

resultados aqui obtidos mostram que a deformação cretácea dessa região é mais complexa: as rotações diferenciais ocorridas entre os continentes africano e sul-americano, durante os momentos iniciais do rifteamento, provocaram, nessa região, um campo de esforços diferente do resto da margem atlântica. Essa diferença está ligada à forma particular que a margem continental possui nessa região, onde o limite crosta oceânica / crosta continental apresenta uma mudança de direção de aproximadamente 80° (mudança de direção entre as margens leste e equatorial da América do Sul).

## **ANFIBÓLIOS AUTIGÊNICOS EM ARENITOS DA FORMAÇÃO PENDÊNCIA, CRETÁCEO INFERIOR DA BACIA POTIGUAR, RN**

### ***AUTHIGENIC AMPHIBOLES IN PENDÊNCIA FORMATION SANDSTONES, POTIGUAR BASIN LOWER CRETACEOUS, RIO GRANDE DO NORTE, BRAZIL***

**Luiz Fernando De Ros<sup>1</sup>, Sylvania Maria Couto dos Anjos<sup>2</sup> e Sadoon Morad<sup>3</sup>**

#### **1 – INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, descobriu-se que muitos dos minerais considerados exclusivamente ígneos, metamórficos, ou hidrotermais, tais como albita, zeolitas, esfeno, rutilo, podem também formar-se sob baixas temperaturas, em condições diagenéticas. Dentre esses, uma das mais raras ocorrências é a de anfibólios autigênicos. Até o momento, a única ocorrência de anfibólios diagenéticos publicada restringia-se à Formação *Green River*, do Eoceno de Utah e Wyoming, nos Estados Unidos (Milton *et al.* 1974 e Milton, 1977), onde depósitos lacustres com abundantes detritos vulcânicos contém uma série de minerais raros, como trona e silicatos alcalinos. Nestes depósitos, ocorrem crescimentos secundários sobre grãos de hornblenda detrítica e agregados fibrosos de anfibólio autigênico azul, identificado como magnesioarfvedsonita [(Na,Ca) 3 (Mg,Fe,Al) 5 (Si,Al) 8 O22 (OH,F) 2] (Milton *et al.* 1974).

Outra ocorrência de anfibólios diagenéticos foi recentemente identificada por Anjos *et al.* 1991, e descrita por De Ros *et al.* (1990) nos arenitos e con-

- 1 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Departamento de Mineralogia e Petrologia, Av. Bento Gonçalves, 9 500, Campus do Vale, CEP 91500, Porto Alegre, RS, Brasil.
- 2 - Setor de Geologia para Exploração (SEGEX), Divisão de Geologia e Engenharia de Reservatórios (DIGER), Centro de Pesquisas (CENPES), Cidade Universitária, Quadra 7, Ilha do Fundão, CEP 21949-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- 3 - Universidade de Uppsala, Instituto de Geologia, Box 555, S-75122 Uppsala, Suécia.

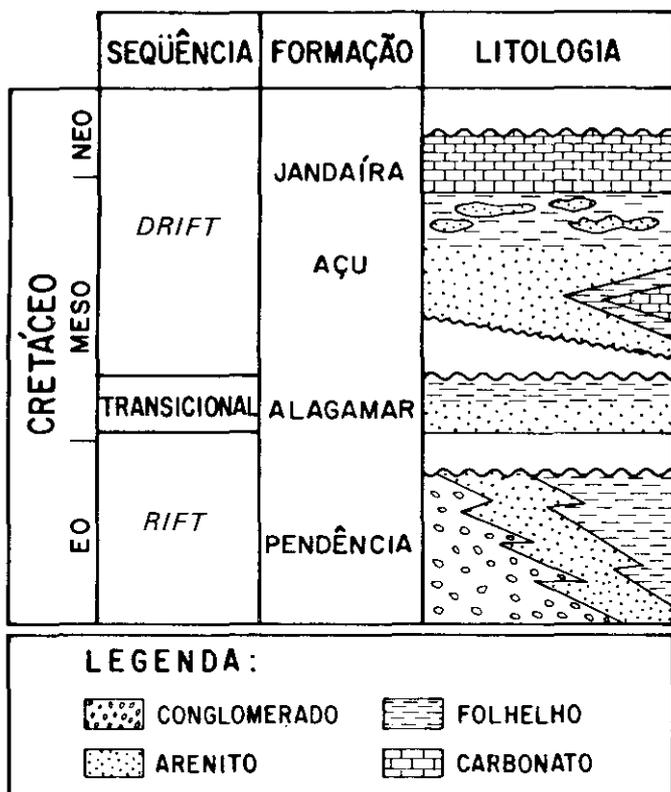


Fig. 1 - Coluna geológica simplificada da Bacia Potiguar, RN.  
 Fig. 1 - Geologic column, Potiguar Basin, RN.

