

## SOBRE A UTILIZAÇÃO DA RAZÃO C<sup>13</sup>/C<sup>12</sup> NO ESTUDO DA ORIGEM DOS ARENITOS DE PRAIA DA REGIÃO DE SALVADOR (BAHIA)

Jean-Marie Flexor\* (+)

\* Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Instituto de Física,  
Universidade Federal da Bahia, Pesquisador CNPq.

Louis Martin\*\*

\*\* Missão ORSTOM (França) e Laboratório de Física Nuclear Aplicada,  
Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia.

(+) Bolsista Pesquisador do CNPq.

### ABSTRACT

There are two major theories concerning the origin of beach-rock cement. In the first, the source of beach-rock cement is derived from carbon species dissolved in seawater. The second theory suggest fresh waters highly charged with CO<sub>2</sub> and saturated in CaCO<sub>3</sub>, lost their CO<sub>2</sub> causing carbonate crystallization. Studies of beach-rocks on the island of Itaparica (Bahia, Brazil), (Campos, 1976), has shown that these two mechanisms coexists. In fact, measurements of C<sup>13</sup>/C<sup>12</sup> isotopic ratio in a beach-rock under cementation has shown δ<sup>13</sup>C = +1,3 ‰ (PDB). However, C<sup>13</sup>/C<sup>12</sup> measurements of cement from another contemporary beach-rock located in a holocenetic terrace under cocopnut vegetation has shown δ<sup>13</sup>C values = -9,0 ‰ (PDB). This indicates that some cement was formed from marine carbon while others include C<sup>13</sup> typical of fresh water. Isotopic measurements in fossil beach-rocks of Salvador region (Bahia) has shown C<sup>13</sup>/C<sup>12</sup> ratios to be near δ<sup>13</sup>C = +3 ‰ (PDB). This result eliminates second process for these fossil beach-rocks. An emersion of sands after their deposition is not necessary to explain the cementation process. This situation thus eliminates the possibility of dating negative oscillations of relative sea level by dating the cement of beach-rocks in this region.

### I. GENERALIDADES

O litoral do nordeste do Brasil, é notadamente o do Estado da Bahia é caracterizado pela existência de importantes formações de arenitos de praia (LABOREL, 1987). Um estudo sedimentológico (granulometria e estruturas sedimentares) indica que as areias que através do processo de cimentação irão formar os arenitos de praia, não se depositam exatamente na mesma zona da praia. Com efeito, conhecem-se arenitos de alta, de baixa e até mesmo de ante-praia. A determinação da zona do depósito permitirá reconstituir com uma precisão da ordem de ± 0,5m, a posição do nível médio do mar. A datação pelo radiocarbono das conchas contidas nestes arenitos permitirá obter a idade aproximada do depósito. Entretanto, não se deve esquecer que as conchas contidas nos arenitos de praia não estão, na maioria dos casos, na posição em que se desenvolveram. As idades que indicarão poderão ser ligeiramente mais antigas do que a época de deposição. Por outro lado quase sempre se pode escolher conchas em perfeito estado de preservação, o que permite saber por que o período de vida dos moluscos e a época de fossilização de suas conchas foram muito próximos. Pode-se pois definir os arenitos de praia no tempo com respeito ao presente e no espaço com relação ao nível médio atual do mar, reconstruindo a posição do nível médio no momento da deposição. Assim, pode-se constatar que os arenitos de praia encontrados na franja litoral se depositaram em períodos de antigos níveis marinhos superiores ao nível atual.

ORSTOM Fonds Documentaire

880

Nº: 41907 ea 1

17 JUL 1995

Cote: B

## II. VARIÇÕES DO NÍVEL MÉDIO RELATIVO DO MAR DURANTE OS ÚLTIMOS 7.000 ANOS NO SETOR DE LITORAL CONSIDERADO

Um certo número de datações através do  $C^{14}$  de amostras de vermetídeos, algas calcárias e corais situados acima da zona atual de vida destes mesmos organismos assim como conchas coletadas em formações transgressivas, permitiram reconstruir antigas posições do nível médio relativo do mar.

