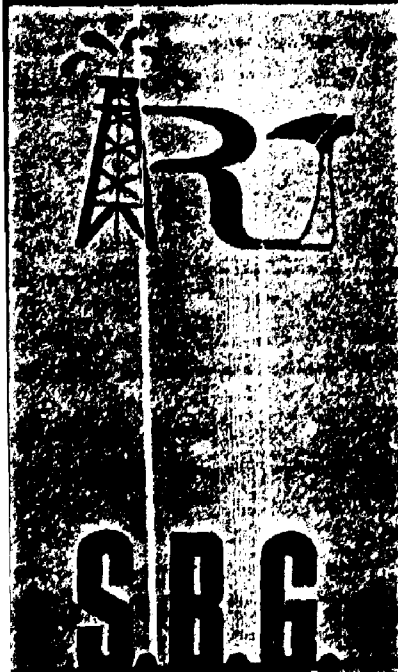


RIO - AGOSTO - 1987

# ANAIIS DO 1º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA RJ • ES



COLABORAÇÃO  
VEDOV DO BRASU S. S.

# 1 PORQUE A PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO PARAÍBA DO SUL NÃO PODE SER DENOMINADA DE "CLÁSSICO DELTA DOMINADO POR ONDAS"

LOUIS MARTIN  
CNPq/Observatório Nacional - ORSTOM

JEAN-MARIE FLEXOR  
CNPq/Observatório Nacional, Departamento de Geofísica

## ABSTRACT

Existing coastal sedimentation models have not properly incorporated the fundamental role of Holocene sea-level history in the development of modern coastal regions. For example the classical work by COLEMAN and WRIGHT (1975), although analyzing the influence of as many as 400 parameters on the geometry of deltaic sand bodies, did not address the effects of Holocene sea-level oscillations. Previous work on the central portion of the Brazilian coastline indicated that the relative sea level changes and the longshore currents have played an essential role in the construction of the coastal plains. Detailed mapping and radiocarbon dating have allowed us to establish the different phases involved in the depositional history of the plain situated at the Paraíba do Sul river mouth. This history is not in keeping with the classical model of wave dominated delta.

## RESUMO

Os modelos de sedimentação costeira existentes não têm levado em consideração o papel fundamental desempenhado pelas variações do nível médio do mar durante o Holoceno na formação das atuais regiões costeiras. Por exemplo, a obra clássica de COLEMAN e WRIGHT (1975), apesar de analisar a influência de cerca de 400 parâmetros na geometria de corpos arenosos deltáicos, não incorporou os efeitos das oscilações holocênicas do nível do mar. Estudos prévios efetuados na porção central do litoral brasileiro indicaram que as variações do nível do mar e a deriva litorânea desempenharam um papel fundamental na construção das planícies costeiras. Cartografia de detalhe e datações pelo carbono-14 permitiram estabelecer as diversas etapas envolvidas na história deposicional da planície situada na desembocadura do Rio Paraíba do Sul. Esta evolução não é compatível com o modelo de "clássico delta dominado por ondas".

## I . INTRÓITO

Por ocasião da segunda circular referente ao 1º Simpósio de Geologia Regional RJ-ES (10 a 14/08/87), foi oferecida como uma das opções de excursão geológica, o roteiro "Delta Quaternário do Rio Paraíba do Sul", e que corresponderia a um clássico "delta dominado por ondas".

Após um estudo minucioso apoiado em numerosas datações pelo radiocarbono e baseando-se em leis fundamentais da Física, em particular as da Hidrodinâmica, foi possível reconstituir as diversas etapas de formação da planície costeira do Rio Pa

raíba do Sul (MARTIN et al. 1984). Ficou então evidenciado que o modelo clássico de "delta dominado por ondas" não poderia ser aplicado a esta planície costeira bem como aquelas dos Rios Doce, Jequitinhonha, São Francisco e Parnaíba (MARTIN et al. 1983; SUGIJO et al. 1985).

É importante ressaltar que o estudo em questão que cobriu cerca de 3.000 km do litoral brasileiro efetuou-se sem idéias preconcebidas sendo que, no início dos trabalhos, não existia uma posição em favor deste ou daquele modelo. Entretanto, contrariamente ao que ocorre usualmente foi possível contar com um apoio essencial que permitiu uma melhor compreensão da evolução desta parte do litoral brasileiro. Este elemento favorável consistiu na possibilidade de poder dispor, praticamente em tempo integral, de um laboratório de datação pelo carbono-14, o que permitiu a obtenção de cerca de 800 datações de testemunhos diretos ou indiretos de antigas posições do nível relativo do mar e deste modo estabelecer uma cronologia adequada dos eventos. Assim, introduziu-se no modelo evolutivo em elaboração um elemento essencial que até então não havia sido considerado, representado pelo papel desempenhado pelas variações do nível médio relativo do mar na sedimentação litorânea arenosa e, em particular, pelo seu abaixamento médio no decorrer dos últimos 5.000 anos. A deriva litorânea, que constitui também um elemento essencial, não foi frequentemente levada em consideração ou então não foi corretamente interpretada. De fato, pode-se mostrar facilmente que o regime de ondas atuando no transporte litorâneo não tem necessariamente a mesma direção que a do vento dominante. Assim, na planície costeira do Rio Grande do Sul, o transporte litorâneo efetua-se de sul para norte enquanto que as dunas costeiras se deslocam no sentido NE-SW (VILMOCK, comunicação pessoal). Similamente, com frequência, os problemas decorrentes da intensidade do regime de ondas não costumam ser levados em conta: é evidente que a ação de um forte regime de ondas oceânicas durante um período de dois dias poderá ser equivalente no que concerne o volume transportado de areia, à ação de um regime fraco durante dois meses.

Apesar do presente modelo proposto para a evolução das planícies costeiras do litoral brasileiro ter sido apresentado em numerosas reuniões científicas bem como ter sido publicado em revistas nacionais e estrangeiras, torna-se necessário trazer novamente os fatos e dados sobre os quais repousa.

Deseja-se esclarecer que a atitude aqui tomada não é gerada por um espírito polêmico ou até mesmo por uma postura anti-científica. É comum pensar-se ser detentor da verdade, porém a história da ciência traz esclarecimentos interessantes sobre as dificuldades que as novas idéias encontram para se implantar. Assim, a teoria da deriva dos continentes foi combatida de maneira ultrajante pela grande maioria da comunidade geológica e geofísica, até que, de repente, produziu-se uma reviravolta na opinião. Atualmente, é difícil compreender como as maiores sumidades das ciências geológicas puderam rejeitar os dados precisos e evidentes apresentados por Wegener. É verdade que este se enganou na interpretação dos mecanismos que provocaram a deriva, entretanto os argumentos geológicos, morfológicos e paleontológicos que empregou não poderiam ter sido refutados.