glomerados da Formação Pendência (Neocomiano, fase *rift*) da Bacia Potiguar. Apresenta-se as principais características desta rara ocorrência, detectada nos arenitos da Formação Pendência (fig. 1) no poço 1-LU-1-RN situado no *Graben* de Umbuzeiro (fig. 2).

## 2 - COMPOSIÇÃO E DIAGÊNESE DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO PENDÊNCIA

Nos arenitos da Formação Pendência presentes no poço 1-LU-1-RN, assim como naqueles de outros poços situados próximos à margem sul do *Graben* de Umbuzeiro (fig. 2), ocorrem grandes quantidades de anfibólios e piroxênios detríticos, originados da rápida erosão de gnaisses, anfibolitos e hornfelses do embasamento que ocorrem ao longo da borda do *rift* (Anjos *et al.* 1991). O curto transporte e o acelerado soterramento dos sedimentos destes sistemas fan deltaicos foram, provavelmente, responsáveis pela preservação desta associação detrítica imatura, de composição predominantemente feldspática e lítica. Nestas rochas, ocorrem também abundantes minerais pesados (principalmente hornblenda e actinolita, com esfeno, diopsídeo, opacos e epidoto subordinados), associados à biotita e ao carbonato detrítico. Localmente, observam-se nesses arenitos concentrações de até 10% de anfibólios e piroxênios detríticos.

