

## FORMAÇÃO CRATO DA BACIA DO ARARIPE: UM RESERVATÓRIO ANÁLOGO AO CALCÁRIO TRAIRÍ (FORMAÇÃO PARACURU), BACIA DO CEARÁ

Agnelo Leite da Silva<sup>1</sup>, Virgínio Henrique Neumann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestrando ANP/PRH 26-UFPE, endereço r. Acad. Hélio Ramos, s/n., CTG/DGeo, 6º andar, Cid. Universitária, CEP 50670-901, Recife-PE, e-mail: agneloleite@bol.com.br

<sup>2</sup> Departamento de Geologia/CTG/UFPE, endereço r. Acad. Hélio Ramos, s/n., CTG/DGeo, 6º andar, Cid. Universitária, CEP 50670-901, Recife-PE, e-mail Neumann@ufpe.br

**Resumo** – O Calcário Trairí da Formação Paracuru da Bacia do Ceará e a Formação Crato da Bacia do Araripe são análogas no que se refere à estratigrafia/sedimentologia, ao paleoambiente deposicional, à cronologia e às estruturas deformacionais. As rochas destas unidades foram depositadas no Aptiano-Albiano, num sistema lacustre associado a sistemas flúvio-deltaicos, caracterizado pela deposição de níveis de calcários laminados separados por rochas siliciclásticas lutáceas e arenáceas. Nessas unidades carbonáticas são encontradas estruturas deformacionais, como microfalhas, *microslumps*, *loop beddings* e fraturas.

O campo de Xaréu, na Bacia do Ceará já é considerado um campo maduro e apresenta problemas de produção de petróleo. O estudo das rochas do Calcário Trairí de forma direta é bastante dificultado pelo fato destas estarem sobre uma lâmina de água de cerca de 50 metros de espessura. Para diminuir os custos de investimento no estudo das rochas do Calcário Trairí, pretende-se utilizar o estudo das rochas da Formação Crato, principalmente no tocante as suas estruturas e microestruturas deformacionais, que por analogia poderá contribuir para uma melhor compreensão da arquitetura deposicional do Calcário Trairí.

Palavras-Chave: Calcário Trairí; Formação Crato; Análogos, Sedimentologia, Estratigrafia.

**Abstract.** The Trairí limestone (Paracuru Formation of the Ceará Basin) and the Crato Formation (Araripe Basin) are analogs in the stratigraphy/sedimentology, in the depositional environment, in the chronology and in the deformational structures. The rocks of these units were deposited in Aptian-Albian, in a lacustrine system associate with fluvial-deltaic systems. These rocks are characterized by the deposition of levels of laminated limestones separate by lutaceous and arenaceous siliciclastic rocks. In these units are described structures, as microfaults, *microslumps*, *loop beddings* and fractures.

The Xaréu field, in the Ceará Basin, is already considered a mature field and it presents petroleum production problems. The study of the rocks of the Trairí Member in a direct way is difficult by the fact of they be on a water sheet thickness of about 50 meters. To decrease the investment costs in the study of the Trairí limestone, the study of Crato Formation rocks can be used in analogy, to contribute for a best understanding of the Trairí limestone.

Keywords: Trairí limestone, Crato Formation, Analogous, Sedimentology, Stratigraphy.

## 1. Introdução

As rochas do Calcário Trairí da Formação Paracuru, Bacia do Ceará, foram depositadas num sistema lacustre carbonático/terrígeno no aptiano, e são tanto geradoras como reservatório de petróleo no campo petrolífero de Xaréu no *of shore* da bacia. O campo de Xaréu da bacia do Ceará já é considerado um campo maduro, sendo que a sua manutenção como um campo comercial depende da inovação de tecnologias de exploração/produção que mantenha sua produção em níveis sustentáveis. A partir deste ponto de vista é imprescindível o estudo destas rochas. Por estarem sob uma lâmina de água em torno de 50 metros de espessura, o seu estudo torna-se mais difícil e oneroso. Uma das alternativas para a realização de estudos destas rochas, de forma mais barata, porém indireta, é o uso de análogos de reservatórios. As rochas da Formação Crato da Bacia do Araripe são análogas às rochas do Calcário Trairí, tendo sido formadas no Aptiano-albiano, também num sistema lacustre.

