

A ESTRATIGRAFIA DA BACIA PARAÍBA: UMA RECONSIDERAÇÃO

José Antonio Barbosa¹
Ebenezer Moreno de Souza²
Mário Ferreira Lima Filho³
Virgínio Henrique Neumann³

1 Pós-Graduação em Geociências, PRH-26/ANP/FINEP/UFPE. barboant@hotmail.com

2 Pós-Graduação em Geociências, UFPE emoreno@nlink.com.br

3 Departamento de Geologia, UFPE mflf@ufpe.br, neumann@ufpe.br

RESUMO A bacia Paraíba está localizada na faixa costeira, entre o Lineamento Pernambuco, próximo à cidade de Recife, e o Alto de Mamanguape, ao norte da cidade de João Pessoa, cobrindo uma área de aproximadamente 130 km. A reavaliação dos dados existentes e a integração com novos dados obtidos, permitiram a elaboração de um modelo de deposição das unidades que ocorrem na bacia em três sub-bacias (Olinda, Alhandra e Miriri). Esse modelo de evolução estratigráfica, envolve: um ciclo de subsidência mais intenso (Turoniano?-Santoniano), uma fase transgressiva rápida (Neo-Campaniano?), um domínio de mar alto (Maastrichtiano), uma fase regressiva com exposição de plataforma e erosão (Daniano) e a instalação de um trato de mar baixo com a formação de sistemas recifais rasos (Daniano-Eoceno?).

Palavras-chave: Bacia Paraíba, bacias marginais, estratigrafia de seqüências.

ABSTRACT THE PARAÍBA BASIN STRATIGRAPHY: A RECONSIDERATION
The Paraíba basin is located along the coastal zone between Pernambuco Lineament, near the city of Recife, and the Mamanguape High, to the north of the city of João Pessoa, covering an area of approximately 130 Km. The revaluation of existent data and the integration with data, obtained during this work, was possible to proposed the division of the basin in three sub-basins (Olinda, Alhandra and Miriri). The model proposed here to the stratigraphic evolution of the Paraíba Basin shows: a initial fast subsidence phase with continental deposition (Turonian?-Santonian), a fast transgressive phase (Early Campanian?), a high stand system tract domain (Maastrichtian), a fast regressive phase with platform exposure and a erosion (Danian-Eocene?) and a low stand system tract with the occurrence of a shallow reefal system.

Keywords: Paraíba Basin, marginal basins, sequence stratigraphy.

INTRODUÇÃO

A Bacia Paraíba, aqui definida, abrange a faixa sedimentar costeira que existe desde o Lineamento Pernambuco, nas proximidades da cidade de Recife, até o alto estrutural de Mamanguape ao norte de João Pessoa (ver Fig.1). A separação das bacias Paraíba e Pernambuco tornou-se cada vez mais evidente a partir do trabalho de Mabesoone & Alheiros (1988, 1993). Outros autores já haviam apontado

diferenças estruturais (Rand, 1967, 1976) e geomorfológicas (Neumann, 1991) entre as duas bacias, mas foi Lima Filho (1998) e Lima Filho *et al.* (1998) que trataram de forma enfática as diferenças entre a faixa costeira que ocorre ao sul e ao norte do Lineamento Pernambuco, separando as duas bacias e determinando a antiga Sub-bacia Cabo como uma bacia individualizada da Bacia Paraíba, denominando-a de Bacia Pernambuco.

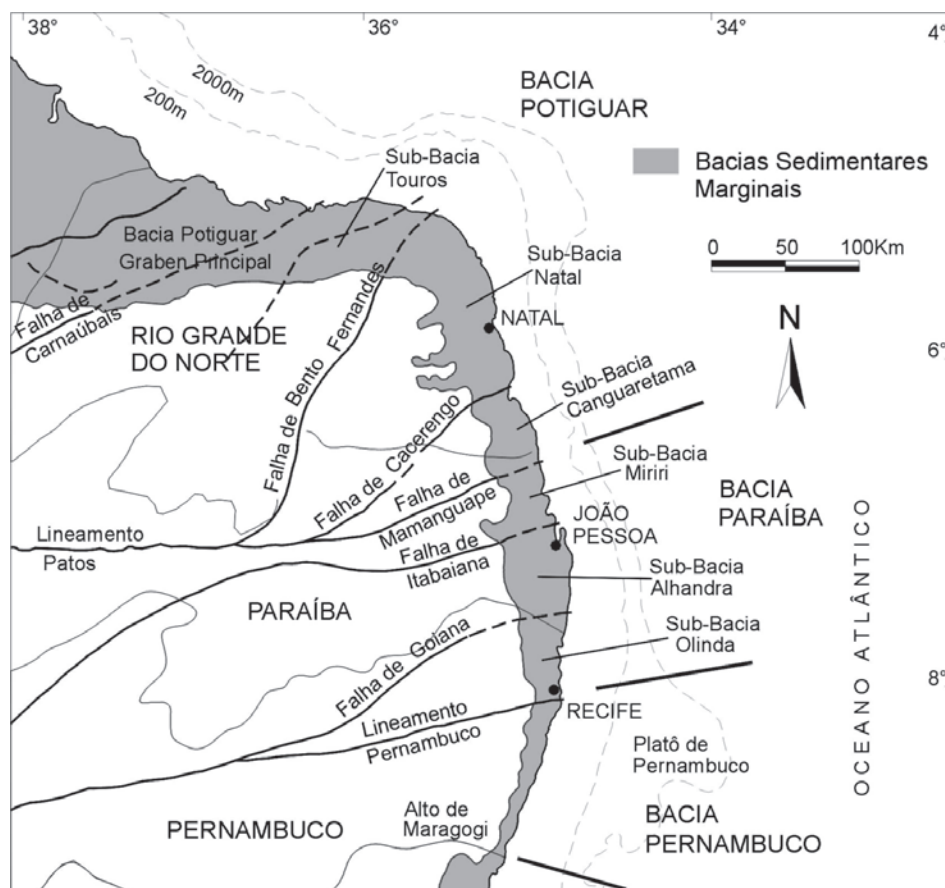


Fig. 1 - Divisão das bacias Pernambuco, Paraíba e Potiguar conforme foi interpretada neste trabalho. (Modificado de Mabesoone & Alheiros, 1988).

O preenchimento sedimentar da Bacia Paraíba teve início durante o Santoniano com a Formação Beberibe, segundo Beurlen (1967a, 1967b), que é composta por arenitos continentais médios a grossos variando até arenitos conglomeráticos de ambientes flúvio lacustres. Sobre a Formação Beberibe ocorre a Formação Itamaracá (Campaniano) que foi proposta por Kegel (1955), como uma unidade de transição para a fase marinha, essa unidade é representada por depósitos costeiros de estuários e lagoas, contendo fósseis de ambiente marinho salobro, ocorrem ainda níveis de fosfato sedimentar no topo dessa unidade que é composta por depósitos de arenitos carbonáticos, folhelhos e carbonatos com siliciclastos ricamente fossilíferos. Sobre a unidade Itamaracá está a Formação Gramame (Maastrichtiano), representada por calcários e margas depositados em uma plataforma carbonática não muito profunda entre 100 a 150m (Muniz, 1993; Fauth & Koutsoukos, 2002). Em seguida, ocorrem os depósitos da Formação Maria Farinha (Paleoceno), cujo registro estratigráfico é mais complicado, devido à sua deposição ter se dado durante um evento regressivo que ocorreu na bacia a partir do final do Maastrichtiano. Os depósitos dessa unidade incluem calcários, calcários margosos e espessos níveis de marga na porção inferior, e calcários dolomíticos detríticos, contendo fauna fóssil de recifes e lagoas recifais na porção superior, divisão esta, proposta por Beurlen (1967a, 1967b).

O principal objetivo deste trabalho é melhorar o nível de compreensão da estratigrafia da Bacia Paraíba, a partir do conhecimento já acumulado sobre a estratigrafia e a paleontologia desta. Foram reunidos todos os trabalhos de relevância sobre a bacia para se montar um quadro geral de sua estratigrafia, novos dados foram adicionados para

melhorar, e complementar a concepção já existente da bacia. Os novos dados incluem, sessões de campo, correlações sedimentológicas, paleontológicas e estratigráficas entre essas sessões e principalmente sessões de poços, que permitiram estudar o comportamento das unidades estratigráficas ao longo de toda a bacia.