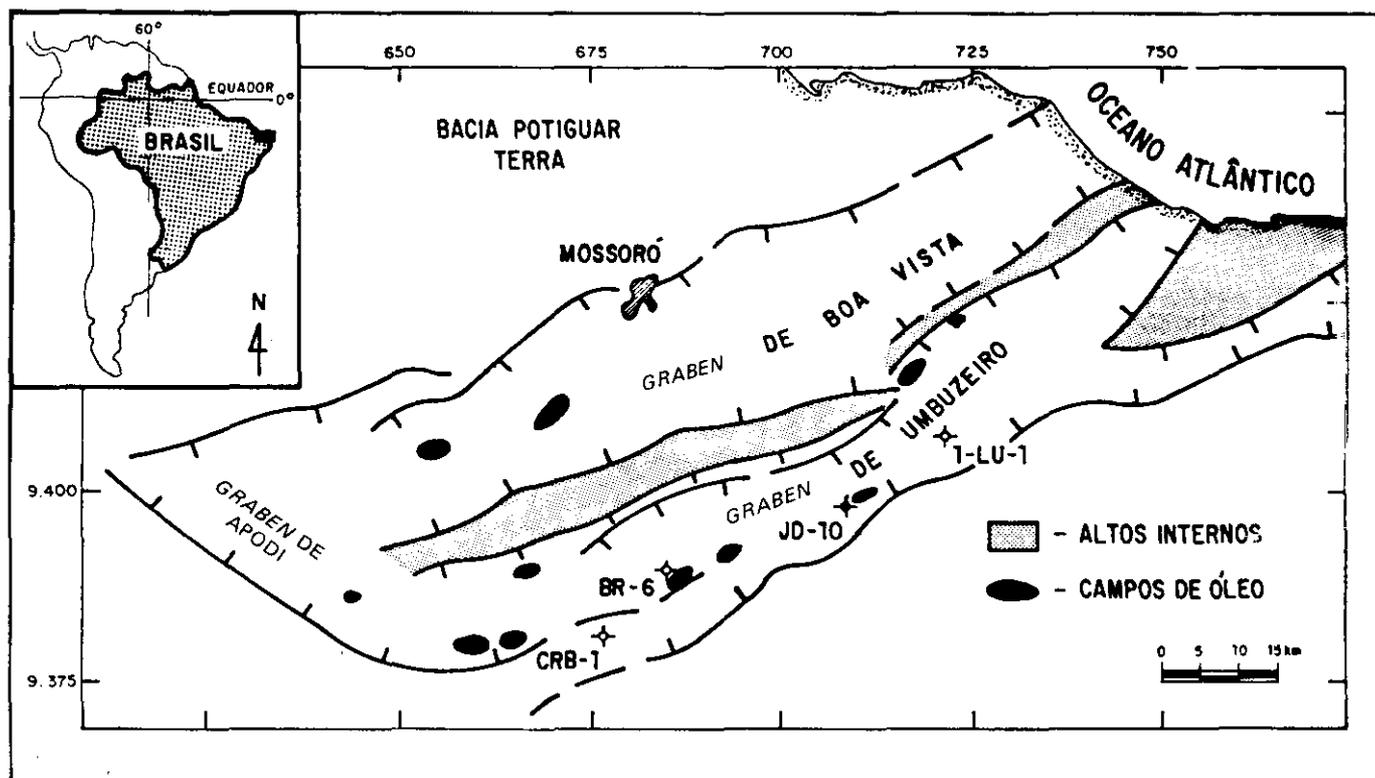


Fig. 2 - Mapa de localização da Bacia Potiguar com os poços onde foram encontrados valores elevados de anfibólios detríticos (CRB-1, BR-6, JD-10) e anfibólios autigênicos (1-LU-1-RN) nos arenitos.

Fig. 2 - Location map, Potiguar Basin, showing wells whose sandstones display high values of detrital amphiboles (CRB-1, BR-6, and JD-10) and authigenic amphiboles (1-LU-1-RN).

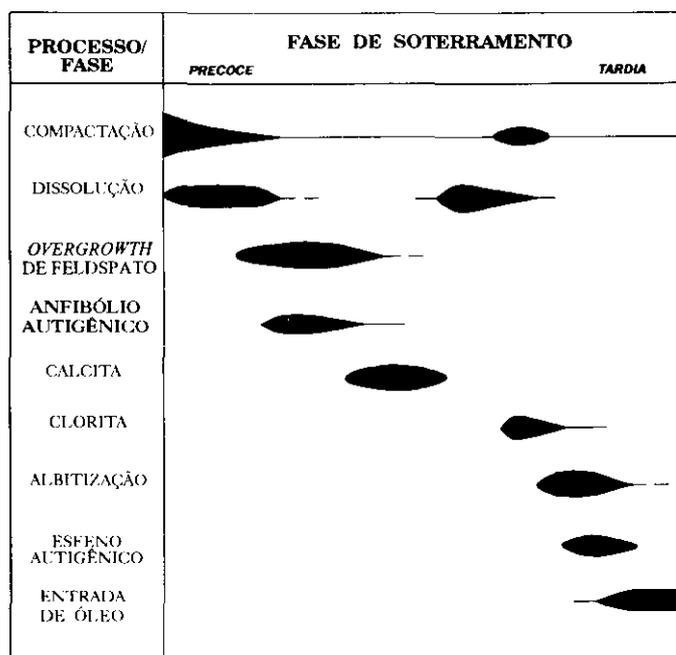


Fig. 3 - Sequência diagenética observada nos arenitos ricos em anfibólios do poço 1-LU-1-RN.

Fig. 3 - Diagenetic sequence observed in amphibole-rich sandstones of Well 1-LU-1-RN.

Devido ao rápido soterramento, os processos diagenéticos que afetaram esses arenitos ocorreram essencialmente em condições mesodiagenéticas. A sequência diagenética geral (fig. 3) observada nesses arenitos compreende os seguintes processos: 1) compactação mecânica moderada; 2) incipiente dissolução de minerais pesados e de fragmentos carbonáticos; 3) leve compactação química; 4) abundante precipitação de feldspato potássico autigênico, como crescimento secundário e substituindo grãos de feldspato detrítico; 5) precipitação de anfibólios autigênicos, sob a forma de crescimento secundário em torno de anfibólios e piroxênios detríticos, e "cicatrizando" fraturas destes grãos; 6) cimentação e substituição de grãos (especialmente dos anfibólios) por calcita não-ferrosa; 7) dissolução disseminada e irregular da calcita e de grãos, criando um heterogêneo sistema de poros secundários; 8) autigênese de clorita, como agregados caóticos de lamelas curvas, e como substituição de biotita; 9) intensa albitização de feldspatos, em especial de plagioclásios; 10) autigênese de esfeno, como crescimento secundário dos grãos detríticos, e como pequenos cristais discretos; 11) migração de hidrocarbonetos, evidenciada pela presença de gotículas de óleo residual (o poço 1-LU-1-RN não ocupa, aparentemente, a parte mais alta da estrutura perfurada, onde possivelmente esse óleo encontra-se trapeado).

