

OSCILAÇÕES OU NÃO OSCILAÇÕES: É A QUESTÃO

L. MARTIN, A.C.S.P. BITTENCOURT, J.M.L. DOMINGUEZ
Laboratório de Estudos Costeiros, PPPG, IG/UFBA, Salvador
J-M. Flexor
Departamento de Geofísica, Observatório Nacional, Rio de Janeiro
K. Sugulo
Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, IG/USP, São Paulo.

ABSTRACT

During the last 25 years, relative sea-level fluctuation curves have been delineated for several sectors of the Brazilian coast. After 5100 years BP, these curves are characterized by two high-frequency oscillations, the existence of which recently has been questioned. However several different lines of evidence strongly suggest the existence of these high-frequency oscillations.

INTRODUÇÃO

Durante os últimos 25 anos, pesquisas desenvolvidas ao longo de mais de 3000 km da costa brasileira, nos permitiram adquirir uma experiência de campo que os modelos atualmente em moda não podem substituir. Esse estudo, apoiado em inúmeras datações pelo radiocarbono, permitiu delinear as grandes linhas da evolução do litoral entre os Estados de Pernambuco e Santa Catarina. Graças à essas datações, reconstruções no espaço e no tempo de antigas posições do nível relativo do mar nos últimos 7000 anos foram efetuadas. Com base nessas reconstruções, curvas ou esboços de curvas foram traçadas. Para minimizar a influência possível de eventuais fatores locais e/ou regionais, as curvas foram geralmente construídas a partir de informações procedentes de setores limitados da costa (algumas dezenas de km), apresentando características geológicas homogêneas. Por outro lado, para também minimizar eventuais erros sistemáticos ligados à própria natureza de um indicador, o máximo de indicadores diferentes de antigas posições do nível relativo do mar foi utilizado. Com efeito, mesmo se um indicador dá uma informação unicamente sobre o sentido de variação e não uma posição exata do nível relativo do mar, essa informação não deve ser descartada. Em muito casos, um feixe de dados convergentes é preferível a uma informação isolada mesmo se essa pode, intrinsecamente, parecer melhor. Não se pode esquecer de que existem inúmeras causas de erro na definição, no espaço e no tempo, de uma antiga posição do nível relativo do mar, e de que uma idade ^{14}C , na verdade, jamais é uma idade absoluta (o efeito reservatório, variando com a temperatura da água, os restos de dois organismos que viveram na mesma época em águas de temperaturas diferentes, por exemplo, apresentarão idades ^{14}C diferentes).

O primeiro resultado dessas curvas foi de mostrar que, ao contrario do que aconteceu em outras regiões do mundo, o nível relativo do mar alcançou um nível situado 4-5 m acima do nível atual em torno de 5000 anos BP. O segundo resultado importante foi de mostrar que, depois de 5000 anos BP, aconteceram no mínimo duas oscilações importantes.

Em uma comunicação apresentada durante o XXXIX Congresso de Geologia e, em um artigo no prelo, Angulo e Lessa, utilizando reconstruções efetuadas unicamente a partir de datações de vermetídeos, questionaram a existência daquelas oscilações. Esses autores, baseando-se no fato de que geralmente "*the vermetids are widely recognized as an accurate paleosea level indicator*" consideraram que, quando as informações fornecidas pelos mesmos entram em contradição com as informações procedentes de outros indicadores, essas últimas devem ser descartadas.

Criticas feitas às atuais curvas de variações do nível relativo do mar

Angulo e Lessa (no prelo) criticam particularmente a utilização de informações procedentes dos sambaquís. Eles consideram que o postulado (baseado não só no bom-senso mas também nas observações de campo) segundo o qual os sambaquís foram construídos acima do nível da maré alta, pode ser criticado: "*Moreover, there is no supporting evidence to the fact that the shell-middens were always built above the high tide level; only the fact that it appears to be logical from our viewpoint is not enough to dispute the various possibilities that could have led an unknown culture to initiate a mound underwater. Therefore, this criteria can not be regarded as a reliable evidence for paleo-sea levels*".