A fase pós-rifte na Bacia do Araripe representa uma fase de relativa tranqüilidade na bacia. Porém pequenos eventos sísmicos provavelmente influenciados pelo sistema de falhamentos do embasamento da área, como os que ocorrem hoje na região de Caruaru-PE e João Câmara-RN, podem ter ocorrido na área durante a formação dos depósitos carbonáticos. Pequenos eventos sísmicos como esses ainda hoje influenciam a produção no campo de Xaréu. O estudo das deformações e microestruturas, geradas por estes microssismos, nas rochas da Formação Crato é, junto com a definição da estratigrafia física, o principal foco de estudo deste trabalho. O objetivo principal é estudar o comportamento das falhas, microfalhas, fraturas e outras microestruturas, que ocorrem nos calcários laminados da Formação Crato. Entendendo os mecanismos geradores de tensões nas rochas da bacia do Araripe poder-se-á extrapolar os resultados para as rochas que compõe o Campo de Xaréu, tomando-se os devidos cuidados para com as peculiaridades locais, para que assim se possa avaliar o resultado da pesquisa em pauta.

## 2. Localização das Áreas em Estudo

As áreas de estudo se localizam nas bacias do Ceará e do Araripe, localizadas na Figura 1. A Bacia do Ceará, Figura 1A, se localiza na plataforma continental da margem equatorial brasileira, estendendo-se de NW para SE, entre o Alto de Tutóia e o alto de Fortaleza, que a separa das bacias de Barreirinhas e Potiguar, respectivamente (Costa et al. 1990). A Bacia do Ceará recobre uma área de 23.000 km<sup>2</sup>. O campo de Xaréu fica a cerca de 25 Km da linha de costa, na Sub-bacia de Mundaú, e foi descoberto em 1978, sob uma lâmina de água de aproximadamente 50 m.

A Bacia do Araripe, Figura 1B, se localiza no interior da região Nordeste do Brasil, entre os estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, e cobre uma área de cerca de 7.200 km<sup>2</sup>, sendo que área em que se focalizam os estudos se localiza entre os municípios de Crato, Barbalha e Nova Olinda, no estado do Ceará. A cidade de Crato, sede do projeto nas etapas de coleta de dados de campo, fica a 650 km de distancia de Recife-PE, e a 570 km de Fortaleza-CE.

## 3. O Calcário Trairí

Segundo Beltrami et al. (1994), O Calcário Trairí está posicionado na parte intermediária da Formação Paracuru, entre corpos onde predominam arenitos e siltitos (na base) e siltitos e folhelhos (no topo). O Calcário Trairí é composto principalmente por carbonatos, com uma espessura de até 100 m, daí a denominação de Calcário Trairí.

Como pode ser visto na Figura 2, as rochas do Calcário Trairí são geradoras (calcários) e reservatórios (arenitos e calcários) de petróleo no campo de Xaréu, considerado um campo maduro, que se localiza Sub-bacia de Mundaú. O campo de Xaréu pode ser localizado na Figura 1 e na Figura 2 é demonstrada a situação tectono-sedimentar do campo dentro da Sub-bacia de Mundaú. O Calcário Trairí contém cerca de 44% do volume de óleo original do Campo de Xaréu, que tem o volume de óleo restante reservado na Formação Ubarana (Albo-Maastrichtiano).