## II . INTRODUÇÃO

Associadas às desembocaduras dos principais rios que despejam suas águas no Oceano Atlântico, ao longo da costa brasileira, existem zonas de progradação que BACOCOLI (1971), tomando por base a definição de SCOTT e FISHER (1969), interpretou como deltas. Alguns, como o do Rio Amazonas, seria do tipo altamente destrutivo, dominado por marés, enquanto que outros, como os dos rios Parnaíba, Jaguaribe, São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul, seriam do tipo altamente destrutivo, dominado por ondas. Além disso, BACOCOLI (op. cit.) atribuiu a todos esses deltas uma idade holocênica, ao mesmo tempo em que propôs um esquema evolutivo segundo

o qual essas planícies costeiras teriam se formado a partir do máximo da transgressão flandriana (última grande transgressão quaternária), passando em alguns casos por uma fase estuarina intermediária, até constituírem deltas típicos cuja construção resultaria em avanço generalizado da linha de costa.

Entretanto, existem também ao longo do litoral brasileiro vastas zonas em progradação sem qualquer ligação com uma desembocadura fluvial atual ou pretérita (MARTIN et al. 1983). Uma dessas áreas mais dignas de nota situa-se em Caravelas (BA) onde, excetuando-se as fácies fluviais, ocorrem todos os outros tipos de depósitos sedimentares existentes nos "deltas quaternários brasileiros". Por esta razão, BACOCOLI (op. cit.) chegou a sugerir que a acumulação dos sedimentos poderia representar um possível delta do rio Mucuri, inexpressivo curso fluvial localizado na porção sul da área. Desta maneira, a região de Caravelas representaria um caso típico de "delta destrutivo dominado por ondas" construído sem a presença de um rio! O fato de ter sido possível a formação de zonas de progradação sem aporte sedimentar fluvial chamou imediatamente a nossa atenção. É evidente que, neste caso, seria necessário procurar alhures a fonte de sedimentos arenosos que serviram para a progradação.

Um exame dos parâmetros considerados por diferentes autores que têm estudado os deltas mostra que nenhum deles levou em conta o papel da flutuação do nível relativo do mar. Essas variações podem resultar da mudança real do nível do mar (eustasia) e das modificações do nível dos continentes (tectonismo e isostasia). As variações de volume de água dos oceanos (glácio-eustasia) e as modificações de volume das bacias oceânicas (tectono-eustasia) fazem sentir os seus efeitos em escala mundial. Por outro lado, as modificações da superfície do geóide (geóide-eustasia) e as modificações do nível da crosta terrestre influem em escala local ou regional. Então é evidente que as variações de nível relativo do mar não foram forçosamente as mesmas em todos os pontos da Terra. Pesquisas realizadas na parte central (norte, leste e sudeste) do litoral brasileiro mostraram que esta passou nos últimos 5.000 anos por uma fase de emersão da ordem de 4 a 5 m. Porém, esta não é a situação, por exemplo, na costa atlântica e do Golfo do México dos Estados Unidos, que conheceram uma evolução muito diferente. Nestas áreas, o nível relativo do mar situava-se cerca de 5 m abaixo do atual e elevou-se progressivamente até chegar à sua posição de hoje. Portanto, pode-se dizer que nos últimos 5.000 anos, o litoral brasileiro caracterizou-se por processo de emersão, enquanto que o litoral oriental dos Estados Unidos esteve em submersão. Desta maneira, evidentemente a dinâmica litorânea não foi a mesma nos dois casos. Naturalmente, os modelos de sedimentação deltaica idealizados a partir de exemplos de costa em submersão não podem ser aplicados diretamente no Brasil. Os estudos anteriores realizados nas planícies costeiras do Rio Doce (ES) por BANDEIRA et al. (1975) e do Rio Paraíba do Sul (RJ) por LAMEGO (1955) e BEURLEN et al. (1975), por falta de dados na época, não consideraram o papel desempenhado pelo abaixamento do nível relativo do mar.

Assim, resolvemos empreender um estudo pormenorizado das planícies costeiras situadas nas desembocaduras dos rios Paraíba do Sul, Doce, Jequitinhonha, São Francisco, Jaguaribe e Parnaíba. Este estudo baseou-se em fotointerpretação, trabalhos de campo e numerosas datações ao radiocarbono, que permitiram mapear sistematicamente e reconstruir com precisão as etapas sucessivas da evolução geológica durante o Quaternário.

Se, de um lado, BACOCOLI (op. cit.) reconhecia que a sua experiência de campo limitava-se a breves excursões aos deltas dos rios Paraíba do Sul, Doce, Jequitinhonha e São Francisco, grande foi a nossa surpresa ao confrontarmos os mapas obtidos por nós com os publicados por aquele autor. Mesmo reconhecendo-se a natureza bastante esquemática dos mapas daquele autor, pode-se ainda constatar grandes diferenças. Assim, por exemplo, os limites das planícies costeiras dos rios Paraíba do

Sul, São Francisco, Jaguaribe e Parnaíba são muito imprecisos. Segundo aquele autor, a planície costeira do Rio São Francisco ocuparia uma superfície de 2.000 km<sup>2</sup>, enquanto que na realidade ela não passa de 750 km<sup>2</sup>. No caso da planície do Rio Jaguaribe, BACOCOLI atribuiu uma superfície de cerca de 300 km<sup>2</sup> quando, na realidade, pode-se verificar no terreno que não ocorre propriamente uma planície costeira que teria mas somente uma área de dunas móveis sobre sedimentos do Grupo Barreiras. Além disso, foi possível constatar que parte dessas planícies costeiras apresenta também sedimentos de idade pleistocênica e não somente holocênica conforme admitia este autor.

Proseguindo as pesquisas foi constatado que o mapa da planície costeira do Rio São Francisco, utilizado por COLEMAN e WRIGHT (1975) como modelo de "deltas altamente destrutivos, dominados por ondas" era grosseiramente falso.

Desta maneira, sem considerar os modelos deltáicos previamente estabelecidos, decidimos reconstruir a evolução dessas planícies costeiras durante o Quaternário com base em dados e experiência prévia em outras partes do litoral brasileiro. Em vista desta reconstrução pode-se questionar se o termo delta seria o mais apropriado para referir-se às zonas de progradação situadas nas desembocaduras dos principais rios brasileiros que despejam suas águas no Oceano Atlântico.

### III. AFINAL, O QUE É UM DELTA?

O termo delta é bastante antigo, datando de cerca de 400 anos A.C., quando HERÓDOTO o empregou pela primeira vez ao se referir à planície aluvial situada entre os dois distributários principais do Rio Nilo, a qual exibía uma grande semelhança com a quarta letra do alfabeto grego.

Em 1832, LYELL introduziu o termo na literatura geológica, definindo-o em 1853 como "um terreno aluvial formado por um rio em sua desembocadura, sem contudo possuir uma forma definida" (in: MOORE e ASQUISH, 1971).

