escuro, geralmente aglutinadas formando uma aparência de “favo de mel”.

Tabela IV.3: Fácies e diagênese, Ciclo 4 e 3, Campos de BAL, MO e CAM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARARIPE, P. T. & FEIJÓ, F. J. *Bacia Potiguar*. Boletim de Geociências da PETROBRAS, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 127-141, 1994.
- BAGNOLI, E. 1993. *The Mossoró Sandstone, Canto do Amaro Oil Field, Late Cretaceous of the Potiguar Basin: An Example of a Tidal Inlet-Channel Reservoir*. In: RHODES, E. G. & MOSLOW, T. F. (eds.). *Frontiers in Sedimentary Geology – Marine Clastic Reservoirs*. Springer Verlag New York.
- BERTANI, R. T. 1990. *Evolução Tectono-sedimentar, Estilo Estrutural e Hábitat do Petróleo na Bacia Potiguar*. In: RAJA GABAGLIA, G. P. e MILANI, E. J. (Coords.). 1990. *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. PETROBRÁS.
- CASSAB, R. DE C. T. *Paleontologia da Formação Jandaíra, Cretáceo Superior da Bacia Potiguar, com ênfase na paleobiologia dos gastrópodos*. 184 páginas. Tese de Doutorado – UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.
- CASTRO, J. C. 1993. *Facies, Reservoirs and Stratigraphic Framework of the Mossoró Member (Latest Cenomanian-Earliest Turonian) in Potiguar Basin, NE Brazil: An Example of a Tide and Wave Dominated Delta*. In: RHODES, E. G. & MOSLOW, T. F. (eds.). *Frontiers in Sedimentary Geology – Marine Clastic Reservoirs*. Springer Verlag New York.
- CASTRO, J. C.; BARROCAS, S. L. S. 1981. *Roteiro de campo – Fácies da Formação Açú, Bacia Potiguar*. PETROBRAS/CENPES, 32 páginas. (Relatório Interno).
- CASTRO, J. C.; BARROCAS, S. L. S.; LIMA, H. P. 1982. *A Sedimentação da Formação Açú, Cretáceo Médio da Bacia Potiguar e Um Análogo Recente: O Estuário do Rio Açú na Região de Macau, RN*. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG, v. 5, p. 2417-2423.
- CÓRDOBA, V. C. *A Evolução da Plataforma Carbonática Jandaíra Durante o Neocretáceo na Bacia Potiguar: Análise Paleoambiental, Diagenética e Estratigráfica*. 237 páginas. Tese de Doutorado – Unesp, Rio Claro, 2001.
- FARIAS, P. R. C. 1997. *Bibliografia Comentada Sobre a Geologia Regional da Bacia Potiguar*. E & P RNCE/GEXP/GELAB, 21 páginas. (Relatório Interno).

- LOMANDO, A.J.; HARRIS, P.M. 1991. *Mixed carbonate – siliciclastic sequences*. SEPM Core Workshop no. 15, Dallas, 1991. SEPM, Tulsa, Okla., 569 p.
- NORA SOUTO, D. L. A.; PREDÁ, W. N.; FARIAS, P. R. C. 1990. *Sistemas Depositionais e Geometria dos Reservatórios da Formação Açú no Alto de Mossoró, Bacia Potiguar*. In: CONGR. BRAS. GEOL., 36, Natal, 1990. *Anais...* Natal, SBG, v. 1, p. 241-255.
- OLIVEIRA, L. R. *Feições Diagenéticas Associadas à Exposição Subaérea da Formação Jandaíra, Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil*. 82 páginas. Relatório de Graduação – UFRN, Natal-RN, 2011.
- SCHOLLE, P. A. & ULMER-SCHOLLE, D. S. *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis*. AAPG Memoir 77, Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 2003.
- SILVA, A.O. 1991. *Fácies, Paleoambientes e Análise Estratigráfica do Membro Mossoró (Meso-Cenomaniano - Eo-Turoniano) da Formação Açú na Área do Campo de Redonda, Bacia Potiguar Emersa, Rio Grande do Norte*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Dpto. de Geologia, 177p.
- SOUZA, S. M. *Atualização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar*. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia: Vol. 5, Salvador – BA, 1982.
- VASCONCELOS, E. P.; LIMA NETO, F. F.; ROOS, S. 1990. *Unidades de Correlação da Formação Açú – Bacia Potiguar*. In: CONGR. BRAS. GEOL., 36, Natal, 1990. *Anais...* Natal, SBG, v. 1, p. 227-240.