O Calcário Trairí está constituído principalmente por duas unidades carbonáticas, denominadas informalmente de A1 (topo) e A2 (base), que representam uma sedimentação marginal lacustre, associados a evaporitos, que de acordo com Della Fávera et al. (1984) representam ambiente de *sabkha* marginal associado. As unidades carbonáticas estão separadas entre si, tanto lateralmente como verticalmente, por arenitos, siltitos e folhelhos, formando um complexo lacustre com uma espessura de suas sucessões variando de 40 a 80 metros. A unidade A2, com uma espessura variando de 12 a 25 m, corresponde aos calcários produtores. A1 tem espessura variando de 6 a 12 metros.

A partir de um estudo mais detalhado das unidades A1 e A2, observa-se que nas mesmas dominam camadas carbonáticas, mas há uma alternância mais ou menos cíclica entre as seguintes litologias, por ordem de predominância: calcário, folhelho, brecha, interlaminação folhelho/calculutito, silito, marga, arenito, diamictito, argilito e dolomito. Os tipos de porosidade ocorrentes nessas rochas são essencialmente do tipo fratura, ocorrendo ainda porosidade vulgular e interpartícula, subordinadas.

A idade das rochas do Calcário Trairí é Aptiana-Albiana, idade esta baseada em ostracodes e palinórfos correspondentes respectivamente a NRT 011 e a P-270 (Beltrami *et al.*, 1994).