### 3 - ANFIBÓLIOS AUTIGÊNICOS DA FORMAÇÃO PENDÊNCIA

Nos arenitos da Formação Pendência do poço

TABELA I / TABLE I  
COMPOSIÇÃO DOS ANFIBÓLIOS DETRÍTICOS E AUTIGÊNICOS DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO PENDÊNCIA NO POÇO 1-LU-1-RN OBTIDA POR MICROSSONDA ELETRÔNICA  
MICROPROBE ANALYSIS OF DETRITAL AND AUTHIGENIC AMPHIBOLES OF PENDÊNCIA FM. SANDSTONES, WELL 1-LU-1-RN

Óxidos	Anfibólio	Anfibólio	Anfibólio	Anfibólio
	Detrítico	Detrítico	Autigênico	Autigênico
	1	2	1	2
SiO <sub>2</sub>	46.99	54.63	51.82	49.85
TiO <sub>2</sub>	0.13	0.08	3.23	2.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.87	2.28	0.33	0.45
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.09	0.01	0.03
MgO	15.08	19.57	2.29	2.65
CaO	11.82	11.98	0.10	0.54
MnO	0.20	0.19	0.00	0.02
FeO	9.67	6.62	31.86	30.74
Na <sub>2</sub> O	1.09	0.57	7.07	6.25
K <sub>2</sub> O	0.34	0.11	0.13	0.17
Subtotal	95.31	96.12	96.84	92.89

1-LU-1-RN, grande parte dos grãos de anfibólio e piroxênio aparecem circundados por crescimentos secundários de intenso pleocroísmo castanho-azul escuro a quase negro e baixa birrefringência, algumas vezes bastante largos e com terminações agudas (fotos de 1 a 4). Estes crescimentos são muito comuns no intervalo de 1 774 m-1 792 m, testemunhado na unidade estratigráfica IV desta formação. Além dos crescimentos, os anfibólios autigênicos também aparecem "cicatrizando" as fraturas desenvolvidas nesses grãos pela compactação mecânica precedente, bem como substituindo marginalmente as fases detríticas (fotos 2 e 3). Embora igualmente afetados pela dissolução mesodiagenética, os crescimentos secundários de anfibólio foram mais resistentes do que os grãos hospedeiros, preservando, desta forma, os seus contornos originais (foto 4).

Análises de microsonda eletrônica (tabela I) revelaram que os anfibólios detríticos são essencialmente hornblendas do tipo pargasita, e actinolitas. Em contraste, os anfibólios autigênicos possuem composição à base de sódio e ferro (tabela I). Sua composição química permite classificá-los como riebeckitas ou arfvedsonitas. As análises por difração de raios X da fração mais densa que 2.89 g/cm<sup>3</sup> (separação por fluidos densos) identificaram apenas riebeckita. Nesta fração, biotita também foi identificada.

Na Formação *Green River*, os anfibólios autigênicos foram identificados como magnésioarfvedsonitas, e ocorrem acompanhados por uma exótica coleção de carbonatos e silicatos alcalinos, junto a halita e outros minerais evaporíticos, comumente em uma fácies de marga dolomítica orgânica (*oil shale*; Milton,



Foto 1 - Fotomicrografia mostrando crescimento secundário de anfíbólio sobre anfíbólio detrítico (hornblenda-Pargasita) parcialmente dissolvido. Notar larga espessura dos sobrecrecimentos. Poço 1-LU-1-RN, 1 282,60 m, luz plano-polarizada. Campo da foto 0,28 x 0,26 mm.

Photo 1 - Photomicrograph of amphibole overgrowth, overlying partly dissolved detrital amphibole. Note marked thickness of overgrowths. Well 1-LU-1-RN, 1 282.6 m, plane-polarized light.



Foto 2 - Fotomicrografia mostrando crescimento secundário de anfíbólio sobre anfíbólio detrítico (Pargasita). Notar também o anfíbólio autigênico cicatrizando fratura do anfíbólio detrítico. Poço 1-LU-1-RN, 1 282,60 m, luz plano polarizada. Campo da foto 0,61 x 0,45 mm.

Photo 2 - Photomicrograph of amphibole overgrowth, overlying detrital amphibole. Note authigenic amphibole healing fracture in detrital amphibole. Well 1-LU-1-RN, 1 282.6 m, plane-polarized light.