BARRELL (1912) empregou o termo para designar "um depósito parcialmente subaéreo construído por um rio de encontro a um corpo permanente de água" (in: LE BLANC, 1975). Estudando o delta do Rio Mississipi, TROWNBIDGE (1930) concluiu que o substantivo delta e o adjetivo deltáico deveriam ser usados para denominar os sedimentos depositados por um rio nas vizinhanças de sua desembocadura. BATES (1953) definiu um delta como "um depósito sedimentar construído por um fluxo de jato dentro de um corpo permanente de água". Esta definição incorporaria também os leques submarinos, que são acumulados nas desembocaduras dos cânions submarinos. Segundo BACOCOLI (1971), alguns autores utilizaram ainda o termo para designar toda acumulação resultante da perda de velocidade de uma corrente aquosa ao penetrar em um corpo de água mais volumoso, sejam os depósitos assim formados, subaéreos ou subaquáticos.

A medida que novas acumulações costeiras foram sendo descritas e estudadas, a exemplo dos deltas dos rios Colorado (McKEE, 1939 e THOMSON, 1968), Ródano (COMKENS, 1970), Níger (ALLEN, 1970) e Orenoco (VAN ANDEL, 1968), o conceito de delta foi sofrendo modificações para poder acomodar novas observações. Deste modo, FISHER et al. (1969) adotaram uma definição mais generalizada segundo a qual um delta seria "um sistema deposicional alimentado por um rio e que resulta na progradação irregular da linha de costa". WRIGHT (1978) enfatiza ainda mais este caráter genérico ao definir um delta como "acumulações costeiras subaquosas e subaéreas construídas a partir de sedimentos trazidos por um rio, adjacentes ou em estreita proximidade com o mesmo, incluindo os depósitos que foram modelados secundariamente pelos diversos agentes da bacia receptora, tais como, ondas, correntes e mares". Por esta definição, um delta pode englobar praticamente todo o espectro de formas de acumulações costeiras, tais como, praias, dunas, planícies de marés, pântanos, manguezais, lagunas, ilhas-barreiras, baías, além de depósitos de canal e desembocaduras fluvi

ais. Vê-se portanto, que o conceito de delta é atualmente bastante amplo, utiliza-se para designar conjuntos de fácies que têm em comum apenas o fato de constituírem zonas de progradação associadas a um curso fluvial, tendo sido construídas originalmente a partir de sedimentos carregados por este rio.

- Fatores que controlam a formação de um delta

Para que um delta seja formado é necessário que um rio (corrente aquosa) carregado de sedimentos flua rumo a um corpo permanente de água em relativo repouso. As velocidades das correntes fluviais diminuem a partir da desembocadura para as partes mais distais, de modo que sedimentos sujeitos a velocidades cada vez menores (mais finos) e de formas cada vez menos esféricas (mais angulosas) são depositadas neste sentido.

Além disso, para que os sedimentos transportados por um rio se acumulem na sua desembocadura e resultem na formação de um delta é necessário que a energia do meio atinja o nível suficiente para retrabalhá-los e dispersá-los ao longo da costa. A condição "sine-que-non" para que ocorra a construção deltaica é que haja um "deficit" de energia do meio receptor em relação ao aporte sedimentar sendo, desta maneira, os sedimentos empilhados em torno da desembocadura fluvial. A energia do rio, expressa principalmente pela velocidade de suas águas, manterá geralmente um ou mais canais escavados através dos próprios sedimentos. Com o prosseguimento dos processos deposicionais o delta progradará para dentro do corpo aquoso. Deste modo, o rio se vê obrigado a avançar através dos seus próprios depósitos, alterando assim o seu comportamento, o que gera condições peculiares de sedimentação e consequentemente formando corpos sedimentares com diferentes características.

Vários são os fatores que condicionam os processos de sedimentação deltaica, os quais mudam bastante dando, em consequência, diferentes tipos de deltas. Os deltas quaternários são formados da combinação desses fatores; deste modo, alguns ocorrem ao longo de costas com amplitude de maré desprezível e energia de onda mínima, enquanto que outros são originados sob condições de grande amplitude de maré ou de intensa atividade de ondas. Por outro lado, os deltas podem ser construídos sob condições de clima tropical úmido, em regiões submetidas a intensos processos químicos e biológicos ou em regiões árticas ou de desertos, onde a atividade biológica e os processos químicos são praticamente nulos. Apesar das diversidades ambientais, determinadas pela combinação de diferentes fatores que condicionam os processos deltaicos, todos os deltas de progradação ativa apresentam ao menos um atributo em comum, isto é, um rio fornece sedimentos terrígenos à zona costeira e à plataforma interna mais rapidamente do que eles podem ser removidos por processos litorâneos.

COLEMAN e WRIGHT (1971 e 1975) discutem sobre os vários processos costeiros e seus efeitos e significados na formação de deltas. Segundo estes autores os fatores mais importantes são: clima, flutuações de descarga fluvial e de carga sedimentar, processos associados à desembocadura fluvial, energia das ondas, regime das marés, ventos, correntes litorâneas, declividade da plataforma, tectônica e geometria da bacia receptora. Embora todos estes fatores tenham alguma influência, somente poucos processos atuam mais intensamente na formação dos diferentes tipos de deltas. Segundo MORGAN (1970), quatro são os fatores fundamentais que influem na sedimentação deltaica: (a) regime fluvial; (b) processos costeiros; (c) fatores climáticos e (d) comportamento tectônico.

#### IV . PAPEL DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR E DO TRANSPORTE LITORÂNEO DE SEDIMENTOS ARENOSOS NA CONSTRUÇÃO DAS PLANÍCIES COSTEIRAS

##### 1 - Papel das variações do nível relativo do mar.

A regra de BRUUN (1962) estabelece que, uma vez atingido o perfil de equilíbrio da zona litorânea, uma elevação subsequente do nível do mar irá perturbar este equilíbrio, que será então restaurado mediante translação rumo ao continente. Como consequência, o prisma praial irá sofrer erosão e o material erodido será transferido e depositado na antepraia. Esta transferência provocará uma elevação do assoalho da antepraia em magnitude  $a_1$ , igual à elevação sofrida pelo nível do mar  $a_2$ , mantendo-se assim constante a espessura da lâmina de água.