HISTÓRICO

A Formação Beberibe consta de espessa cunha de arenitos continentais depositados provavelmente a partir do Coniaciano?-Santoniano. Segundo Beurlen (1967a, 1967b) a idade destes depósitos seria o Santoniano.

A Formação Itamaracá, que ocorre sobre a Formação Beberibe, foi proposta por Kegel (1955), posteriormente essa proposta foi abandonada quando Beurlen (1967a, 1967b) aboliu o termo Formação Itamaracá, incluiu os arenitos calcíferos transicionais na base da formação Gramame e passou o membro Beberibe a condição de formação. Novamente Lima Filho e Souza, (2001) retomaram o uso do termo, Formação Itamaracá, de acordo com o que sugeriu o primeiro autor.

A relação entre a Formação Beberibe e a Formação Itamaracá sempre foi controversa para alguns autores, pois a interpretação da Formação Itamaracá nunca foi completa, devido a sua pouca representatividade em afloramentos na bacia. A caracterização da Formação Itamaracá, também é bastante controversa, devido à existência de vários ambientes do antigo domínio transicional (lagunas costeiras, praias clásticas, estuários etc.). Existem afloramentos onde níveis de siltito argiloso contendo fósseis marinhos se intercalam com arenitos conglomeráticos mostrando a variação horizontal com alternância de fácies continentais e transicionais (Fig. 2C e 2D). Uma das maiores dificuldades em identificar e interpretar

as várias fácies da Formação Itamaracá está na intercalação desta com a Formação Beberibe na antiga zona proximal e na sucessão de ambientes que se superpõe com avanços e recuos típicos de uma zona costeira como foi possível verificar através dos testemunhos do Projeto Fosfato do CPRM.

Existem níveis silticos, e de arenitos grossos de ambientes flúvio-lagunares a estuarinos contendo moldes de moluscos marinhos atribuídos a ambientes de águas salobras e níveis argilosos, carbonáticos e fosfáticos, ricos em bioclastos, já com forte influência marinha (Fig. 2A, 2B e 2C).



Fig. 2 – A) Foto de testemunho do poço 3 LU-03-PB do projeto fosfato (CPRM), vê-se a fácies de depósito clástico, fosfático compacto, com conchas fragmentadas, nódulos de fosfato e cimento calcífero. B) Foto do testemunho 1 PL-01-PE do Projeto Fosfato (CPRM). Aqui é mostrado um detalhe da fácies de arenito calcífero com grãos de quartzo e feldspato angulosos, mas com fragmentos e moldes de conchas de moluscos. C) Foto do testemunho 1 IG-03-PE do Projeto Fosfato (CPRM), mostrando a transição do arenito fino, de cor escura, compacto com nódulos fosfáticos para o calcário margoso bastante bioturbado. Aqui é clara a chegada do domínio marinho. D) Foto de amostra da Formação Itamaracá coletado na localidade de Passarinho ao norte de Recife, próximo a borda da bacia. A rocha é um siltito fino a médio de matriz argilosa contendo grãos angulosos de quartzo e de feldspato entre 1,5 e 5mm com muito pouca argila. O molde de molusco Biválvio Tellina tem aproximadamente 3,5 cm no eixo maior. A partir da presença de vários moluscos de ambiente marinho raso e salobro presume-se que este ambiente seria uma laguna costeira com influência fluvial (Kegel, 1955; Beurlen 1967a, 1967b).

A ocorrência de níveis abundantes em *pellets*, foraminíferos planctônicos, siliciclastos e fósseis de moluscos de conchas espessas evidenciam a mistura de ambientes na zona litorânea, com uma alta produtividade associada, que foi responsável pelo acúmulo de horizontes fosfáticos (Kegel, 1954, 1955; Tinoco, 1962, Muniz, 1993).

O nível fosfático (40cm a 2m de espessura) que ocorre na Bacia Paraíba foi incluído por Kegel (1954, 1955), na base da Formação Gramame, que é composta na porção inferior por calcários com siliciclásticos e na parte média e superior por uma alternância de calcários e margas. Porém, recentemente, a deposição do fosfato foi caracterizada como a presença de um horizonte de redução na taxa de sedimentação ou *hard-ground* que ocorre no topo da formação Itamaracá, retomada por estes autores (Lima Filho & Souza, 2001). Esse nível fosfático ocorre em toda a bacia desde a região de João Pessoa, na Paraíba, até as proximidades de Recife em Pernambuco, em níveis mais ou menos concentrados (Menor et al., 1977).

A Formação Gramame, definida por Oliveira (1940), é a primeira unidade carbonática do domínio marinho, e ocorre sobre a Formação Itamaracá. Esta unidade foi, provavelmente, depositada a partir do final do Campaniano, pois as camadas dessa formação começam sempre acima dos últimos níveis de fosfato, e prosseguem durante todo o Maastrichtiano (Tinoco, 1971).

A idade da Formação Gramame foi posicionada inicialmente por Maury (1930) como sendo do Campaniano, porém Beurlen (1967a) revisou a idade dos estratos para o Maastrichtiano. Ambos os autores basearam suas conclusões na ocorrência de cefalópodes (*Pachydiscus* e *Sphenodiscus*), porém a ocorrência de outros fósseis invertebrados deixa a ida-

de da base da Formação Gramame entre o Campaniano superior e o Maastrichtiano Inferior como afirmou Muniz (1993).

Também Tinoco (1967, 1971) que realizou estudos micropaleontológicos baseados em foraminíferos, na seção carbonática da Sub-bacia Olinda, afirmou que a sucessão de estratos carbonáticos que comportam as formações Gramame (Maastrichtiano) e Maria Farinha (Daniano-Eoceno?), é muito semelhante a seções de mesma idade do Caribe e América do Norte, porém a base da Formação Gramame próximo ao contato com os arenitos calcíferos talvez, pudesse ser incluída no Campaniano Superior-Maastrichtiano Inferior.

Maury (1930) descreveu grande parte dos fósseis (a maioria moluscos) da Formação Gramame e os espécimes coletados provinham em grande parte da região de João Pessoa na Paraíba, onde existem afloramentos de calcário na margem direita do rio Gramame e em pedreiras próximas a João Pessoa. Nessa região também afloram as camadas de arenito calcífero do topo da Formação Itamaracá e calcários bastante fossilíferos que estão na base da Formação Gramame. Nesta região existem apenas calcários do Maastrichtiano Médio a Inferior (Lima & Koutsoukos, 2002).

Sobre os estratos Cretácicos e paleocênicos da bacia Paraíba, descansam os depósitos de origem continental da Formação Barreiras, que apresentam fácies fluviais, e de leques aluviais. Estes depósitos de idade Plio-Pleistoceno (Alheiros & Lima Filho, 1991) representam o domínio de uma fase mais úmida sobre a faixa costeira e continental, durante o Cenozóico.

Mabesoone & Alheiros (1988, 1993) estudaram a extensão da Bacia Paraíba, po-

rém, ainda considerando a ligação com a Bacia Pernambuco, chamada de Sub-bacia do Cabo, e estendendo a Bacia Paraíba até o Alto de Touros na Bacia Potiguar.

A ESTRATIGRAFIA

Para Petri (1991) a seqüência de unidades Beberibe-Itamaracá-Gramame representa um ciclo transgressivo-regressivo compreendido entre o Coniaciano e o Maastrichtiano. Para o autor as formações Beberibe, Itamaracá e parte da Formação Gramame fariam parte do sub-ciclo transgressivo. A unidade Itamaracá representa a transição litorânea iniciada pela transgressão marinha na bacia sobre os arenitos continentais da Formação Beberibe. A Formação Itamaracá é caracterizada por níveis de arenito calcífero bastante fossilíferos chegando a formar coquinas abundante em fósseis marinhos, e contendo níveis clásticos de granulometria variável (Kegel, 1955; Beurlen, 1967a, 1967b).

Uma prova da rapidez da fase transgressiva que ocorreu, provavelmente, a partir do início do Campaniano, torna-se evidente através do registro do avanço da paleolinha de costa sobre os sedimentos continentais da bacia, verificado através de perfis de poços e afloramentos. Em alguns casos ocorrem fósseis marinhos associados a níveis de siltitos, e até arenitos, depositados em lagoas costeiras formando depósitos clásticos de grãos angulosos e com níveis conglomeráticos, o que mostra o rápido avanço do ambiente marinho sobre os ambientes costeiros, provocando o afogamento da linha de costa. A subsidência rápida, neste período, implicou em uma fase de bacia faminta. Esta luta de forças acabou por deixar um registro bastante peculiar da Formação Itamaracá (Fig. 2A e 2B).