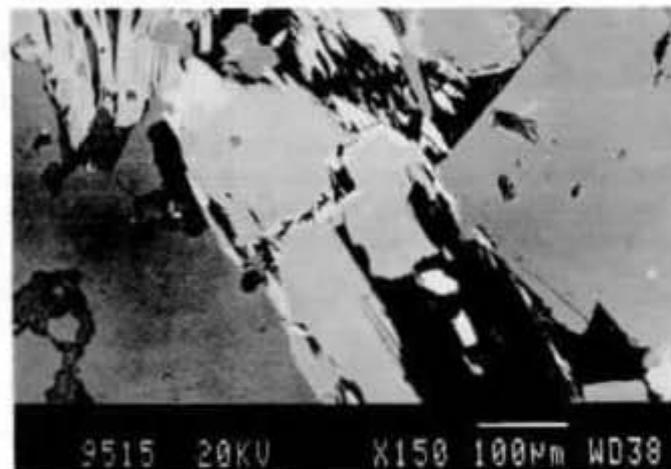


Foto 3 - Fotomicrografia obtida de lâmina delgada analisada em microscópio eletrônico de varredura por elétrons retroespalhados (backscatter electrons). Notar anfíbólio detrítico (cor cinza) cercado por sobrecrecimento de anfíbólio autigênico mais rico em ferro (cor mais branca); e fratura de grão cicatrizada por anfíbólio autigênico.

Photo 3 - Photomicrograph of thin section analyzed by SEM, using backscatter electrons. Note detrital amphibole (gray) surrounded by authigenic amphibole richer in iron (whiter). Also note healing of grain fracture by authigenic amphibole.

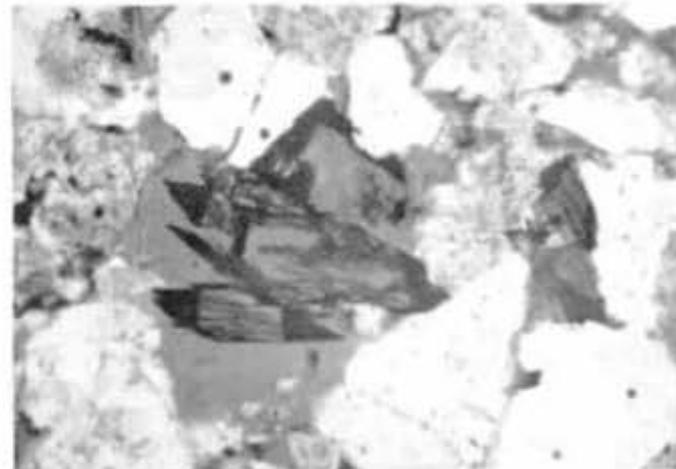


Foto 4 - Fotomicrografia mostrando grãos de anfíbólios detríticos parcialmente dissolvidos e anfíbólios autigênicos com terminações pontiagudas preservadas. Poço 1-LU-1-RN, 1 774,80 m, luz plano-polarizada. Campo da foto 1,08 x 0,75 mm.

Photo 4 - Photomicrograph of grains of partly dissolved detrital amphiboles and authigenic amphiboles with pointy ends intact. Well 1-LU-1-RN, 1 774.8 m, plane polarized light.

1977; Milton *et al.* 1974). Diferentemente, os anfíbólios diagenéticos da Formação Pendência ocorrem em uma fácies siliciclástica onde, até o momento, não foram encontrados depósitos evaporíticos. A única fonte potencial conhecida de soluções diagenéticas alcalinas neste contexto é a alteração diagenética dos depósitos vulcanoclásticos básicos identificados por Anjos *et al.* (1990) na base da formação (Unidade I). Estas rochas, entretanto, foram identificadas a profundidades substancialmente maiores do que os níveis de ocorrência dos anfíbólios diagenéticos. Admite-se

que os fluidos diagenéticos tardios devam ter sido fortemente concentrados em sódio, já que se identifica uma albitização disseminada nos arenitos da formação em toda a bacia (Anjos *et al.* 1991). Os anfíbólios autigênicos, no entanto, ocorrem de modo extremamente localizado em espaço e tempo (até o momento, apenas no poço 1-LU-1-RN, e intercalados na sequência diagenética "normal" dos arenitos). Essas evidências permitem sugerir que, na área do poço 1-LU-1-RN, fluidos concentrados vindos de níveis profundos tenham migrado episodicamente ao longo

de grandes falhas para níveis mais rasos, encontrando um local favorável à precipitação de anfibólitos autigênicos, ou seja, uma associação detrítica meta-estável de minerais pesados que se encontrava sob dissolução inicial. A intersecção destas condições específicas poderia explicar a ocorrência extremamente isolada e localizada dos anfibólitos autigênicos da Formação Pendência na Bacia Potiguar. Neste contexto, acredita-se que outras ocorrências similares poderão ocorrer ao longo da margem sul do *rift* em níveis do arenito, com alta concentração de pesados.