Da mesma maneira, a utilização de informações procedentes das características morfológicas das planícies costeiras, foi criticada: "*The existence of particular topographic features at strandplains associated with large river mouths, can be explained by lateral spit growth or even the emergence of swash bars downdrift of the river outlets. Both processes can account for many isolated inland depressions characteristics of these wave dominated river mouths. In regard to the interruption of beach ridge formations, this could easily be explained by fluctuations in the sediment supply associated with the dynamics of the rivers mouths*" (no prelo) Se, efetivamente, pode-se imaginar que as variações da quantidade de material transportado por um rio podem explicar as descontinuidades registradas nos alinhamentos dos cordões litorâneos, qual é a explicação quando essas mesmas descontinuidades existem em uma planície sem rio como é o caso para a de Caravelas (BA)?

Por outro lado, alguns dados foram eliminados: "*It is difficult to discuss samples Bah. 630 and Bah. 445 because there is no informations about the sampling site or any indication on how the paleo-sea level was estimated. However, it is worth noting that sample Bah.630 gives a paleo-level of 2m at the time of a proposed secondary oscillation. The two datings (3160 years BP and 2970 years BP; Bah.1277 and Bah.1278) derived from samples of mollusc shells (mostly Anomalocardia brasiliana), presented by Martin et al. (1988) indicate a sea level 1 m above the present (Angulo 1993). Again, these samples indicates sea levels higher than those expected around the second oscillation (3000-2700 yearsBP)" (Angulo e Lessa, no prelo). Parece pelo menos inconveniente eliminar as informações fornecidas pelas amostras Bah.630 e 445, alegando como pretexto que não se conhece a maneira segundo a qual a amostragem e a reconstrução do nível do mar foram efetuadas (a informação existe é só procurar...). Da mesma maneira, não se entende porque as idades não são acompanhadas das margens de erro. Com a indicação desse erro, a amostra Bah.630, que é testemunho de um antigo nível do mar situado a $2,0 \pm 0,4$ m acima do nível atual e que foi datado de 3780 ± 110 anos BP (entre 3890 e 3670 anos BP), não está de maneira nenhuma em contradição com a existência de um nível do mar a $3,0 \pm 0,4$ m acima do nível atual em torno de 3600 anos BP. Da mesma maneira, as amostras Bah.1277 e 1278, datadas de 3160 ± 170 e 2970 ± 150 anos BP, respectivamente, estão perfeitamente de acordo com um nível relativo do mar situando-se no mínimo 1 m acima do nível atual.*

Entim, alguns dados foram mal interpretados: "*Reference to Pleistocene barrier/strandplain were only made in studies of the large beach ridge plains associated with river mouths (Dominguez et al., 1981 ; Martin et al. 1984b ; Silva, 1987). Again accepting the occurrence of the secondary sea level oscillations, these investigations suggest that the 3500 years transgression would have either left a third generation of strandplains...*" (Angulo e Lessa, no prelo). De maneira nenhuma, a descrição de "*Pleistocene barrier/strandplain*" ficou limitada apenas às planícies costeiras localizadas nas desembocaduras de rios importantes. Por outro lado, nunca foi escrito que a transgressão de 3600 anos BP tinha deixado uma terceira geração de terraço. Na realidade, o que foi dito é que se podia diferenciar, particularmente na planície do Rio Jequitinhonha, três gerações de terraços holocênicos. Por outro lado, não entendemos como a argumentação seguinte pode ser utilizada para negar a existência de oscilações: "*The existing proposal of secondary sea level oscillations along the Brazilian coast in the late Holocene has caused problems in the interpretation of the coastal geomorphology, especially due to the promise that such oscillations*

would be able to develop new strandplain or barrier/lagoon systems. Given the existence of these sea level oscillations, a numerical model suggested that the morphological response of the shoreline would more likely be a beach terrace encroached against the pre-existing barrier than another barrier/lagoon system" (Angulo e Lessa, no prelo). Na realidade, nunca foi escrito por nós que as oscilações secundárias provocavam necessariamente a formação de um novo sistema ilha-barreira/laguna. Pelo contrario, um de nós (L.M.) encontrou a maior dificuldade para fazer aceitar, por alguns pesquisadores (utilizadores das curvas de variações do nível do mar) que, entre Niterói e Cabo Frio, a "Restinga interna" era de idade pleistocênica e que todo o Holoceno era concentrado na "Restinga externa". Na cartografia que fizemos da planície costeira do Paraná, esse tipo de estrutura não aparece e, portanto, não gerou nenhuma dificuldade de interpretação. Entretanto, a nossa experiência de campo mostrou que, em certas condições, isto podia acontecer.