Testes de campo e de laboratório, executados por SCHWARTZ (1965 e 1967) e DUBOIS (1976 e 1977), comprovaram a hipótese de BRUUN (op. cit.). Embora esta regra tenha sido estabelecida para fases de subida do nível do mar, também parece ser válida para a situação inversa, isto é, o equilíbrio desfeito deverá ser restaurado também quando ocorre a descida do nível do mar. De fato, o abaixamento do nível relativo do mar, diminuindo a espessura da lâmina de água, irá gerar um desequilíbrio no perfil da zona litorânea tornando-o mais "agradado". Em consequência, as ondas irão movimentar os sedimentos inconsolidados da antepraia rumo à praia e provocando, desta maneira, uma progradação da linha de costa. Esta transferência de material irá cessar quando a profundidade for equivalente à que existia anteriormente. Comparativamente, este processo é semelhante àquele no qual um perfil de tempestade se recupera por transferência de sedimentos da antepraia para o prisma de praia em perfil de "swell", processo este amplamente registrado na literatura (DAVIES, 1972; KING, 1972; KOMAR, 1973; SWIFT, 1976). Da mesma maneira, este mecanismo é verificado durante o ciclo mensal das marés. Durante as marés de sizígia, correspondente a uma "pequena transgressão", ocorre erosão na pós-praia e, em contrapartida, durante as marés de quadratura, correspondente a uma "pequena regressão", se produz sedimentação na pós-praia.

## 2 - Papel do transporte litorânea de sedimentos arenosos.

O transporte de sedimentos ao longo de uma praia arenosa é promovido principalmente pelas correntes de deriva litorânea geradas pelas ondas. De fato, próximo às praias as ondas não encontram profundidades suficientes para sua propagação, ocorrendo então a sua arrebentação. Este fenômeno é acompanhado pela liberação de grande quantidade de energia, que será traduzida em parte na colocação em suspensão das areias e parcialmente na formação da corrente de deriva litorânea. Naturalmente, este fenômeno ocorrerá se as ondas atingirem obliquamente a linha de praia. A velocidade desta corrente é lenta, mas a sua ação se faz sentir em uma zona onde as areias foram colocadas em suspensão pela arrebentação das ondas e, portanto, o volume de areia transportado por este meio será considerável.

Vários cálculos mostraram que a velocidade da corrente de deriva litorânea é máxima quando as ondas atingem a linha de praia com ângulos variando entre  $46^\circ$  e  $56^\circ$  (LARRAS, 1961). A ação combinada das águas de espraimento de arrebentação das ondas e das correntes de deriva litorânea provoca o transporte pulsatório das areias. Evidentemente, o sentido de transporte dependerá da direção de incidência das frentes de ondas que atingem a praia.

Certamente, durante um período de abaixamento do nível relativo do mar, parte da areia fornecida para o restabelecimento do perfil de equilíbrio irá transitar ao longo da praia em consequência deste mecanismo. Este transporte prosseguirá até que as areias sejam retidas por uma armadilha ou bloqueadas por um obstáculo. Isto explica as grandes diferenças que podem existir em uma região submetida a um abaixamento uniforme do nível do mar. Os depósitos arenosos serão pouco desenvolvidos ou mesmo ausentes nas zonas onde há predominância de trânsito litorâneo e muito importantes nas regiões onde um obstáculo ou uma armadilha tenha permitido a retenção das

linha costeira, ilhas ou fundos rasos (baixios) formando zonas de baixa energia, pontões do embasamento cristalino, desembocaduras fluviais importantes, etc.

### 3 - Bloqueio do transporte litorâneo de sedimentos arenosos por fluxo fluvial junto à foz.

Em determinadas condições, o fluxo de água junto à desembocadura de um rio irá constituir um obstáculo, que tenderá a bloquear o transporte das areias, do mesmo modo que um molhe artificial em uma região costeira. Essas estruturas marítimas, ancoradas em terra, são geralmente construídas de modo a estender-se além da zona de arrebatamento impedindo completamente o trânsito litorâneo dos sedimentos. Como resultado, os sedimentos ficarão retidos de encontro ao molhe, fazendo com que a linha de costa a barlar desta estrutura prograda rapidamente. A sotamar, a deriva litorânea continua atuante, removendo os sedimentos e provocando o avanço do mar por erosão da linha de costa. KOMAR (1973), desenvolveu modelos de computador para simular o crescimento e a forma de equilíbrio dos deltas nos quais a ação das ondas é a força dominante na redistribuição dos sedimentos. Deste modo este autor chamou a atenção para o fato de que, em presença de ondas que se aproximam da costa segundo um ângulo agudo, o fluxo fluvial se comporta à semelhança de um molhe constituindo uma barreira à deriva litorânea. Assim a planície a barlar da desembocadura prograda muito mais rapidamente do que a sotamar que, por sua vez, irá caracterizar-se como uma região com "deficit" de sedimentos.

Os mecanismos atuantes na foz de um rio podem ser esquematizados da seguinte maneira (MARTIN et al., 1983):

(a) Em períodos de alta descarga fluvial, correspondente a uma fase de enchente, o fluxo de água junto à desembocadura irá constituir um obstáculo que tenderá a bloquear o transporte litorâneo das areias. Isto irá ocasionar acumulação de areias a barlar da foz e possível erosão a sotamar. Entretanto, a erosão da porção a jusante da corrente é frequentemente compensada pelo aporte de sedimentos grossos supridos pelo próprio rio.

(b) Em períodos de baixa descarga fluvial, o obstáculo representado pelo fluxo fluvial irá praticamente desaparecer e, conseqüentemente, a meia-cúspide construída a barlar, na fase anterior, experimentará um acelerado processo de erosão. Os sedimentos erodidos serão deslocados para sotamar, originando um esporão arenoso que tenderá a obstruir parcialmente a foz. Este evento ficará registrado na planície costeira sob a forma de uma linha de truncamento das cristas praias. Se o período de baixa vazão durar bastante tempo o esporão arenoso poderá atingir largura suficiente que permita resistir, até certo ponto, às condições de alta energia da fase de enchente subsequente. Muitas vezes, somente a extremidade do esporão arenoso será destruída e a barragem provocada pelo fluxo fluvial será deslocada no sentido da deriva litorânea. Sobre a linha de truncamento, a barlar da desembocadura, será construído um novo sistema de cristas praias alimentado pelos sedimentos transportados ao longo da costa.

Em conseqüência deste fenômeno pode-se verificar o aparecimento de uma forte assimetria entre as partes da planície costeira situadas de um lado e de outro da desembocadura. Enquanto, a barlar da desembocadura, a linha de costa avança a custo da incorporação gradativa de sedimentos arenosos trazidos pela deriva litorânea, a sotamar, a progradação se processa principalmente em função dos aportes fluviais. Neste processo, podem ser desenvolvidos esporões arenosos na margem da desembocadura, a sotamar, pelo retrabalhamento de barras de desembocadura que, por ação da refração de ondas, evoluem para ilhas lunadas. Uma vez formadas, essas ilhas e esporões passam a desenvolver zonas protegidas na sua porção interna, que são rapidamente colonizadas por manguezais e passam a captar os sedimentos finos carreados pelo



rio. Além disso, os deslocamentos da desembocadura são marcados por uma sucessão de degraus realçados por discordâncias nos alinhamentos das cristas praias. Deste modo, a parte da planície a barlamar será formada por faixas de cristas praias essencialmente de origem marinha, enquanto que a porção a sotamar será constituída por uma alternância de faixas arenosas entremeadas por zonas baixas areno-argilosas.