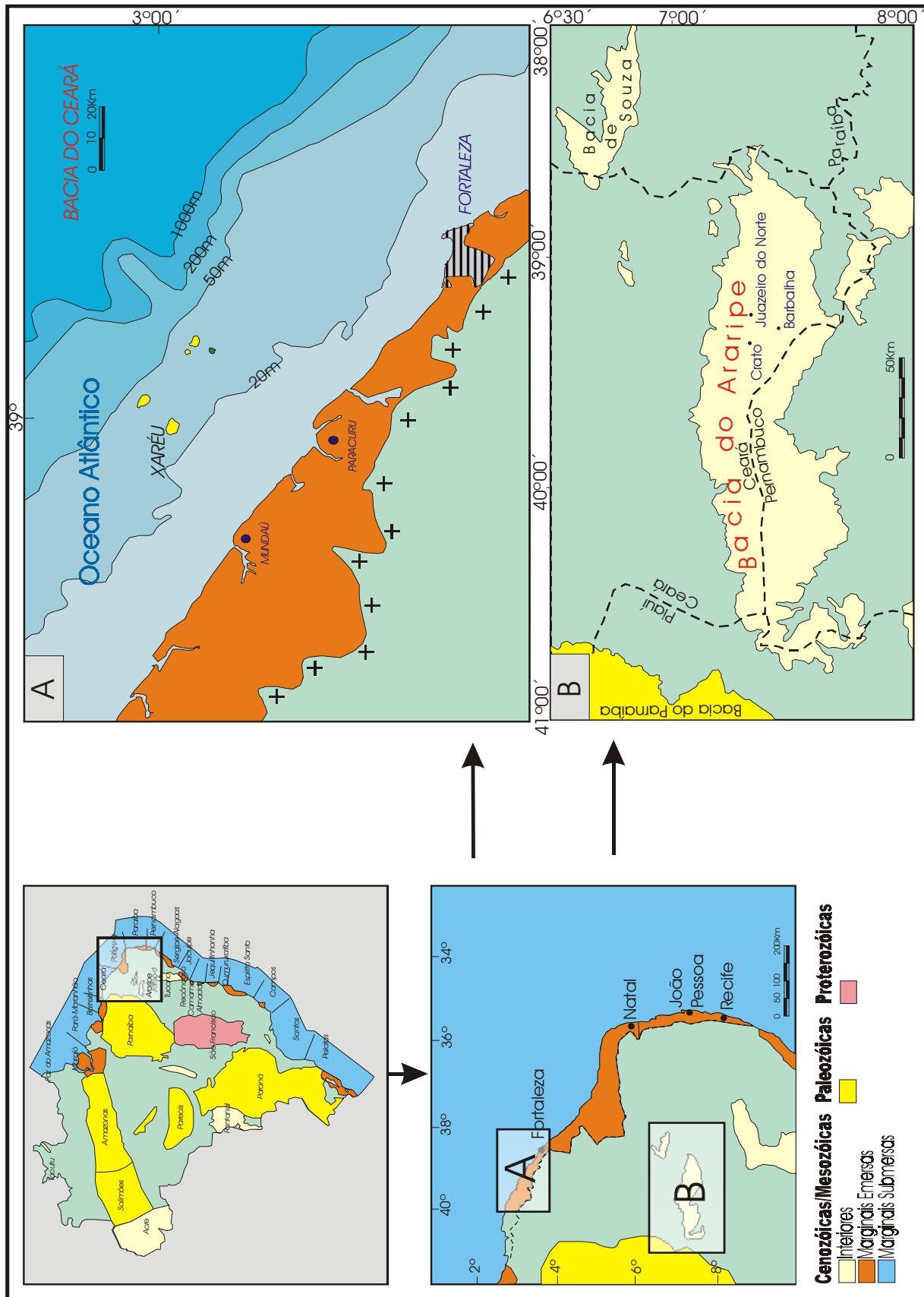


Figura 1. Localização geográfica das bacias sedimentares do Ceará, sub-bacia de Mundaú (A), e do Araripe (B), dentro do contexto das bacias sedimentares brasileiras. Em A está localizado o campo petrolífero de Xaréu.

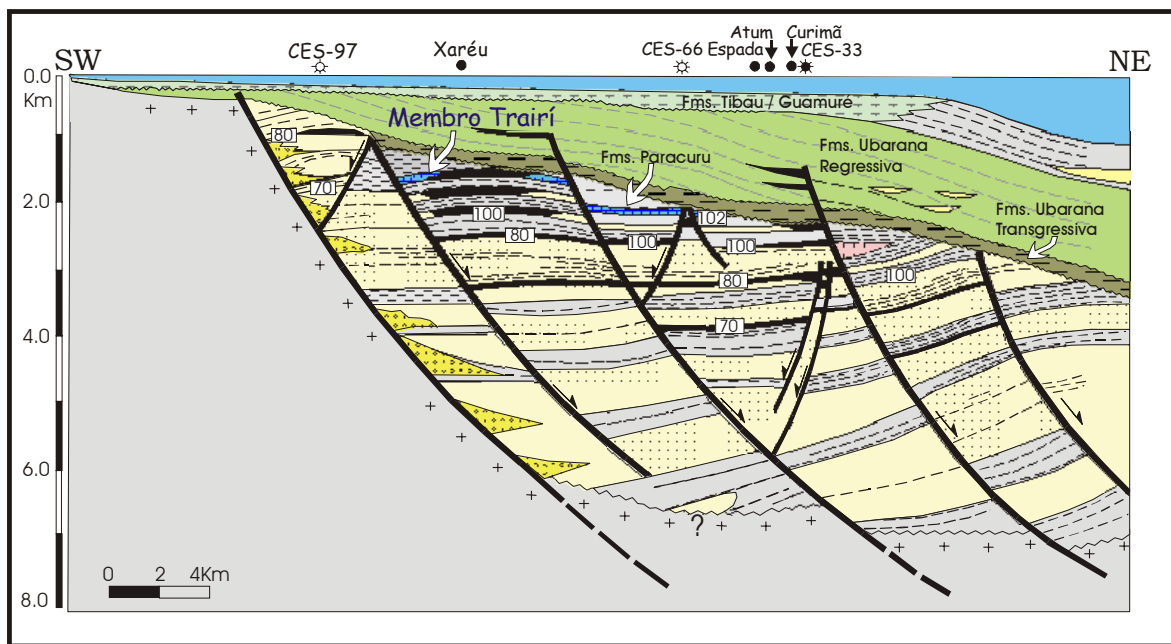


Figura 2. Seção Estrutural DIP da Sub-bacia de Mundaú com os principais *plays*. Na seção está localizado o campo de Xaréu, que extrai óleo do Calcário Trairí. Modificada de Costa et al. (1990).