Curiosamente, alguns artigos importantes, pertinentes ao assunto, particularmente os publicados em revistas estrangeiras, não são citados.

Porque as informações fornecidas pelos sambaquís não podem ser sumariamente descartadas.

Estamos convencidos de que os sambaquís não podem fornecer informações precisas sobre a posição do nível do mar. Entretanto, podem fornecer indicações indiretas muito valiosas sobre o limite superior e o sentido das variações do nível do mar. O estudo dos sambaquís de uma planície costeira (Cananéia, Paranaguá ou Guaratuba, por exemplo) mostra que eles não foram construídos de qualquer maneira e em qualquer posição. Por outro lado, as escavações arqueológicas no Sambaquí de Maratúá (planície costeira de Santos), cuja base se encontra mais baixa que o nível atual do mar, não mostram que a sua construção poderia ter iniciada na água. Por outro lado, nesse tipo de indicador, não se pode utilizar um dado único mas, ao contrario, é preciso utilizar-se um conjunto de dados complementares. Por exemplo, Angulo e Lessa (no prelo) utilizam unicamente uma parte da informação existente em Martin *et al.* (1987): "In the Bogaçu River Martin *et al.*, 1987 dated mollusc shells from a shell-midden whose base is presently underwater. The shells were collected at the present MSL, and dated at 3920 years BP (Bah. 1272) suggesting that the sea level was below the present elevation by that time". A eliminação de uma parte da informação pode reforçar a hipótese de um afundamento do sambaquí. No artigo de Martin *et al.* (1987) está escrito: "Two shell-middens from Rio Bogaçu (Baía de Guaratuba, State of Paraná), corresponding to n° 50 et n° 51 of Bigarella (1950), supplied with very interesting additional data. The shell-midden n°51 reposes on an island formed of lagoonal deposits. At the river margin shell-midden has been eroded, showing that in this place its substrate is submerged (below present sea level). Mollusc shells collected at present sea-level have been dated as 3920±190 years BP (Bah. 1272). The $d^{13}C$ (PDB) value of these shells was -3.56‰. The shell-midden n° 50 is located about 1200 m from n° 51, and is situated on lagoonal deposits whose summit is about 1.3m above the present level. Mollusc shells sampled from the lower portion (not on the base) of the shell-midden were dated as 3290±190 years BP (Bah.1273), and $d^{13}C$ (PDB) value was - 0.6‰. This value is clearly less negative than that of n° 51. Flexor *et al.*, (1979) demonstrate that $d^{13}C$ (PDB) value is a good indicator for lagoonal oscillations; thus, it is possible to conclude that about 3300 years BP the land influence was much less important than about 3900 years BP and, consequently, the lagoon was larger and the relative sea-level higher in the former case than in the latter case. So, a sea-level rise was produced between 3900 and 3300 years". Para demonstrar a existência de um baixo nível em torno de 3900 anos BP, além do fato de que a base do sambaquí se encontra hoje em dia a um nível inferior ao do mar, uma convergência de dados foi igualmente utilizada. Duas amostras de conchas da parte central do Sambaquí de Maratúá, datadas de 3925±145 anos BP (Bah.382) e 3865±95 anos BP (Io.9185), confirmaram de maneira notável a existência desse mesmo baixo nível.

Da mesma maneira, as informações procedentes do Sambaquí de Pedra Oca, localizado na margem da Baía de Todos os Santos (BA), confirmaram a existência

de um baixo nível do mar em torno de 2800 anos BP, já evidenciado pela datação de 2815±100 anos BP (Bah.617) de conchas coletadas em um arenito de praia. Atualmente, a base do sambaquí (em grande parte destruído) encontra-se a 0,8m acima do nível da maré alta. Entretanto, vestígios da parte destruída mostram que essa podia estar situada mais baixo do que o nível da maré alta. Conchas da base foram datadas de 2830±130 (Bah.542) e 2630±110 (Gif.878). Estando a base do sambaquí assentada sobre uma antiga praia arenosa e arenitos do Cretáceo, a hipótese de um afundamento pode ser descartada. Por outro lado, vermetídeos e conchas (coletados a algumas dezenas de metros do sambaquí), testemunhando um antigo nível marinho a 3,0±0,5 m acima do nível atual, foram datados de 3030±120anos BP (Bah.542) e 3100±120 anos BP (Bah.540), respectivamente, o que permite eliminar a possibilidade de um afundamento tectônico.