Quando as frentes de ondas incidem paralelamente à linha de praia, e somente neste caso, os sedimentos transportados pelos cursos fluviiais defronte de sua desembocadura serão retrabalhados e depositados em ambos os lados da foz para formar um delta em cuspide altamente destrutivo dominado por ondas.

## V . EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO PARAÍBA DO SUL

### V.1 TRABALHOS PRÉVIOS

A planície costeira do Rio Paraíba do Sul foi estudada anteriormente por LAMEGO (1955), BACCOCOLI (1971), ARAÚJO et al. (1975), ARGENTO (1979), DIAS (1981), DIAS e GORINI (1979 e 1980) e DIAS et al. (1983, 1984a, b). Entretanto nenhum destes autores considerou o papel desempenhado pelo abaixamento do nível relativo do mar na evolução paleogeográfica.

Segundo ARAÚJO et al. (op. cit.) "a construção do complexo deltáico holocênico do Rio Paraíba do Sul iniciou-se, depois que o mar atingiu seu nível mais alto na transgressão flandriana desenvolvendo-se em duas fases distintas: uma abandonada e outra atuante". A reconstrução paleogeográfica desses autores foi baseada na idéia anterior de LAMEGO (op. cit.), que teria reconhecido várias fases de deltação: delta de tipo Mississipi, delta do tipo Ródano, delta do tipo Paraíba e delta de maré da Lagoa Feia. Não se pode negar a existência, no eixo Campos-São Tomé, de vestígios de um delta do tipo dominado por processos fluviiais. Entretanto, um delta deste tipo não poderia ter sido construído mar adentro em litoral de alta energia. Então é necessário admitir que os sedimentos transportados pelo Rio Paraíba do Sul depositaram-se numa zona de fraca energia. A existência na frente dos sedimentos fluviiais de sedimentos lagunares ricos em conchas de moluscos lagunares demonstra que durante uma parte da sua história o Paraíba do Sul desembocava dentro de uma laguna onde ele constituiu um delta intralagunar. Parece evidente que o modelo de ARAÚJO et al. foi estabelecido baseando-se em modelos desenvolvidos em outras regiões do mundo onde as condições de energia e de variação do nível relativo do mar são completamente diferentes.

### V.2 MODELO PROPOSTO POR MARTIN ET AL. (1983, 1984)

Com base no mapeamento geológico, datações ao radiocarbono e experiências prévias em outras partes do litoral brasileiro, tornou-se possível reconstruir os seguintes estágios evolutivos.

#### - 1º estágio

Correspondente a uma fase de clima semi-árido, com nível marinho abaixo do atual, quando foram depositados os sedimentos da formação Barreiras.

#### - 2º estágio

Correspondente ao pico positivo máximo da penúltima grande transgressão quando o nível do mar, em torno de 120.000 anos antes do presente, se encontrava 8 ± 2m acima do nível atual. Os sedimentos da Formação Barreiras foram erodidos e

parte inferior dos vales da região foi afogada.

- 3º estágio

Corresponde à formação da planície costeira pleistocênica. Encostadas nas falésias esculpidas nos sedimentos da Formação Barreiras na fase anterior, foram depositadas cristas praisais ao mesmo tempo que entradas de muitos vales foram fechadas por barras arenosas formando-se lagunas. Com o abaixamento do nível relativo do mar, uma rede hidrográfica no prolongamento dos vales entalhados nos sedimentos da Formação Barreiras ou orientada pelos cordões litorâneos, instalou-se sobre os terraços pleistocênicos.

- 4º estágio

Corresponde à fase final da última transgressão. Durante esse evento a planície costeira pleistocênica foi em parte destruída e afogada. A rede de drenagem que havia se instalado sobre os terraços marinhos pleistocênicos foi afogada da mesma maneira que alguns vales escavados nos sedimentos da formação Barreiras. Associação ao afogamento da planície costeira pleistocênica houve a formação de uma ilha barreira que isolou de um contato direto com o mar o que restou dos terraços marinhos pleistocênicos. Atrás das ilhas barreiras instalou-se uma vasta laguna. A existência dessa fase pode ser comprovada pelos sedimentos lagunares presentes. O aspecto morfológico da planície costeira do Rio Paraíba do Sul nessa época, era muito semelhante ao apresentado atualmente por grandes trechos da costa leste dos Estados Unidos onde existem terraços marinhos pleistocênicos com lagunas e ilhas barreiras na frente. Essa barreira é, ainda hoje, reconhecível na região entre São Tomé e a lagoa de Carapebus. No entanto, em consequência de problemas neotectônicos locais, essa barreira continua a deslocar-se atualmente em direção ao continente. Em consequência desse deslocamento, sedimentos lagunares podem ser encontrados na praia atual do lado externo da barreira.

- 5º estágio

Corresponde à construção do delta intralagunar. Durante todo o período de existência da laguna o Rio Paraíba do Sul constituiu um vasto delta (delta do tipo Mississipi de LAMÉGO). Nessa fase o rio apresentava vários canais e um deles, de direção E-W, ocupava uma posição próxima ao atual. A medida que o nível relativo do mar abaixava, após 5.100 anos BP., a laguna tendia a ressecar e o braço E-W (mais curto) passou a assumir a descarga total do Rio Paraíba do Sul.

- 6º estágio

Corresponde à formação das cristas de praia holocênicas. A partir de 5.100 anos BP., o abaixamento do nível relativo do mar foi acompanhado pela transferência de areias da plataforma continental para a praia. Essas areias foram retrabalhadas pelas correntes de deriva litorânea tendo contribuído na construção dos terraços arenosos holocênicos.

### V.3 DINÂMICA ATUAL E SUBATUAL NAS VIZINHANÇAS DA DESEMBOCADURA

Na região da desembocadura do Rio Paraíba do Sul atuam ondas provenientes do NE e SSE. As primeiras são geradas pelos ventos alísios e as últimas estão relacionadas à penetração de massas de ar polar através do continente sulamericano. As

ondas de SSE, especialmente frequentes no outono e inverno, são quase sempre mais fortes que as de NE e, portanto, desempenham um papel muito mais importante no transporte litorâneo de sedimentos. Por vezes, verifica-se a superposição de ondas das duas direções, isto é, as ondas de NE se superpõem às ondas de SSE que são caracterizadas por grandes comprimentos de ondas. Neste caso, só as ondas do SSE desempenham um papel no transporte litorâneo e o deslocamento dos sedimentos se processará principalmente do sul para o norte. Isto é confirmado pela geometria dos cordões holocênicos (DOMINGUEZ et al., 1983) que indica um constante transporte do sul para o norte e também pelo bloqueio de areias com acumulação acelerada à montante da corrente (porção sul) de um quebra-mar perpendicular à costa, construído em 1982 na entrada de Barra do Furado.