#### 4. A Formação Crato

Segundo Neumann e Cabrera (1999) a Formação Crato é constituída principalmente por seis unidades carbonáticas denominadas informalmente de C1 a C6. Estas unidades representam uma sedimentação carbonática lacustre interna. Elas estão separadas entre si tanto lateralmente como verticalmente, por arenitos e siltitos deltaico-lacustre da Formação rio da Batateira e por siltitos e folhelhos lacustres, formando um complexo lacustre com uma espessura de cerca de 50-70m.

De acordo com Neumann (1999) a seqüência ideal de associações de fácies é marcada pela repetição cíclica de seis grandes associações de fácies, que representa um ambiente inicialmente flúvio-deltaico e lacustre marginal que evolui para um ambiente lacustre interno, conforme é mostrado na Figura 3. Duas causas podem ter gerado esta situação: a) maior entrada de água no sistema ou b) progradação-retrogradação dos sistemas flúvio-deltaicos, devido a um maior ou menor aporte de sedimentos.

Neumann (1999) e Silva et al. (2002) evidenciaram seis unidades principais de sedimentação carbonática lacustre interna (C1 a C6). Cada unidade inclui: A) litofácies de ritmo argila-carbonato (submicrofácies Sm1); B) litofácies de calcário laminado. Em ambas as litofácies foram evidenciadas estruturas de microfalhas, mas as estruturas de microdeformações (*loop bedding*) somente foram observadas nos calcários laminados.

Os calcários laminados estão constituídos predominantemente de calcita de baixo teor de magnésio e contém as seguintes submicrofácies: Sm2, com laminas onduladas e estruturas do tipo *loop bedding*; Sm3, com pelóides; Sm4, com lâminas onduladas e onduladas do tipo *microslumps* e *microripples*; Sm5, com lâminas plano-paralelas e onduladas; e Sm6, com lâminas plano-paralelas ricas em ostracodes. A distribuição dessas submicrofácies em cada um dos seis níveis de calcário (C1 a C6) pode ser visualizada na Figura 4.

#### 5. Analogias entre o Calcário Trairí e a Formação Crato

Como podemos analisar nos dois últimos tópicos, que definem as duas unidades em estudo, notamos que estas apresentam muitas semelhanças, principalmente estratigráficas/sedimentológicas, paleoambientais, cronológicas e estruturais. As analogias estratigráficas/sedimentológicas e paleoambientais passam pelos tipos de rochas, onde ocorre o predomínio de calcários finamente laminados associados a rochas siliciclásticas variando de lutáceas a arenáceas, que registram uma deposição em sistemas lacustres associados a flúvio-deltaicos. Cronologicamente, tanto o Calcário Trairí como a Formação Crato apresentam idade Aptiana-Albiana (Alagoas), idade esta caracterizada pelas biozonas P-270 (palinomorfos) e NRT-011 (ostracodes). Quanto às estruturas não se conhecem com detalhes as ocorrentes no Calcário Trairí, devido as dificuldades de estudos desta unidade, mas acredita-se que ocorram nesta unidade estruturas deformacionais, como microfalhas, *loop beddings*, *microslumps* (de origem deposicional), etc., como as que foram descritas para a Formação Crato por Silva et. al. (2002) e Neumann (1999). Estas estruturas deformacionais, que serão estudadas com mais detalhes na Formação Crato, principal objeto de estudo desta pesquisa, podem influenciar a produção de petróleo no campo de Xaréu durante eventos sísmicos de baixa magnitude.