A deposição dos níveis fosfáticos que ocorrem na Formação Itamaracá mostra que durante o máximo transgressivo (Lima Filho & Souza, 2001), a invasão marinha provocou uma diminuição no aporte sedimentar, impedindo que a grande quantidade de clásticos chegasse ao interior da bacia, afogando-os e retrabalhando-os nas proximidades das bordas da bacia, e isso deve ter ocorrido devido à velocidade com que o mar avançou sobre a bacia, fazendo avançar a linha de costa rapidamente.

Contemplando o fato de que o nível eustático dos oceanos já se encontrava em um máximo durante o Cretáceo superior (Haq *et al.*, 1988) é possível conjecturar que não foi o nível do mar que subiu e permitiu a transgressão, mas foi uma alta taxa de subsidência que permitiu que a área até então acima do nível do mar fosse rebaixada, permitindo o avanço marinho sobre a bacia.

A ocorrência de níveis fosfáticos durante o final do Campaniano, provavelmente, decorre de mudanças na circulação oceânica do atlântico que sofreu a influência de um aquecimento global durante o Campaniano, provocando modificação da estratificação de massas de água e favorecendo o *upwelling* com um aumento da produtividade oceânica global (Keller, 2001). Justamente durante o Neo-Campaniano existe a ocorrência de fosfato sedimentar na Bacia Potiguar (Matsuda & Viviers, 1989) com níveis que chegam a vários metros de fosfato sedimentar, e indícios de *upwelling* também na Bacia de Sergipe, Formação Calumbi, no Campaniano superior através do influxo de nutrientes e a alteração da fauna devido a essa influência com águas mais frias ressurgentes (Souza-Lima & Bengtson, 1999).

Essas informações permitem inferir que o fosfato depositado na Bacia Paraíba no início da fase transgressiva deve ter ocorrido na mesma época, ou fase de alteração dos padrões de circulação oceânicos, com um maior transporte dos nutrientes por correntes marinhas ao longo da paleocosta cretácea do nordeste brasileiro.

A partir dos dados paleontológicos reunidos é possível dizer que a ocupação da plataforma marinha, que se formou onde hoje está a zona costeira entre Recife e João Pessoa, foi acompanhada principalmente por uma fauna com influências do Tethys e posteriormente do Atlântico Equatorial e Caribe (Maury, 1930, Tinoco, 1971, Muniz, 1993).

Porém a idade dessa ocupação ainda não está clara, pois as relações estratigráficas entre o horizonte fosfático e a base da Formação Gramame carecem de um maior detalhamento bioestratigráfico ao longo de toda a bacia. Tinoco (1962) e Tinoco & Siqueira (1976) atribuem a idade do fosfato ao Maastrichtiano com algumas ressalvas. Porém, é preciso lembrar que o horizonte fosfático estudado por esses autores na região próxima a Recife corresponde a um horizonte condensado (Lima Filho & Souza, 2001), e uma discordância em termos de diminuição da taxa de sedimentação. E como foi demonstrado por Amaral *et al.* (1977), essa área sofreu o processo transgressivo posteriormente a região norte.

A partir dos conceitos de estratigrafia de sequência esse horizonte fosfático que ocorre na Bacia Paraíba, foi interpretado como um indício da máxima ocupação marinha sobre a bacia (Lima Filho & Souza, 2001). De acordo com os autores o horizonte de fosfático, com acúmulo de carapaças de microorganismos e *pellets*,

que separa os arenitos calcíferos dos calcários e margas da plataforma carbonática Gramame, corresponderia a um *hard-ground*, ou uma SIM, Superfície de Inundação Máxima.

A SIM marcaria um limite de sequência (Severiano Ribeiro, 2001), com a parada da sedimentação continental e o domínio do ambiente carbonático que iniciaria a manutenção de um trato de mar alto durante todo o Maastrichtiano, que corresponde a Plataforma carbonática Gramame.

A Formação Gramame exibe uma monótona sequência de calcários (*wackstones biomicríticos*) e mudstones que representam ciclos de raseamento (*shallowing upward*) de 5ª ordem. Estes ciclos, por sua vez, significando pequenas variações do nível do mar que permitia maior influxo de argilominerais (filossilicatos) para dentro da plataforma carbonática ou maior domínio de carbonatos biogênicos. Os depósitos da Formação Gramame chegam a 30m de espessura na faixa costeira entre Recife e João Pessoa (Fig. 5 e 6). As melhores exposições das camadas calcárias dessa unidade encontram-se expostas em pedreiras que exploram os depósitos carbonáticos para fins industriais. Embora as exposições demonstrem que deve ter existido uma grande continuidade lateral da plataforma carbonática sobre toda a bacia, hoje as grandes exposições encontram-se localizadas de forma isoladas, comportando-se como testemunhos vestigiais da antiga plataforma devido a erosão ocorrida a partir do final do Maastrichtiano, quando a plataforma foi exposta pela regressão.

A abundância de fósseis que foi descrita por Maury (1930) nos calcários da porção inferior da Formação Gramame, que afloram na região de Alhandra-João Pessoa, não foi constatada nas pedreiras de calcário que ocorrem em direção a Recife, cujas camadas expostas nessas pedreiras

correspondem ao Maastrichtiano Médio a Superior (Lima & Koutsoukos, 2002). Apesar de existir grandes afloramentos de calcários nessas pedreiras, os moldes de moluscos são escassos.

A ausência de fósseis nos calcários do Maastrichtiano Superior em relação à abundância verificada nos depósitos do topo da Formação Itamaracá e à base da Formação Gramame, pode ser parcialmente compreendida a partir de um trabalho de bioestratigrafia de detalhe, realizado com nanofósseis nos afloramentos das mesmas pedreiras visitadas por essa pesquisa (Lima & Koutsoukos, 2002; ver Fig. 3). Este trabalho

comprovou que da região de Recife, indo na direção norte da bacia, ou seja, pela faixa costeira em direção a João Pessoa, as camadas da Formação Maria Farinha e as camadas do topo do Maastrichtiano desaparecem gradualmente. Na região de João Pessoa, ocorrem apenas camadas do Maastrichtiano Médio a Inferior e, provavelmente, da Formação Itamaracá. A partir dessa informação concluímos que a abundância da fauna está relacionada ao Campaniano Superior-Maastrichtiano Inferior, enquanto que durante o Maastrichtiano Superior ocorreu uma grande redução da biodiversidade marinha da bacia.

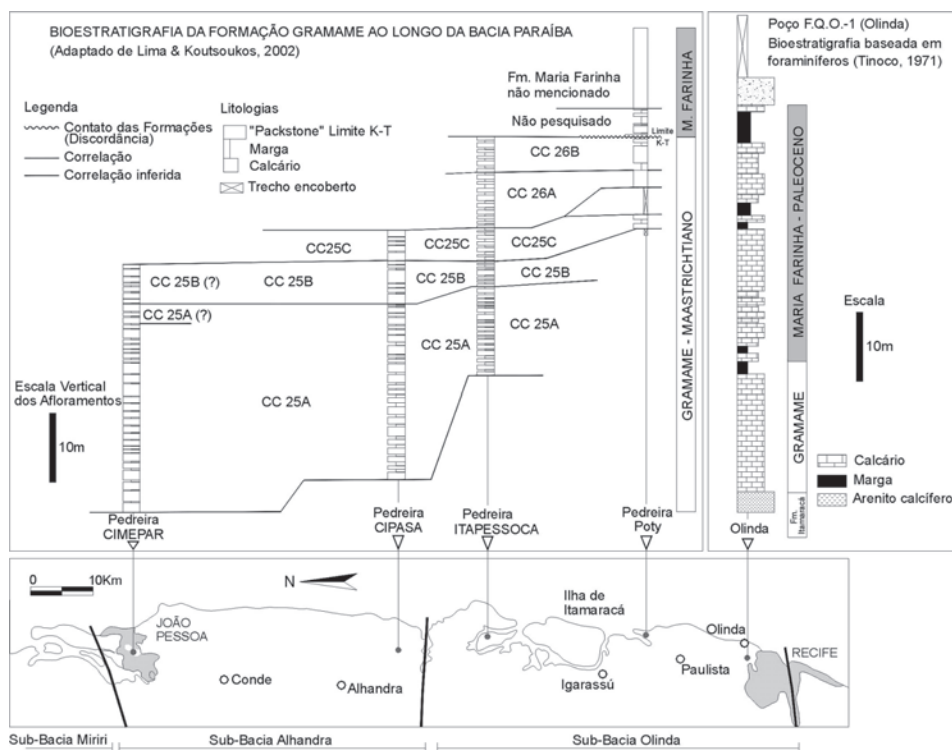


Figura 3 - Sessão de correlação bioestratigráfica (com nanofósseis) feita a partir de seções das principais pedreiras de calcário que ocorrem ao longo da Bacia Paraíba. Notar que apenas a Pedreira Poty apresenta a transição K-T e que ali também existem estratos paleocênicos, enquanto que em direção a João Pessoa as camadas do topo do Maastrichtiano desaparecem gradativamente. (Modificado de Lima & Koutsoukos, 2002). Foi acrescentado o perfil do poço F.Q.O.1 (Timoco, 1971), para mostrar que na região entre Olinda e Recife a Formação Maria Farinha é mais espessa.