Aspectos da dinâmica atual e subatual foram melhor evidenciados por um estudo do pormenorizado das vizinhanças da desembocadura atual do que em um exame rápido já mostramos seguintes fatos:

- existência de acentuada assimetria entre as margens sul e norte da foz. A parte sul mais desenvolvida, é formada pela acreção de cristas praias essencialmente arenosas, enquanto que a parte norte, menos desenvolvida, é constituída por alternância de feixes arenosos separados por zonas argilo-arenosas orgânicas;

- ocorrência, na parte sul, de um esporão arenoso cuja construção foi acompanhada de erosão litorânea acelerada, quando foram destruídas várias casas em Atafona. Em 20 anos (1956-1976) a linha de praia recuou 150m nesta localidade. Em fevereiro de 1976 que coincidiu com um período de alta descarga fluvial, o esporão foi destruído e começou a ser construído um novo esporão que em 5 anos atingiu 300m de comprimento (DIAS, 1981);

- existência de feixes de cristas praias escalonadas, separadas entre si por superfícies de discordância, originadas durante as fases erosivas que acompanham a formação dos esporões arenosos.

O mecanismo de bloqueio do transporte litorâneo de areia pelo fluxo do Rio Paraíba do Sul parece evidente. Para testar esse modelo foi realizado um estudo sedimentológico que constou essencialmente de um estudo morfométrico das areias. Com efeito, se o modelo de dinâmica costeira aqui discutido (deriva litoral de direção S-N e períodos de bloqueio do transporte litorâneo de areia pelo fluxo do Rio Paraíba do Sul) estiver correto, as areias de um lado e do outro da foz devem ser de origens diferentes.

Diferenças muito evidentes entre os graus de arredondamento de areias de praia atual de um lado e de outro da desembocadura indicaram que as areias transportadas pelo rio são depositadas quase que somente ao norte de sua foz, enquanto que ao sul as areias devem ser fornecidas principalmente pela plataforma interna adjacente. Situação semelhante foi encontrada estudando-se os graus de arredondamento das amostras de terraços holocênicos. De fato, ocorrem dois tipos de areias, o primeiro com predominância de graus subangulosos e subarredondados (como os da parte norte da planície) e o segundo com predominância de grãos arredondados e muito arredondados (como os da parte sul da planície). Portanto, na parte norte da planície costeira ocorre uma mistura de grãos carregados pelo rio e fornecidos pela plataforma continental, enquanto que na parte sul são encontradas somente areias supridas pela plataforma continental interna adjacente (MARTIN et al., 1984; SUJITO et al., 1985).

## VI . CONCLUSÕES

O estabelecimento de um modelo pode ser efetuado de três modos distintos: a) a partir de dados reais que puderam ser observados, analisados, medidos, quantificados, etc.; b) a partir de hipóteses viáveis e c) a partir de uma combinação em

tese não podem contradizer leis fundamentais da Física.

Mostrar-se-á aqui qual é a natureza dos dados que permitiram o estabelecimento do modelo ora proposto:

- o fato de que o litoral da região estudada tenha estado em submersão até cerca de 5.100 anos B.P. e em seguida, globalmente em emersão, é uma realidade observada;

- é um fato real observado, o abaixamento do nível relativo do mar implicar num aporte de areia da plataforma próxima para a praia;

- o litoral da região estudada é de alta energia;

- a existência de uma vasta laguna entre 6.000 e 4.000 anos B.P. é um fato real observado;

- a separação desta laguna do oceano por uma barreira arenosa é um fato real comprovado e não uma hipótese;

- a construção de um vasto delta nesta laguna pelo Rio Paraíba do Sul é um fato comprovado;

- o fato de que os sedimentos transportados pelo Rio Paraíba do Sul durante a construção do delta intralagunar não podiam contribuir para a construção dos terraços arenosos é uma realidade comprovada;

- a deriva litorânea efetua-se de sul para norte. Trata-se de um fato observado, estudado e comprovado;

- o fato do fluxo do Rio Paraíba do Sul bloquear periodicamente o transporte litorâneo é uma realidade observada;

- a deposição das areias transportadas pelo Rio Paraíba do Sul ao norte da desembocadura é um fato real estudado e comprovado;

- o fato das areias do terraço coberto de cordões litorâneos situado ao sul da desembocadura não terem sido transportadas pelo Rio Paraíba do Sul é uma realidade estudada.

Se a partir de todos estes fatos reais observados, estudados e medidos, não meras hipóteses, foi possível construir um modelo de formação da planície costeira do Rio Paraíba do Sul, apareceu claramente que este era incompatível com o modelo clássico de delta dominado por ondas. Por outro lado, ao examinar cuidadosamente e com atenção, o mapa da planície costeira do Rio São Francisco apresentado por COLEMAN e WRIGHT (1975), que serve de referência ao modelo de delta dominado por ondas, percebe-se que seu estabelecimento foi efetuado exclusivamente a partir de hipóteses e não de fatos reais. Deste modo, parece ser legítimo duvidar da validade deste modelo.

## VII . BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J.R.L. - 1970 - Sediments of the modern Niger delta: a summary and review. In: DELTAIC SEDIMENTATION: MODERN AND ANCIENT. Morgan, J.P. ed. Soc. Econ. Paleontologist and Mineralogist, Spec. Publ. 15:138-151.
- ARAÚJO, M.B.; BEURLEN, G.; PIAZZA, H.D.; CUNHA, M.C.C. e SANTOS, A.S. - 1975 - Projeto Rio Paraíba do Sul. Sedimentação deltaica holocênica. Petrobrás/RPB, DIREX nº 1649, DEXPRO/DIVEX, 2 vols. Rio de Janeiro.
- ARGENTO, M.S.F. - 1979 - A Planície deltaica do Paraíba do Sul: um sistema ambiental. Tese de mestrado IG/UFRJ, 225 p, Rio de Janeiro.
- ARGENTO, M.S.F. - 1982 - A Planície deltaica do Paraíba do sul: um sistema ambiental. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4, Rio de Janeiro, Atas..., Rio de Janeiro, CRCQ/SI 3: 117-134.
- BACCOLI, G. - 1971 - Os deltas marinhos holocênicos brasileiros. Uma tentativa de classificação. Bol. Técn. Petrobrás 14:5-38.
- BANDEIRA, A.N. e SUGUIO, K. - 1975 - Estudos sedimentológicos do delta do Rio Doce (Relatório único). Petrobrás. CENPES, Rio de Janeiro.