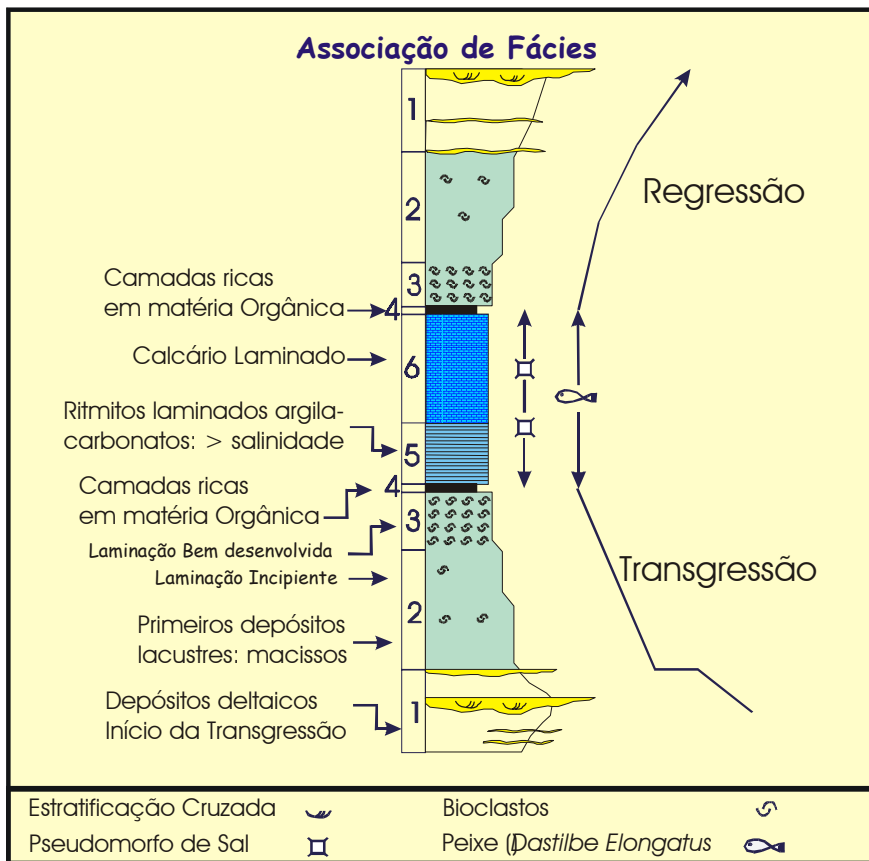


Figura 3. Seqüência ideal das seis associações de fácies que compõem a Formação Crato. Da base para o topo: 1. Fluvial (de canal e planície de inundação); 2. Lacustre-deltaica (de canal, proximal e distal); 3. Lacustre interna terrígena; 4. Lacustre interna mista; 5. Lacustre interna Carbonatada. Adaptada de Neumann (1999).