Os afloramentos da Pedreira Poty apresentam a seqüência mais completa da transição entre a Formação Gramame e a Formação Maria Farinha típica, ou Formação Maria Farinha Superior de Beurlen (1967a, 1967b). Nesses afloramentos, que estão localizados na parte sul da bacia (sub-bacia Olinda), é possível verificar que existem aproximadamente 15m de espessura de calcários e margas que guardam certa semelhança nas características litológicas com a Formação Gramame (Fig. 6). Apenas na porção superior da Formação Maria Farinha encontrada na Pedreira Poty é possível verificar o efeito gradual da regressão marinha, pois os estratos tornam-se gradativamente mais argilosos e com maior influência de siliciclásticos. Nesta localidade esses estratos superiores da Formação Maria Farinha são dominados por moldes de *Venericardia*. Beurlen (1967a, 1967b) chamou estes calcários, que guardam semelhanças sedimentológicas e paleontológicas com os estratos da Formação Gramame de Maria Farinha Inferior.

Considerando a foto da Figura 6, que representa parte da Formação Maria Farinha que está depositada na localidade da Mina Poty em Paulista, Pernambuco, nota-se que, nesse local, esses estratos paleocênicos chegam a quase 20m de espessura, e sabendo que em outras seções a Formação Gramame chega a mais 30m (Tinoco, 1971), é possível inferir que a regressão aqui preservou mais a Formação Maria Farinha do que nas outras sub-bacias (Alhandra-Miriri), onde a Formação Barreiras está diretamente sobre a Formação Gramame. Nessas regiões, provavelmente, a Formação Maria Farinha foi erodida, ou não foi depositada.

De fato a Formação Maria Farinha típica ocorre apenas na região entre Goiana e Recife, na porção sul da Bacia Paraíba (sub-bacia Olinda), onde a transição Cretáceo-Terciário está preservada em afloramentos (Albertão, 1993), e em sub-

superfície (Tinoco, 1971). Na região mais ao norte, nas sub-bacias Alhandra e Miriri, ocorrem apenas os calcários recifais atribuídos a Formação Maria Farinha Superior (Beurlen, 1967, 1967b; Almeida, 2000), porém estes calcários ocorrem apenas em estreita faixa no litoral (Jacumã, Coqueirinho, Tabatinga e Tambaba), de forma esparsa. Estes depósitos carbonáticos ainda carecem de mais estudos sobre suas relações com a Formação Maria Farinha inferior (ver Fig. 6).

Estes depósitos carbonáticos que ocorrem na atual linha de costa, atribuídos a Formação Maria Farinha, indicam mais um importante dado a respeito da interpretação da estratigrafia de seqüências aplicada à evolução da Bacia Paraíba. Estes calcários parecem ter sido depositados em águas muito rasas, são calcários dolomíticos, localmente detríticos com grande quantidade de moldes de moluscos e corais, bioconstruções algálicas e recifais que ocorrem na faixa de praia principalmente na região do litoral sul da Paraíba.

Almeida (2000) descreveu a ocorrência desses calcários na região costeira entre as praias de Tambaba e Jacumã. Segundo o autor, estes calcários guardam semelhanças paleontológicas com os calcários da Formação Maria Farinha inferior, porém a descrição da fauna fóssil, das características faciológicas e do ambiente de deposição são claramente diferentes das características observadas na seção da mesma Formação encontrada na Pedreira Poty e em poços na zona mais afastada do litoral. O próprio autor discute a necessidade de integração entre a faciologia verificada nesses afloramentos e a faciologia da fácies inferior da Formação Maria Farinha verificada na Pedreira Poty. A idade desses calcários foi colocada como tendo possivelmente uma extensão até o Eoceno por esse autor, porém, ainda

são necessários mais dados sobre essa extensão.

Calcários semelhantes com moldes de conchas, rodolitos de algas, de composição localmente detrítica e mostrando uma faciologia de ambiente raso a recifal, também afloram nas praias de Pontas de Pedras, da Ponta do Funil e em Jaguaribe no litoral norte de Pernambuco. Talvez, esses calcários, de ambiente marinho muito raso, representem a transição para a instalação de um trato de mar baixo (low stand system tract) a partir do Daniano, quando o mar regressivo se estabilizou, e passou a ser um mar raso sobre a antiga plataforma, com a ocorrência de lagunas e recifes costeiros, onde hoje está, aproximadamente, a linha do litoral.

A PALEOGEOGRAFIA E AMBIENTES DEPOSICIONAIS

Segundo Petri (1987), uma grande reativação das áreas ao norte e ao sul do Lineamento Pernambuco ocorreu ao final do Turoniano, a região ao norte desta estrutura, que corresponde a região da Bacia Paraíba teria iniciado processo de subsidência. Segundo esse autor, o clima atuante na região correspondente ao Brasil, permaneceu quente durante todo o Cretáceo com algum padrão de resfriamento durante o fim do período, de qualquer forma o clima teria permanecido tropical por todo o período. Especificamente para a faixa entre Recife e João Pessoa, durante o Campaniano-Maastrichtiano, a deposição de carbonatos teria ocorrido em plataforma de águas claras e um clima muito seco nas áreas continentais de borda da bacia.

Amaral *et al.* (1977) realizaram um estudo de verificação da paleogeografia da linha de costa da bacia ao longo do intervalo de tempo de deposição da seqüência clástica que compreende o arenito Beberibe (continental-estuarino) e os depósitos de arenitos calcíferos com níveis enriquecidos em

fosfato que correspondem a Formação Itamaracá (transicional-marinho). O pacote clástico foi estudado através de dados de poços, e foi dividido em três zonas sucessivas da base para o topo a fim de se verificar em três momentos da seqüência clástica, qual o comportamento dos sedimentos da paleolinha de costa (Ver Fig. 4). Observa-se que o avanço da linha de costa durante a fase transgressiva foi irregular, avançando inicialmente sobre as sub-bacias ao norte (Alhandra e Miriri), enquanto que na sub-bacia Olinda o movimento de subsidência fazia com que se acumulasse espessa cunha de depósitos clásticos continentais. Esse comportamento ficou registrado no preenchimento diferenciado das sub-bacias. Esta pesquisa elaborou uma sessão de poços ao longo da faixa sedimentar das três sub-bacias que comprova esta diferenciação do preenchimento durante a fase de subsidência e transgressão (ver Figura 7).

Ainda durante essa primeira fase de avanço do mar sobre a bacia, vê-se que a região de Recife-Itamaracá praticamente não sofria influência marinha e foi a partir de microfósseis estudados em rochas dessa região que os autores antes citados (Tinoco, 1962; Tinoco & Siqueira, 1976) atribuíram o Maastrichtiano como a idade do fosfato encontrado no topo da Formação Itamaracá, na região de Paulista-Igarassú – Sub-bacia Olinda. É possível concluir que a transgressão e a ocupação marinha na bacia passou por etapas distintas ao longo do tempo. E que este evento pode ter se iniciado um pouco antes do que se atribuí até o momento a partir de dados da Sub-bacia Olinda, invadida pelo mar após este já estar ocupando as sub-bacias mais ao norte (Sub-bacias Miriri-Alhandra).