- BADEIRA, A.N.; PETRI, S. e SUGUIO, K. - 1975 - Projeto Rio Doce (Relatório final). Petrobrás, CENPES, Rio de Janeiro.
- BADEIRA, A.N.; PETRI, S. e SUGUIO, K. - 1979 - Doce river delta: an example of a "highly wave-dominated" quaternary delta on the Brazilian Atlantic coastline, State of Espírito Santo, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, São Paulo, 1978, Proceedings:275-295.
- BATES, C.C. - 1953 - Rational theory of delta formation. Amer. Assoc. Petroleum Geologist, Bull., v. 37:2119-2162.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. - 1979 - The marine formations of the coast of the State of Bahia, In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, São Paulo, 1978, Proceedings:232-253.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M.; MARTIN, L. - 1979 - Geologia dos depósitos quaternários do litoral do Estado da Bahia. Textos básicos, 1:1-21, Salvador.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; FERREIRA, Y. de A. - 1982 - Evolução do "delta" do Rio São Francisco (SE/AL) durante o Quaternário: Influência das variações do nível do mar. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4, Rio de Janeiro, CTQC/SBG, :49-68.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FERREIRA, Y. de A. - 1982 - O quaternário costeiro do Estado de Sergipe. In: CONG. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982, Breves Comunicações, Salvador, SBG, p.92.
- BLOOM, A.L. - 1971 - Glacial-eustatic and Isostatic controls of sea level since Last Glaciation. In: THE LATE CENOZOIC ICE AGES, Yale Univ. Press, TUKEKIAN, K.K. ed.: 355-379.
- BRUN, P. - 1962 - Sea-level as a cause of shore erosion. Amer. Soc. Civil Engrs. Proc., Journal of Waterways and Harbors Division 88:117-130.
- COLEMAN, J.M. & WRIGHT, L.D. - 1975 - Modern river deltas: Variability of process and sand bodies. In: BROUSSARD, M.L., ed. Delta models for exploration, Houston Geol. Soc.:99-150.
- DIAS, G.T.M. - 1981 - O complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4, Rio de Janeiro, Publ. Esp. nº 2:58-74.
- DIAS, G.T.M. e GORINI, M.A. - 1979 - Morfologia e dinâmica da evolução do delta atual do Rio Paraíba do Sul. Anais da V Semana de Geologia, UFRJ.
- DIAS, G.T.M. e GORINI, M.A. - 1980 - A baixada campista: estudo morfológico dos ambientes litorâneos. In: CONG. BRAS. GEOL., 31, Camboriú, 1980, Anais..., vol. 1: 588-602.
- DIAS, G.T.M.; RODRIGUES, M.A. e VALLADARES, C.S. - 1983 - Contribuição à evolução sedimentar dos depósitos deltaicos do Rio Paraíba do Sul (com base em foraminíferos). In: CONG. BRAS. PALEONT. Resumo das comunicações, Acad. Bras. Ciênc., Rio de Janeiro.
- DIAS, G.T.M.; SILVA, C.G.; MALSCHITZKY, I.H.; PIRMEZ, C. - 1984,a - A frente deltaica do Rio Paraíba do Sul. Fisiografia submarina e distribuição sedimentar. In: CONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984, Anais..., vol. 4:1565-1576.
- DIAS, G.T.M.; SILVA, C.G.; MALSCHITZKY, I.H.; PIRMEZ, C. - 1984,b - A planície deltaica do Rio Paraíba do Sul. Sequências sedimentares subsuperficiais. In: CONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984, Anais..., vol. 1:98-104.
- DAVIES, J.L. - 1972 - Geographical variations in coastal development. In: CLAYTON, K.M., ed. Geomorphology Text 4, New York, Longman Co. Ltd. 204 p.
- DOMINGUEZ, J.M.L. - 1983 - Evolução quaternária da planície costeira associada à foz do Rio Jequitinhonha (BA): Influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea de sedimentos. Salvador, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, 73 p.

- sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Rev. Bras. Geoc. 11(4): 227-237.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. - 1981 - Evolução paleogeográfica do delta do Rio Jequitinhonha durante o Quaternário. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO RIO NO BRASIL, 4, Rio de Janeiro, CTCQ/SBG, :69-82.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; FERREIRA, Y. de A.; FLEXOR, J. M. - 1982 - Sobre a validade da utilização do termo delta para designar as planícies costeiras associadas às desembocaduras dos grandes rios brasileiros. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982, Breves Comunicações, Salvador, SBG, p.92.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. - 1983 - O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Rev. Bras. Geoc., 13(2):98-105.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. - 1987 - Sea-level history and Quaternary evolution of river-mouth-associated beach ridge plains along the eastern/southeastern brazilian coast: a summary. In: SEA-LEVEL CHANGE AND COASTAL DEPOSITIONAL SYSTEMS ARCHITECTURE., D. NUMMEDAL, O.H. PILKEY, J.D. HOWARD ed. Soc. of Economic Paleontologists and Mineralogists (in press).
- DUBOIS, R.N. - 1976 - Nearshore evidence in support of the Bruun rule on shore erosion. Journal Geol. 84(4): 485-491.
- DUBOIS, R.N. - 1977 - Predicting beach-erosion as a function of rising water level. Journal Geol., 85(4):470-476.
- FISCHER, W.L. - 1969 - Facies characterization of Gulf Coast Basin delta system with Holocene analogues. Transaction Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. 19:239-260.
- GALLOWAY, W.E.; - 1975 - Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: BROUSSARD, M.L. ed. Delta models for exploration, Houston Geol. Soc.:87-89.
- GALLOWAY, W.E. & HOBDAY, D.K. - 1983 - Terrigenous Clastic Depositional Systems. Springer-Verlag, New York, 433 p.
- HAYES, M.O. - 1979 - Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. In: LEATHERMAN, S.P., ed. Barrier island from Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico, New York, Academic Press, :1-27.
- KING, C.A.M. - 1972 - Beaches and coasts. London, Edward Arnold, 570 p.
- KOMAR, P.D. - 1973 - Computer models of delta growth due to sediment input from rivers and longshore transport. Geol. Soc. Amer. Bull., 84(7):2217-2226.
- KOMAR, P.D. - 1976 - Beach processes and sedimentation. New Jersey, Prentice Hall Inc. 429 p.
- LARRAS, J. - 1961 - Cours d'hydraulique maritime et de travaux maritimes. Paris. DUNOD, 459 p.
- LAMEGO, A.R. - 1955 - Geologia das quadriculas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexéu. Div. Geol. Min., DNPM, Bol. 154, Rio de Janeiro.
- LE BLANC, R.J. - 1975 - Review of studies of deltaic sedimentation. In: BROUSSARD, M. L. ed. Delta models for exploration. Houston Geol. Soc.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. - 1975 - The State of São Paulo coastal marine Quaternary Geology: the ancient strandlines. An. Acad. Bras. Ciên. 47 (suplemento):249-263.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. - 1976a - Etude préliminaire du Quaternaire marin: Comparaison du littoral de São Paulo et de Salvador de Bahia (Brésil). Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Géol. VIII(1):33-47.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. - 1976b - Excursion route along the coastline between the town of Cananéia (State of São Paulo) and Guaratiba (State of Rio de Janeiro). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1, São Paulo, 1978, Spec. Publ., São Paulo, IGCP, Project 61, 97 p.

- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. - 1973 - Introdução ao estudo do Quaternário do litoral da Bahia, trecho Salvador-Ilhéus. *Rev. Bras. Geoc.*, 9(4):309-320.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. - 1979a - Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1, São Paulo, 1978, Proceedings..., São Paulo, IGCP, Project 61,:296-331.
- MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; VILAS BOAS, G.S.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; GUIMARÃES, M.M.M. - 1979b - Courbe de variation du niveau relatif de la mer au cours des 7000 dernières années sur un secteur homogène du littoral brésilien (nord de Salvador). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1, São Paulo, 1978, Proceedings..., São Paulo, IGCP, project 61,:264-274.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S. -1980a- Le Quaternaire marin brésilien (Littoral pauliste, sud fluminense et bahianais). *Cah. O.R.S.T.O.M.*, Sér. Géol., XI(1):96-125.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. - 1980b - Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia. Governo do Estado da Bahia, SMP, 2 folhas, escala 1:250.000, texto explicativo (francês e português), 57 p.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S. - 1981 - Différenciation sur photographies aériennes des terrasses sableuses marines pléistocènes et holocènes du littoral de l'état de Bahia (Brésil). Photo-interprétation, 3, fasc. 4/5, Paris.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S. - 1982 - Primeira ocorrência de corais pleistocénicos da costa brasileira: Datação do máximo na penúltima transgressão. *Ciências da Terra*, 3:16-17.
- MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L.; SUGUIO, K.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; FLEXOR, J.M. -1983- Schéma de la sédimentation quaternaire sur la partie centrale du littoral brésilien. *Cahiers O.R.S.T.O.M.*, Sér. Géol., XIII(1):59-81.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; DOMINGUEZ, J.M.L.; AZEVEDO, A.E.G. -1984- Evolução da planície costeira do Rio Paraíba do sul (RJ) durante o Quaternário: Influência das variações do nível do mar. In: CONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984, Anais..., Rio de Janeiro, SBG, v. 1:84-97.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; TESSLER, M.G. & EICHLER, B.B. - 1984 - Significado geológico das variações dos graus de arredondamento das areias holocénicas da planície costeira do Rio Paraíba do Sul. In: CONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984, Anais..., Rio de Janeiro, SBG, v.1:119-132.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; TESSLER, M.; EICHLER, B.B. - 1985 - Roundness in holocene sands of the Paraíba do Sul coastal plain, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Research*, vol. 1, nº 1:343-351.
- MC KEZ - 1939 - Some types of bedding in the Colorado river delta. *Journal of Geology*, 47:64-81.
- MOORE, G.T. & ASQUITH, D.O. - 1971 - Delta: term and concept. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 82:2563-2568.
- MORGAN, J.P. - 1970 - Deltaic Sedimentation: Modern and Ancient. *Soc. Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publ.*, 15, 312 p.
- COMINS; E. - 1967 - Depositional sequences and sand distribution in a deltaic complex. *Geologia in Mijnbouw*, 46:265-278.
- SCHWARTZ, M.L. - 1965 - Laboratory study of sea-level rise as cause of shore erosion. *J. Geol.*, 73(3):528-634.
- SCHWARTZ, M.L. - 1967 - The Bruun theory of sea-level rise as a cause of shore erosion. *J. Geol.*, 75(1):76-92.
- SCOTT, A.J. & FISCHER, W.L. - 1969 - Delta systems and deltaic deposition. Discussion Notes, Dept. Geol. Sci., Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin.

- SUGUIO, K. - 1977 - Annotated bibliography (1960-1977) on Quaternary shorelines and sea-level changes in Brazil. Contribuição do Instituto de Geociências, USP/IGCP Project 61, 35 p.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. - 1976a - Brazilian coastline quaternary formations: The States of São Paulo and Bahia littoral zone evolutive schemes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONTINENTAL MARGINS OF ATLANTIC TYPE., 1, São Paulo, 1975, proceedings..., An. Acad. Bras. Ciênc. 48 (suplemento):325-331.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. - 1976 - Presença de tubos fósseis de *Galienassa* nas formações quaternárias do litoral paulista e sua utilização na reconstrução paleoambiental. Bol. IG., Inst. Geoc., USP, 7:7-26.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. - 1978a - Quaternary marine formations of the States of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COSTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1, São Paulo, 1978, Spec. Publ. 1, São Paulo, IGCP, Project 61, 55 p.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. - 1978b - Mapas das formações quaternárias do litoral paulista e sul fluminense. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Obras e do Meio Ambiente, DAEE, 8 folhas, escala 1:100.000.
- SUGUIO, K., MARTIN, L. & FLEXOR, J.M. - 1980 - Sea-level fluctuations during the past 6,000 years along the coast of the State of São Paulo (Brazil). In: MORNER, N.A. ed. Earth rheology, isostasy and eustasy, John Wiley & Sons:471-486.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. - 1982a - Progress in research on Quaternary sea-level changes and coastal evolution in Brazil. In: SYMPOSIUM ON HOLOCENE SEA-LEVEL FLUCTUATIONS, MAGNITUDE AND CAUSES, 1981. Proceedings..., Dept. of Geology, University South Carolina: 166-181.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. - 1982b - Significance of Quaternary sea-level fluctuations for delta construction along the Brazilian coast. Geo-Marine Letters, 1(3/4):181-185.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L. - 1982 - Evolução do "delta" do Rio Doce (ES) durante o Quaternário: Influência das variações do nível do mar. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4, Rio de Janeiro, Atas..., Rio de Janeiro, CTCQ/SBG, p 93-116.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L. & BITTENCOURT, A.C.S.P. - 1984 - Quaternary emergent and submergent coasts: Comparison of the Holocene sedimentation in Brazil and southeastern United States. An. Acad. Bras. Ciênc. 56(2):163-167.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. & AZEVEDO, A.E.G. - 1985 - Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. Rev. Bras. Geoc. 15(4):273-286.
- SWIFT, D.J.P. - 1976 - Coastal sedimentation. In: STANLEY, D.J. & SWIFT, D.J.P. eds. Marine sediment transport and environmental management. Wiley Interscience Publ: 255-310.
- THOMPSON, R.W. - 1968 - Tidal flat sedimentation on the Colorado River delta, north western Gulf of California. Geol. Soc. America, Memoir 1079, 133 p.
- VAN ANDEL, T.H. - 1967 - The Orinoco delta. Journal Sed. Petrol. 37(2):297-310.
- VAN ANDEL, T.H. & L'BOREL, J. - 1964 - Recent high sea-level stand near Recife, Brazil. Science, 145:580-581.
- ZENKOVICH, V.P. - 1967 - Processes of Coastal Development. Interscience Publ. John Wiley and Sons, 738 p.