#### AGRADECIMENTOS

A Pedro de Césero e Carlos Rodrigues pela revisão e sugestões ao manuscrito.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, S. M. C., SOUZA, R. S., SOMBRA, C. L., SCUTA, M. S. Ocorrência de rochas vulcanoclásticas na Formação Pendência, Bacia Potiguar. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 4, p. 555-558, 1990.
- ANJOS, S. M. C., SOMBRA, C. L., SOUZA, R. S., SANTOS NETO, E. V., RODRIGUES, C. R. O., WAICK, R. N., SOUTO FILHO, J. D., DE ROS, L. F., SURDAM, R. C., HEASLER, H. P. *Modelagem diagenética e qualidade dos reservatórios da Formação Pendência, Bacia Potiguar emersa*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPES, 1991. Relatório interno.
- DE ROS, L. F., ANJOS, S. M. C., MORAD, S. Anfibólitos autigênicos em arenitos: uma rara ocorrência na Bacia Potiguar-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, Natal, 1990. *Boletim de Resumos...* Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990. p. 39.
- MILTON, C. Mineralogy of the Green River Formation. *The Mineralogical record*, Tucson, v. 8, p. 368-379, 1977.
- MILTON, C., INGRAN, B., BREGER, J. Authigenic magnesian arfvedsonite from the Green River Formation, Duchesne County. *Utah. Am. Mineralogist*, [s.l.], v. 59, p. 830-836, 1974.

## ESTRATIGRAFIA E EVOLUÇÃO HOLOCÊNICA DO DELTA DO RIO AÇU, BACIA POTIGUAR, RN

### HOLOCENE STRATIGRAPHY AND EVOLUTION OF THE AÇU RIVER DELTA, POTIGUAR BASIN, RIO GRANDE DO NORTE, BRAZIL

Cleverson Guizan Silva<sup>1</sup>

O delta recente do Rio Açu, localizado na Bacia Potiguar, Rio Grande do Norte, na região costeira de Macau, possui uma área aproximada de 500 km<sup>2</sup>, e está sedimentando um estuário muito raso (menos de 5 m de profundidade), formado pela migração lateral de esporões arenosos costeiros, que migram para oeste em função da deriva litorânea.

Os ambientes de sedimentação holocênicos do delta do Rio Açu mostram domínio de processos sedimentares relacionados a ondas e marés, em função da energia de ondas moderadas e do regime de mesomarés reinante na área, onde a amplitude média das marés de sizígia é de 2.8 metros.

O vale do Rio Açu segue o eixo da calha principal da Bacia Potiguar emersa, com direção NE-SW. Evidências de campo e de subsuperfície coletadas por vários autores e baseadas em dados de sísmica de reflexão e em correlação de informações de poços, revelam que reativações tectônicas recentes vêm influenciando e controlando a sedimentação atual.

A paleotopografia local e flutuações relativas do nível do mar, durante os últimos 10 000 anos, também exerceram papel preponderante na distribuição vertical e lateral dos ambientes e fácies sedimentares. A estratigrafia holocênica do complexo deltaico mostra uma seqüência basal transgressiva composta por unidades de laguna e plataforma rasa, recoberta por uma seqüência sedimentar regressiva, composta por depósitos fluviais, estuarinos e litorâneos, que caracterizam a progradação da planície costeira desde 5 000 anos BP. O máximo da transgressão holocênica é representado por paleopraias que afloram no interior da planície costeira, com uma altitude de pelo

Tese defendida em dezembro de 1991, com o apoio da PETROBRÁS, na Universidade de Duke (DUKE University), Durham, Carolina do Norte, EUA.

<sup>1</sup> - Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geologia, Av. Bento Maria da Costa, 115-A, Charitas, Niterói, CEP 24370-190, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.