Um fato bastante curioso, é que a idade da Formação Beberibe (Santoniano), foi atribuída devido a presença de alguns fósseis de origem marinha encontrados em depósitos atribuídos a uma fácies de litoral

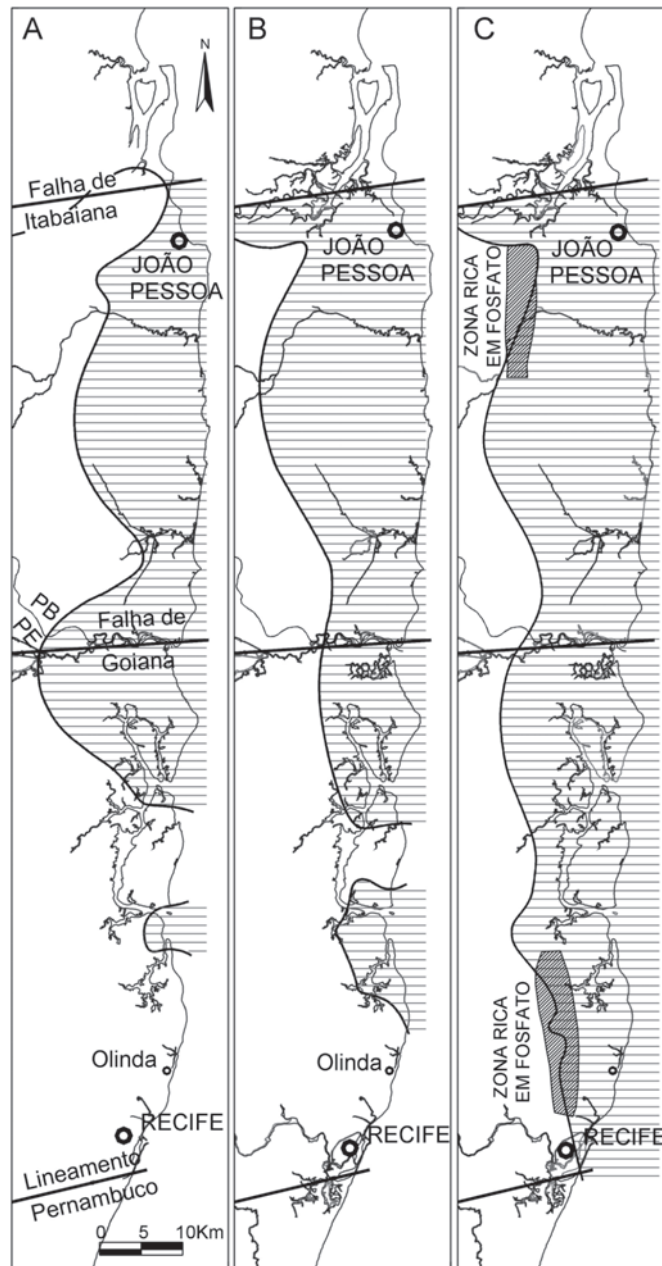


Figura 4 - Paleomapas da linha de costa da Bacia Paraíba. A seqüência clástica que comporta as formações Beberibe e Itamaracá foram divididas em três zonas, do embasamento até o topo e em cada zona verificou-se a posição da linha de costa, evidenciada pela presença de depósitos litorâneos. A última linha (C) que responde pela maior expansão do mar sobre a bacia registrou também duas zonas com alto enriquecimento de fosfato sedimentar justamente nos flancos da bacia. (Adaptado de Amaral et al., 1977).

dessa formação (Beurlen, 1967b), porém esses fósseis são encontrados em depósitos que na verdade pertencem a Formação Itamaracá, podendo este fato indicar que a Formação Beberibe pode ter uma idade mais antiga que o Santoniano, e que a Formação Itamaracá pode também ter o início de sua deposição datada como um pouco antes do Campaniano.

A resposta a problemas como esse reside no fato de que enquanto no sul da bacia era depositada a Formação Beberibe cujos depósitos continentais foram tidos como estéreis em fósseis (Beurlen 1967a; 1967b), ao mesmo tempo na parte norte da bacia já havia o domínio transicional-marinho. Como a subsidência que deu início a todos esses eventos teve início após o turoniano (Petri, 1987; Feitosa & Feitosa, 2002), é de se imaginar que a região mais próxima ao lineamento Pernambuco estivesse mais alta, do que a extensão norte da faixa da bacia, nessa região da sub-bacia Olinda houve rebaixamento com deposição continental, mas, devido à existência de relevo mais elevado essa área ficou fora do alcance do mar, provavelmente até o Campaniano médio, ou Campaniano Superior?

A segunda paleolinha mostrada por Amaral *et al.* (1977) (Fig. 4, Mapa B) mostra o avanço gradativo do mar em direção a Recife, nessa fase acontece o avanço da Formação Itamaracá sobre a cunha clástica da Formação Beberibe causando inclusive intercalações entre essas duas formações, como a pesquisa constatou em testemunhos de poços do Projeto Fosfato (CPRM).

A terceira paleolinha (Fig. 4, Mapa C) exhibe o que parece, uma faixa contínua de domínio marinho sobre toda a bacia. Essa fase deve ter impedido o influxo de sedimento para dentro da bacia e permitido uma grande expansão de organismos favorecida pela chegada de nutrientes sobre a plataforma por correntes de ressurgência. É justamente nessa época que ocorre o acúmulo

mais rico de fosfato nos depósitos que capeiam a Formação Itamaracá. Esses horizontes marcam a máxima ocupação do mar na bacia e correspondem a uma SIM (Lima Filho & Souza, 2001). Provavelmente esse mesmo evento de enriquecimento de nutrientes associado aos horizontes de acúmulo de fosfato data da mesma época que os eventos da Bacia Potiguar e de Sergipe-Alagoas, ou seja, o Neo-Campaniano ou Campaniano Superior.

Durante o Maastrichtiano o nível do mar permaneceu alto sobre a bacia, e a plataforma carbonática que se estendeu por toda a bacia foi depositada em um ambiente de mar raso, talvez não superior a 100-150m, como sugerem Muniz (1993); Fauth & Koutsoukos (2002) a partir de investigações paleoecológicas. A fauna registrada nos calcários do Maastrichtiano Superior, mostram uma incrível variação com relação à fauna registrada na porção basal da Formação Gramame e no contato com a Formação Itamaracá. Ainda não há uma resposta clara para o fato de grande parte dos fósseis que ocorrem no início da seção carbonática não estar presente no Maastrichtiano Superior (Fig. 5).

Embora a transgressão tenha chegado mais tarde na região sul da bacia (entre Goiana e Recife), é nessa região onde ficou preservada a maior parte da Formação Maria Farinha. Beurlen (1967a), Muniz (1993) já argumentavam que a Formação Maria Farinha torna-se mais espessa da região de Itamaracá para Recife. Tinoco (1971) analisou um poço estratigráfico feito em Olinda (F-Q-O-1), o qual mostra que a seção carbonática observada, além de completa (Maastrichtiano-Daniano), que nesta região, a Formação Maria Farinha, em subsuperfície, exhibe quase 40m de espessura de estratos paleocênicos (Fig. 3).

A preservação da seção terciária da plataforma carbonática que foi depositada na Bacia Paraíba parece ter ocorrido de forma diferenciada com o evento regressivo,