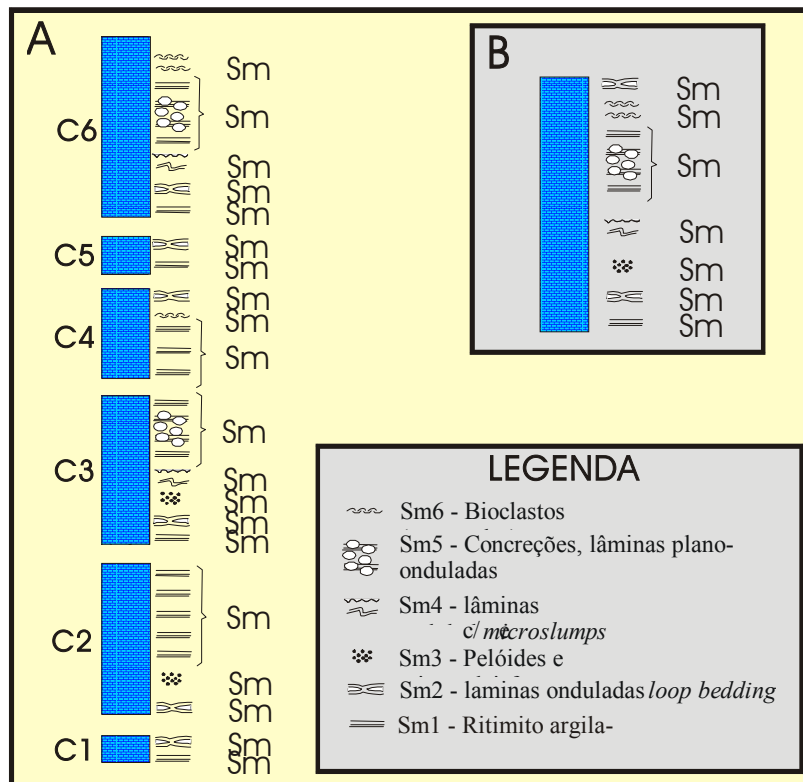


Figura 4. A. Distribuição das submicrofácies descritas para os seis níveis de calcário (C1 a C6) da Formação Crato. B. Seqüência ideal de distribuição das submicrofácies, obtida de acordo com a análise de campo. (Silva et al. 2002).

## 6. Conclusões

As analogias existentes entre o Calcário Trairí da Bacia do Ceará, que contém rochas produtoras de petróleo no campo de Xaréu, e a Formação Crato da Bacia do Araripe são evidentes. Desta forma o estudo da primeira unidade, principalmente no que diz respeito às estruturas deformacionais ocorrentes, podem ser barateadas ao se tomar como objeto de estudo as rochas da segunda unidade, já que estas se encontram aflorantes na bacia, possibilitando fácil acesso.

O estudo das rochas da Formação Crato nesta pesquisa está em fase inicial, porém os resultados já obtidos são bastante animadores no que diz respeito às conclusões a que chegaremos e a sua aplicabilidade por analogia às rochas do Calcário Trairí.

## 7. Agradecimentos

Agradecemos à Agência Nacional do Petróleo - ANP pelos recursos disponibilizados através de bolsa de mestrado pelo PRH26 ANP/UFPE, sem a qual este trabalho não poderia estar sendo desenvolvido.

## 8. Bibliografia

- BELTRAMI, C.V.; ALVES, L.E.M.; FEIJÓ, F.J. Bacia do Ceará. *Bol. Geoci. Petrobrás*. Rio de Janeiro. 8(1):117-125. 1994.
- COSTA, I. G.; BELTRAMI, C.V.; ALVES, L.E.M. A Evolução Tectono-Sedimentar e *Habitat* do Óleo da Bacia do Ceará. *Bol. Geoci. Petrobrás*. Rio de Janeiro. 4(1):65-74. 1990.
- DELLA FÁVERA, J. C.; MEDEIROS, R.A.; APPI, C.J.; BEURLIN, G.; VIVIERS, M.C.; HASSHIMOTO, A.T.; BELTRAMI, C.V.; PIAZZA, I.A.; HORSCHUTZ, P.M.C. Análise Estratigráfica do Andar Alagoas na Bacia do Ceará. *Petrobrás/Cenpes*, 75p. (Relatório Interno 673-553/ 103-04341), 1984.
- NEUMANN, V.H. Estratigrafia, sedimentologia, geoquímica y diagênesis de los sistemas lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil). Barcelona, Tese de Doutorado, Universidade de Barcelona. 244p. 1999.
- NEUMANN, V.H.; CABRERA, L. Uma Nueva Proposta Estratigráfica para la Tectonosecuencia Post-Rifte de la Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil. In: *Bol. 5º Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil e 1º Simpósio Sobre el Cretácico de América Del Sur*, Serra Negra/SP, Brasil, p. 279-285, 1999.
- SILVA, A.L.; NEUMANN, V.H.; CABRERA, L. Fácies Carbonáticas Laminadas da Formação Crato (Aptiano), Bacia do Araripe: Litofácies, Microfácies e Microestruturas. In: *Bol. 6º Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil e 2º Simpósio Sobre el Cretácico de América Del Sur*, São Pedro/SP, Brasil, p. 31-36, 2002.