Poderíamos citar inúmeros outros exemplos.

Porque as informações fornecidas pela morfologia das planícies costeiras não podem ser sumariamente descartadas.

Um exame da superfície dos terraços holocênicos das planícies costeiras dos rios Paraíba do Sul, Doce e Jequitinhonha mostra a existência de importantes descontinuidades nos alinhamentos de cordões litorâneos. Uma análise detalhada dessas descontinuidades (Dominguez *et al.*, 1987; Martin e Suguio, 1992; Martin *et al.*, 1993) mostra que algumas são restritas a setores da costa apresentando características particulares e, outras, são muito mais generalizadas. A origem dessas descontinuidades foi imputada à alternância de fases de construção e erosão em consequência de períodos de elevação do nível relativo do mar (descontinuidades generalizadas) e de inversão da direção do transporte litorâneo (descontinuidades localizadas). Na planície costeira do Rio Doce, reconstruções paleogeográficas permitiram identificar de maneira precisa dois períodos de elevação do nível do mar. Durante o primeiro período, uma parte da antiga laguna foi reocupada. Um testemunho de 5,5 m de comprimento coletado nessa zona mostra a superposição de duas seqüências lagunares com sedimentos fluviais entre as duas. Conchas da seqüência lagunar inferior foram datadas de 6020±200 anos BP (Bah.950) enquanto que conchas da seqüência lagunar superior foram datadas de 3500±150 anos BP. As reconstruções paleogeográficas efetuadas na planície costeira do Rio Jequitinhonha mostraram a existências de duas paleo-desembocaduras e de três gerações distintas de terraços arenosos holocênicos. A segunda desembocadura apresenta características nítidas de afogamento. Parece muito claro que as duas mudanças da posição da foz do rio aconteceram por ocasião dos dois períodos de elevação do nível do mar e que as três gerações de terraços arenosos foram construídas durante os períodos de abaixamento do nível do mar. Quinze datações, efetuadas sobre material procedente da terceira geração, deram idades sempre inferiores a 2500 anos BP. Ao norte da foz do Rio Paraíba do Sul, a segunda e a terceira gerações de terraços arenosos holocênicos são separadas por uma zona baixa antigamente lagunar. Conchas desse material lagunar foram datadas de 2530±170 anos BP (Bah.1098) e 2490±170 anos BP (Bah.1261).

O que mostra a curva construída a partir dos vermetídeos

Examinando essa curva, nota-se imediatamente que os pontos são bastante disseminados e que as reconstruções de antigas posições do nível do mar não são muito coerentes. Assim, em torno de 2800-2700 anos BP, existem vários pontos indicando posições do nível do mar bastante diferentes. Pode-se fazer duas interpretações : (a) os vermetídeos são indicadores menos precisos que se pretende; (b) as reconstruções superpostas entre 0,75m e 2,20 m podem perfeitamente indicar

uma s
figuran
pareci
diferen
essa lí
essa c
Até po
não se
vermitia
hemispl
maximu
variaçã
com as
lado, p
embuti

CONC

C
até o
perigo
feitas
que é
consti
apres
ajuste
curva
natur
de va
linear

oscila
da e
dúvic
cient

REF

ANC

ANC

DOI

FLI

uma subida do nível do mar em torno de 2800-2700 anos BP. Finalmente, a linha figurando o "new trend" para as variações do nível do mar no Brasil é bastante parecida com a curva média que várias vezes utilizamos para esquematizar a diferença entre as variações do nível do mar no Brasil e nos Estados Unidos. Que essa linha seja "a 4th ordem polinomial best fit" não acrescenta nada e não é por isto que essa curva é mais confiável que qualquer outra que se pode desenhar manualmente. Até pode-se perfeitamente desenhar uma curva com duas ou mais oscilações. Enfim, não se pode utilizar para validar essa curva o fato que: "The new trend suggested by the vermetid sea level curve is more similar to the trends detected in other coastal regions of the southern hemisphere, where a smooth decline of sea level is observed after the Holocene post-glacial sea level maximum" (Angulo e Lessa, no prelo). De um lado, porque não se pode comparar as variações do nível relativo do mar nos últimos 7000 anos ao longo da costa do Brasil com as mesmas variações em uma ilha do meio do Pacífico, por exemplo. Por outro lado, porque as curvas em referência são esquemáticas demais para não apresentar, embutidas no seu traçado, falsas similitudes.