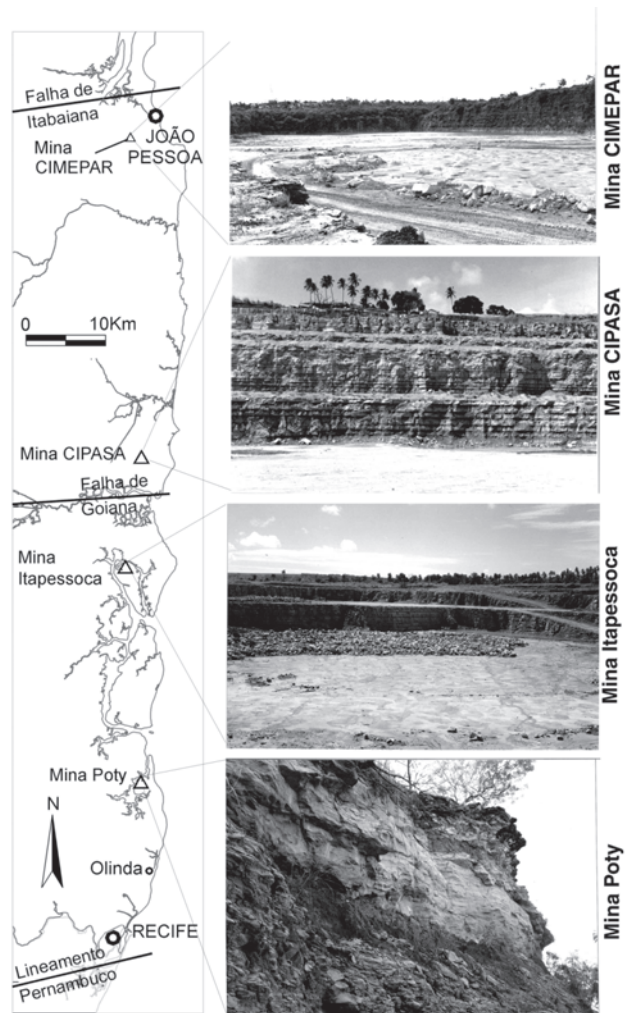


Figura 5 - Mapa da Bacia Paraíba mostrando exposições de calcário ao longo de toda a faixa costeira o que demonstra o domínio de uma plataforma carbonática por mais de 120Km. Os estratos exibem uma pequena inclinação do acamamento agradacional na direção leste para o interior da bacia. O aspecto das camadas é muito semelhante ao longo de toda a faixa costeira. Nas exposições da Cipasa e Itapessoca há uma maior ciclicidade das camadas (que correspondem ao Maastrichtiano médio). Na Pedreira Poty as camadas de marga e calcário apresentam maior diferença entre as espessuras com ciclicidade menos homogênea. Nos afloramentos correspondentes ao Maastrichtiano Superior há poucos fósseis de moluscos, mas é comum a presença de um equinóide (*Hemiaster*) e de dois seláquios (*Odontaspis* e *Lamna*).

por exemplo, na região sul da bacia (Sub-bacia Olinda) a transição K-T ficou preservada em alguns locais, e houve deposição contínua até, pelo menos, o início do Paleoceno, como está registrado em vários pontos. O fato de existirem depósitos representativos do Paleoceno, na região sul da bacia, entre Goiana e Recife (Fig. 3, 6 e 7), leva

a crer que o Paleoceno parece ter sido completamente removido, ou sua deposição foi extremamente prejudicada nas sub-bacias ao norte (sub-bacias Miriri e Alhandra).

Essa diferença impressionante da ausência de todo o Paleoceno e do topo do Maastrichtiano nas sub-bacias Alhandra-miriri (Fig. 3), aponta para duas possíveis



Figura 6 - Foto de afloramentos de calcários da Formação Maria Farinha Inferior na Pedreira Poty. O patamar mais inferior da foto encontra-se aproximadamente 7m acima da passagem K-T, mesmo assim, o aspecto litológico ainda se assemelha aos estratos da Formação Gramame, o caráter regressivo é percebido pelo aumento na quantidade de argila presente nos depósitos da porção mais superior, que gradam para um aumento no conteúdo de siliciclastos. Considerando que a regressão teve início logo após o final do Maastrichtiano vemos que após a passagem Cretáceo-Terciário ainda foram depositados quase 20m de sedimentos carbonáticos nesta localidade.

causas: a erosão e remoção do Paleoceno em toda a porção norte da bacia a partir do final do Maastrichtiano quando a plataforma foi exposta e erodida, ou o fato de que estratos paleocênicos jamais foram depositados nessa região, ou, se foram, teriam sido muito incipientes por causa da regressão. Seria muito interessante a obtenção de novos estu-

dos, que procurassem verificar as causas da ausência desses depósitos nas sub-bacias Miriri/Alhandra. Também é preciso investigar essas relações na parte *offshore* da bacia

Como mostrado antes, é um fato, que uma maior influência da transgressão parece ter acontecido justamente na região onde hoje não existe o Paleoceno (sub-

bacias Alhandra e Miriri), e aonde a transgressão chegou posteriormente é que estão preservados os depósitos do Paleoceno contíguos aos depósitos do Maastrichtiano (Sub-bacia Olinda).

Provavelmente, fenômenos tectônicos, verificados por esta pesquisa em dados de poços e afloramentos, tenham influenciado a regressão durante o Terciário, e que a descida do nível eustático tenha sido também condicionada por esses eventos. Porém, os indícios existentes desse tectonismo Terciário ainda carecem de um maior detalhamento.

Por outro lado, há fortes indícios de uma imensa fase erosiva que deve ter atuado sobre a plataforma carbonática gramame (sub-bacias Miriri/Alhandra), quando esta foi exposta pela regressão no final do Maastrichtiano. É possível que a mudança nas condições climáticas tenham potencializado o intemperismo da plataforma exposta. Esse arrasamento pode ter sido provocado pela mudança nas condições do clima sobre o continente e sobre a plataforma exposta, fator de grande importância na remoção dos estratos paleocênicos que, talvez, tenham existido na área norte da bacia. Petri (1987) argumenta que o clima sobre essa região foi árido durante o Cretáceo Superior e tornou-se mais úmido a partir do Terciário.

Quanto à extensão da Bacia Paraíba em direção a Bacia Potiguar, por sobre o Alto de Mamanguape, vemos na seção da Figura 7, que as unidades basais, o arenito Beberibe, a Formação Itamaracá e a seção carbonática são interrompidas pelo Alto de Mamanguape. Os perfis dos poços existentes nessa região apontam para arenitos calcíferos e manchas de calcário contendo clásticos que capeiam o cristalino na região desse alto, evidenciando que apenas durante os períodos de máxima do nível do mar sobre esse alto havia

deposição desses arenitos calcíferos e manchas descontínuas de calcário em ambiente raso, com influência terrígena das bordas da bacia e sem sedimentação francamente carbonática. Não há níveis fosfáticos sobre essa região, mostrando que os eventos que ocorreram na evolução da Bacia Paraíba foram limitados ao norte por esse alto. Por esses motivos consideramos que a Bacia Paraíba não possui uma continuidade de suas unidades em direção norte além do Alto de Mamanguape, ficando este como uma divisa entre a sub-bacia Miriri e a sub-bacia de Canguaretama, e esta se comportando como uma bacia isolada ou, com maior afinidade com a sub-bacia de Natal, e com a Bacia Potiguar. A Sub-bacia Canguaretama parece ter se comportado como uma área de transição entre as duas bacias, e são necessários estudos mais detalhados (incluindo bioestratigrafia e geofísica) para se compreender melhor o caráter estrutural dessa área (Fig. 7). Feitosa & Feitosa (1986) e Feitosa *et al.* (2002) chegaram a conclusões semelhantes sobre a ligação entre a Bacia Potiguar e a Bacia Paraíba na região da Sub-bacia de Canguaretama, também, estes autores acreditam que uma fase de subsidência ocorrida entre o Turoniano e o Santoniano provocou o transbordo do mar Jandaíra sobre a região norte da Bacia Paraíba, sobre os altos que separavam as duas bacias.

As características da regressão, ocorrida na bacia ao final do Maastrichtiano, apontam para a ocorrência de uma regressão forçada sobre a bacia, não apenas influenciada pela queda do nível eustático, que caía neste período (Haq *et al.*, 1988), mas também influenciada por algum processo tectônico de soerguimento da área. O rápido recuo da linha de costa, gerando novas *shorelines* e a exposição da plataforma cre-

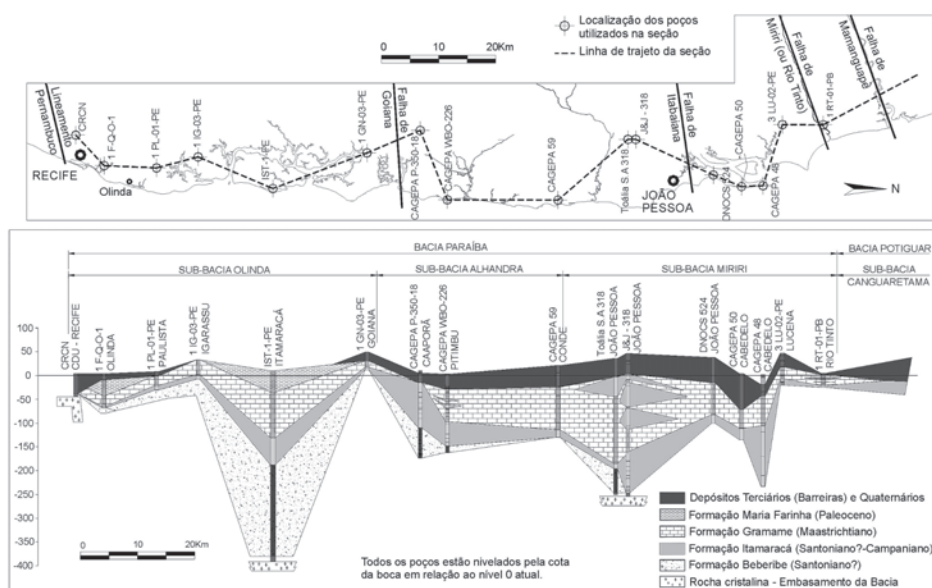


Figura 7 - Sessão Estratigráfica da Bacia Paraíba realizada com perfis de poços ao longo de toda a faixa costeira. Esta sessão mostra o comportamento das unidades estratigráficas nas três sub-bacias (Olinda, Miriri e Alhandra). Também observam-se os limites da Bacia ao norte e ao sul da faixa costeira, aproximadamente entre Recife e João Pessoa.

tácea com posterior erosão, apontam para uma possível ação de tectonismo, que pode ter causado alguma elevação da plataforma, acelerando a expulsão do mar, porém, ainda não existem resultados suficientes que possam caracterizar definitivamente esse fato. O estudo da regressão terciária ainda carece de mais detalhes.

CONCLUSÕES

A partir da integração dos dados existentes, e da aquisição de novas informações, foi possível elaborar um quadro sinótico da evolução estratigráfica da bacia a partir dos conceitos de estratigrafia de seqüências.

A variação eustática sobre a bacia, envolvendo o tectonismo e a variação do nível relativo do mar, foi interpretada a partir das informações estratigráficas discutidas. Os dados locais foram comparados com a curva eustática global, proposta por

Haq *et al.* (1988). Foi então, elaborado um modelo (Fig. 8), que resume as relações estratigráficas entre as unidades ao longo da evolução temporal da bacia de acordo com os dados discutidos e elaborados. O modelo aqui proposto indica que a transgressão que ocorreu a partir do Coniaciano-Santoniano(?) se deu por subsidência rápida da bacia, pois o nível relativo do mar já estava em um máximo nesse período (Haq *et al.*, 1988), de forma que a subsidência permitiu o rápido avanço do mar sobre as áreas rebaixadas.

A regressão ocorrida a partir do final do Maastrichtiano se deu de forma rápida, o que pode significar um novo evento de soerguimento tectônico da bacia que acelerou a desocupação marinha, porém este fato ainda não está completamente detalhado, necessitando ainda de maior investigação (Fig. 8 e 9).

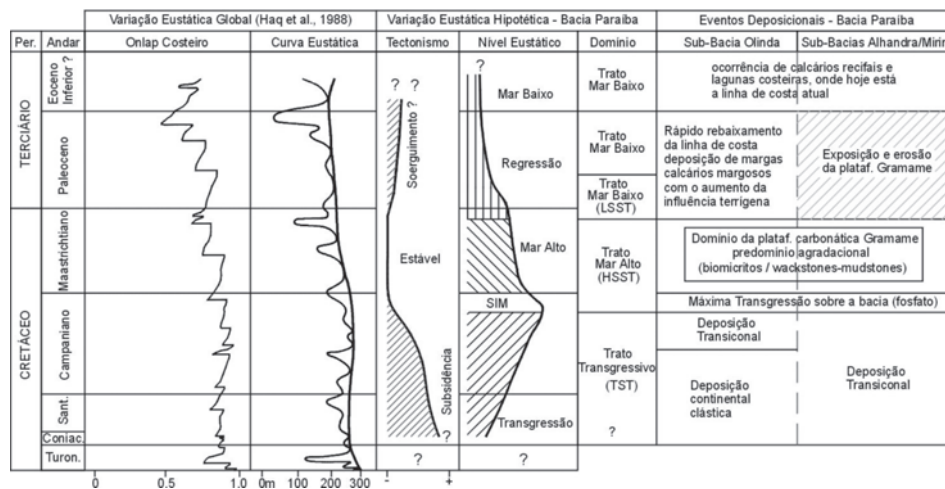


Figura 8 - Modelo de evolução da estratigrafia da Bacia Paraíba. A distribuição dos eventos foi idealizada a partir dos poucos trabalhos de bioestratigrafia disponíveis, e das relações entre as unidades observadas por esta pesquisa, em sessões de poços e em afloramentos, a curva eustática da bacia, aqui proposta, está comparada com a curva global de Haq et al. (1988).

A regressão que ocorreu na Bacia Paraíba parece se enquadrar nas características de uma regressão forçada, com o rápido rebaixamento da linha de costa e a exposição da plataforma Gramame. As características da regressão observada nesta bacia apontam para algum tipo soerguimento da plataforma que acelerou a regressão. Geralmente este tipo de regressão está associado a eventos de tectonismo que aceleram o rebaixamento da linha de costa expondo a plataforma (Vera Torres, 1994).

Foi elaborado, também, um modelo de carta estratigráfica da Bacia Paraíba, que leva em conta a distribuição das unidades nas três sub-bacias que a compõem. Também é importante ressaltar que este modelo agrupa apenas as características verificadas na porção emersa da bacia, sendo necessário, posteriormente complementá-lo, incluindo considerações a respeito do comportamento das unidades na porção

offshore da bacia.

O modelo de carta estratigráfica aqui apresentado mostra que tanto a transgressão, quanto a regressão parecem ter atuado de forma diferenciada nas porções norte e sul da bacia. A sub-bacia Olinda ao sul parece ter respondido de forma diferenciada aos eventos quando comparada com as sub-bacias Alhandra e Miriri ao norte (Fig. 9). Provavelmente os efeitos diferenciados do tectonismo determinaram a variação verificada durante a transgressão e durante a regressão, embora de uma forma geral a bacia se comporte como uma rampa suave homoclinal de blocos falhados.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao PRH-26-ANP/FINEP/UFPE pelo apoio através da bolsa de estudos que permitiu a execução deste trabalho. Agradecer também ao NEAR/LAGESE pelo apoio à essa pesquisa, e a todos do 4º Distrito do DNPM em Pernambuco, e do CPRM-PE.

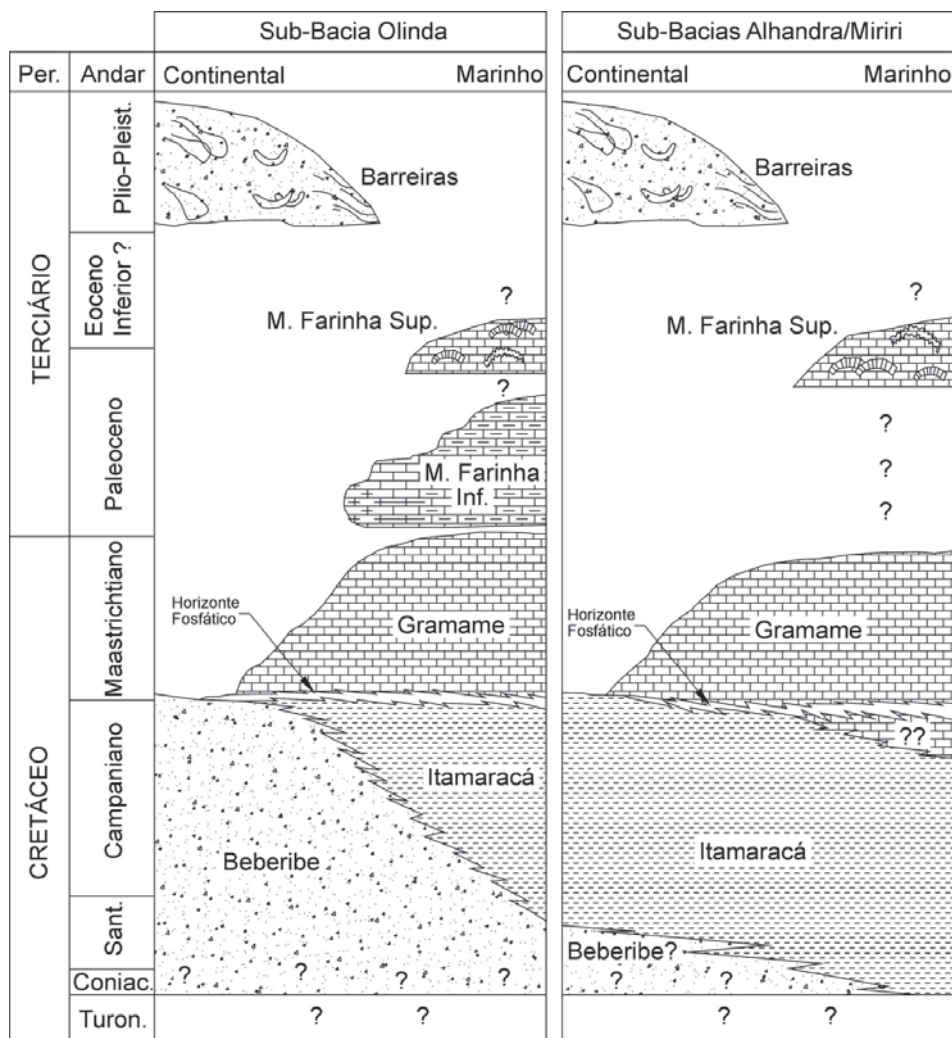


Figura 9 - Quadro esquemático com o modelo proposto para a estratigrafia da Bacia Paraíba, comparando as colunas das sub-bacias Olinda e Miriri/Alhandra, na porção emersa da bacia.