CONCLUSÃO

O fato de se escolher um único indicador de nível marinho (mesmo se ele foi até o momento reconhecido como o melhor) em detrimento de outros nos parece perigoso. É muito provável que reconstruções de antigas posições do nível do mar feitas a partir dos vermetídeos não conseguirão ir além de curvas médias. Acontece que esse tipo de curva não permite evidenciar as variações secundárias que constituem uma característica dos fenômenos naturais. As variações do nível do mar apresentam um carácter não-linear (Turcotte 1990; Petit-Maire 1991). Portanto, o ajuste feito numa nuvem de pontos, indicativos de antigos níveis marinhos, por uma curva elegantemente euclidiana, constitui uma abstração da realidade, por escapar à natureza do fenômeno. O comportamento estocástico (com flutuações) das curvas de variações do nível do mar é, fundamentalmente, um atributo dos sistemas não-lineares.

Ao contrário de Hamlet cujo o problema era de "ser ou não ser", para nós, entre oscilações e não oscilações, não há hesitações. A convergência dos dados em favor da existência de no mínimo duas oscilações, são grandes demais para se ter dúvidas. Como o Dr. N.A. Morner sagazmente declarou durante um congresso científico: "Existe mais que simples coincidências".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO, R.J. ; LESSA, G. 1996. The Brazilian sea level curves : a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. In : XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador. Anais, vol. 5 : 285-288.
- ANGULO, R.J. ; LESSA, G. 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia region. *Marine Geology* (no prelo).
- 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 : D. Nummedal, O.H. Pilkey and I.D. Howards eds. *Sea-level Changes and Coastal Depositional Systems Architecture*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. 41 : 115-127
- FLEXOR, J.M. ; MARTIN, L. & SUGUIO, K. 1979. Utilisation du rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ comme indicateur d'oscillations lagunaires. In: K. Suguio, T. Fairchild, L. Martin and J.M. Flexor eds. *Proceedings 1978 International Symposium on Coastal evolution in the Quaternary*, IGCP 61, São Paulo : 356-375.

- MARTIN, L. & SUGUIO, K. 1992. Variation of coastal dynamics during the last 7,000 years recorded in beach-ridge plains associated with river mouths : example from the central Brazilian coast. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 99 : 119-140.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. ; FLEXOR, J.M. 1987. Relative sea-level reconstruction during the last 7,000 years along the states of Paraná and Santa Catarina coastal plains: additional informations derived from shell-middens. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, vol. 4 : 319-236.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. ; FLEXOR, J.M. 1993. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de "deltas" brasileiros. *Bol. IG/USP*, Publ. Esp. nº 5 : 186 p.
- PETIT-MAIRE, N., 1994. The role of Earth Science in the anticipation of future climatic change. *Ciências e Cultura*, 43 : 130-136.
- TURCOTTE, D.L. Implications of chaos, scale-invariance, and fractal statistic in geology. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 89 : 301-308.

CARA
PARA

MIHÁL
(1) Pós

ABST

T
State
done
correla
The gr
This fa
to con
show
freque

a prai
Deser
a pra
extre
latera

praias
te es
pesar
de cc

sepa
ao c
Praia
que
praia

prov
de a
sent
NE
inve

cole
linh

solt
gra
cál

int
do
dis
de

Martin Louis, Bittencourt J., Dominguez J.M.L. (1997)

Oscilações ou não oscilações a questão

In : Congresso da associação brasileira de estudos do quaternário e reunião sobre o quaternário da América do Sul : resumos expandidos. São Paulo : ABEQUA, 99-104

Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e Reunião Sobre o Quaternário da América do Sul, 6., Curitiba (BRA), 1997/07/27-1997/08/03