REFERÊNCIAS

- Albertão, G. A., 1993. Abordagem Interdisciplinar e Epistemológica sobre as Evidências do Limite Cretáceo-Terciário, com Base em Leituras Efetuadas no Registro Sedimentar das Bacias da Costa Leste Brasileira. Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, MG. Tese de Mestrado 255 p.
- Almeida, J. A. C. 2000. *Calcários Recifais*

Eocênicos da Formação Maria Fariinha na Sub-Bacia de Alhandra, Paraíba: Aspectos Taxionômicos, Paleoecológicos, Paleoambientais e Estratigráficos. Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE. Recife. Dissertação de Mestrado, 164 pp.

- Alheiros, M. M. & Lima Filho, M. F. 1991. A Formação Barreiras. *Revisão da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte*.

- Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Geologia. Série Estudos Geológicos, v. 10. 77-88.
- Amaral, A. J. R., Menor, E. A., Santos, S. A. 1977. Evolução paleogeográfica da sequência clástica basal da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. in: Simp. Geol. Nord., 8, Campina Grande. *Anais* 6: 37-63
- Beurlen K. 1967a. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Bol. Geol.* São Paulo, SP. 16(1): 43-53.
- Beurlen K. 1967b. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Bol. Geol.* São Paulo, SP. 16(1): 73-79.
- Fauth, G. & Koutsoukos, E. A. M. 2002. Paleoeological inferences from marine ostracode assemblage of the Maastrichtian and Danian in the Pernambuco-Paraíba Basin. in: 6º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e 2º Simpósio sobre el Cretácico de América Del Sur. São Pedro, SP. *Boletim de resumos*, 1: 261-265.
- Feitosa, E. C. & Feitosa, F. A. C. 1986. Considerações sobre a Bacia Potiguar – Bacia Costeira Pernambuco-Paraíba Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco *Série Estudos Geológicos*. 8: 71-78.
- Feitosa E. C., Feitosa, F. A. C., Lira, H.M. P. 2002. Relações estratigráficas e estruturais entre a Bacia Potiguar e a Bacia Costeira PE/PB – uma hipótese de trabalho. in: Congresso Brasileiro de águas subterrâneas. Florianópolis, SC. *Anais em CD-ROM*.
- Haq, B.U., Hardenbol, J., Vail, P. R. 1988. Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and eustatic cycles. in: Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kendall, C. G. S. C., Posamentier, H., Ross, C. A., Van Wagoner, (Eds). *Sea-level changes – an integrated approach. Soc. Econ. Paleont. Mineral.*, Spec. Pub. 42: 71-108.
- Kegel, W. 1954. Nota sobre os microfósseis do fosfato Cretáceo de Pernambuco. *Bol. Soc. Bras. Geol.* v3, n.1
- Kegel, W. 1955. Geologia do fosfato de Pernambuco. Dep. Nac. de Prod. Min. 54 p. (*Boletim* 157).
- Keller, G. 2001. The end-Cretaceous mass extinction in the marine realm: year 2000 assessment. *Planetary and Space Science*, 49: 817-830.
- Lima, F. H. O., & Koutsoukos, E. A. M. 2002. Calcareous nannofossil biostratigraphy in the Maastrichtian of the Pernambuco-Paraíba Basin, NE Brazil. do in: 6º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e 2º Simpósio sobre el Cretácico de América Del Sur. São Pedro, SP. *Boletim de resumos*, 279-284.
- Lima Filho, M. F. 1998. Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco. IG-USP. Tese de Doutorado, 180 p.
- Lima Filho, M. F., Monteiro, A. B., Souza, E. M. 1998. Carbonate sections of the Paraíba and Pernambuco Basins, Northeastern Brazil: Implications for the late stages of opening of Southern Atlantic Ocean. Alicante (Espanha), 15th, Intern. Sedimen. Congress., *Abstracts*, 504 – 505.
- Lima Filho, M. F. & Souza, E. M., 2001. Marco estratigráfico em arenitos calcíferos do Campaniano da Bacia Paraíba: estratigrafia e significado paleoambiental. in: Simp. Geol. Nord, 19, *Anais*, 1: 87-88.
- Mabesoone, J. M. & Alheiros, M. M. 1988. Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. *Rev. Bras. Geoc.* 18(4):476-482.
- Mabesoone, J. M. & Alheiros, M. M. 1993. Evolution of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin and the problem of the South Atlantic connection. *Geologie en Mijnbouw, Kluwer Academic Publishers*. 71:351-362
- Matsuda, N. S., Viviers, M. C. 1989. Caracterização do marco radioativo da parte superior da Formação Jandaíra na Bacia Potiguar. in: Cong. Bras. Paleont. 11, Curitiba, *Anais* 1: 1029-1041.
- Maury, C. J. 1930. *O Cretáceo da Parahyba*

- do Norte. Monografia do Serv. Geol. Min. Rio de Janeiro, **8**:1-305.
- Menor, E. A., Dantas, J. R. A., Sobrinho, A. C. P. 1977. A sedimentação fosfática em Pernambuco e Paraíba: revisão de novos estudos. Simp. Geol. Nord. 8, Campina Grande, 1977 (**6**): 1-27.
- Muniz, G. C. B. 1993. *Novos moluscos da Formação Gramame, Cretáceo Superior dos Estados da Paraíba e de Pernambuco, Nordeste do Brasil*. Departamento de Geologia – UFPE. Publicação Especial No 1, 202 p.
- Neumann, V. H. M. L. 1991. Problemas geomorfológicos do litoral pernambucano. in: Simp. de Geol. do Nord. 14, Recife. *Boletim* 12: 363-366.
- Oliveira, P. E. 1940. História da pesquisa do Petróleo no Brasil, Serv. Public. Agríc. Rio de Janeiro, 208 p.
- Petri, S. 1987. Cretaceous paleogeographic maps of Brazil. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*. **59**:117-168.
- Rand, H. M. 1967. Estudos geofísicos na faixa sedimentar costeira Recife – João Pessoa. Soc. Bras. Geol., (*Boletim*, 16). **16**(1): 87 – 99.
- Rand, H. M. 1976. Estudos geofísicos na faixa litorânea ao Sul de Recife. Tese de Livre Docência. Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de geologia, Recife, 112 p.
- Severiano Ribeiro, H. J. P. 2001. *Fundamentos de Estratigrafia de sequências* in: Estratigrafia de Sequências fundamentos e aplicações. Severiano Ribeiro, H. J. P (org). Unisinos, 428p.
- Souza-Lima, W. & Bengtson, P. 1999. Evidence for cold-water currents and upwelling in the late Campanian of the Sergipe Basin, Brazil. Cong. Bras. Paleont. 16, Crato. *Anais* **1**: 112-113.
- Tinoco I. M. 1962. Contribuição ao conhecimento da microfauna do fosfato de Pernambuco. Parte I. Foraminíferos: O gênero *Fascipira*. *Arq. Geol.*, Recife, **2**:59-73.
- Tinoco, I. M. 1967. *Micropaleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa*. Soc. Bras. Geol., *Boletim* **16** (1): 81 – 85.
- Tinoco, I. M. 1971. *Foraminíferos e a Passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco*. Instituto de Astronomia e Geociências. USP. São Paulo, SP. Tese de Doutorado, 147 pp.
- Tinoco, I. M. & Siqueira, L. P. 1976. Aplicação da micropaleontologia na prospecção de fosfato sedimentar. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, **48**(1):47-55.
- Vera Torres, J. A. 1994. *Estratigrafia principios y métodos*. Rueda, Madrid. 800 p.