A partir destes dados uma curva de variação do nível médio relativo do mar no decorrer dos últimos 7.000 anos pôde ser construída (MARTIN, FLEXOF, VILAS BOAS e BITTENCOURT, 1978) (Fig. 2).

Esta curva indica que as variações do nível médio relativo do mar foram as seguintes:

- o nível zero (nível médio atual do mar) foi interceptado pela primeira vez por volta dos 7.000 anos B.P.;
- ao redor de 5.200 anos B.P., o nível médio relativo do mar passou por um máximo situado a  $4,6 \pm 0,5m$  acima do nível atual;
- por volta dos 3.900 anos B.P., o nível médio relativo do mar passou por um mínimo;
- por volta dos 3.500 anos B.P., o nível médio relativo do mar passou por um segundo máximo, situado a mais de  $3m$  acima do nível atual;
- ao redor dos 2.700 anos B.P., o nível médio relativo do mar passou por um segundo mínimo que devia ser próximo ou inferior ao nível atual;
- por volta dos 2.400 anos B.P., o nível médio relativo do mar passou por um terceiro máximo situado acima do nível atual do mar;
- após esta data, o nível médio relativo do mar retornou progressivamente para o nível atual.

O nível médio relativo do mar foi então superior ao nível atual no decorrer dos últimos 7.000 anos, salvo durante dois curtos períodos onde deve ter sido ligeiramente inferior.

Foram datadas pelo  $C^{14}$  as conchas de quatro bancos de arenitos de praia de grandes dimensões, o que permitiu conhecer aproximadamente a época de deposição das areias (Tabela I). Um estudo de suas estruturas sedimentares permitiu reconstruir a posição do nível médio do mar nesta época. As antigas posições do nível do mar assim definidas estão completamente de acordo com a curva de variação.

Pode-se constatar que as areias destes arenitos de praia se depositaram em período transgressivo. Após o depósito das areias, o nível do mar continuou a se elevar e estas ficaram recobertas permanentemente pelo mar até a época do primeiro mínimo de 3.900 anos B.P. onde ficaram emersas. A cimentação destas areias parece ter podido se efetuar em duas épocas distintas. Ou esta ocorreu na época do depósito durante a fase transgressiva ou então esta se produziu durante a primeira emersão dos depósitos quando da primeira fase negativa do nível médio relativo do mar. É possível tentar datar o cimento para saber no decorrer de qual dos dois períodos a cimentação ocorreu. Por outro lado a razão  $C^{13}/C^{12}$  do cimento permitirá saber se esta cimentação produziu-se em meio marinho ou em meio continental.

## III. TEORIAS SOBRE A CIMENTAÇÃO DOS ARENITOS DE PRAIA

Para certos autores, a fonte do cimento consistiria nos carbonatos dissolvidos na água do mar. Para outros, o cimento proviria de carbonatos dissolvidos pela água doce. O valor da razão  $C^{13}/C^{12}$  deveria permitir abordar o problema da origem marinha ou continental do cimento. O mecanismo da cimentação foi explicado de várias maneiras. Assim GINSBURG (1953) e KAYE (1959) explicam a cimentação dos arenitos de praia pela evaporação da água do mar intersticial que impregna as areias. Esta evaporação provocaria a precipitação e a cristalização dos carbonatos contidos na água do mar. Isto implica que as areias sejam situadas na zona inter-maré ou até mesmo na parte alta da praia. BRANNER (1904) e RUSSEL (1963), entre outros autores, explicam a cimentação a partir da cristalização dos carbonatos contidos na água doce.

Eles decompõem o mecanismo em duas fases: a) a água doce dissolve uma parte dos carbonatos de cálcio contidos nos terraços marinhos e se transforma em solução saturada; b) esta solução saturada percola em direção da praia onde o processo de evaporação determina a precipitação dos carbonatos dissolvidos. Este mecanismo implica na presença de um terraço arenoso contendo carbonatos na parte superior à praia que deverá ser cimentada. Entretanto, os bancos de arenitos de praia próximos ao Rio Vermelho e ao Hotel Meridien se apoiam contra uma falésia do cristalino. É evidente que neste caso, este mecanismo não pode funcionar. Poder-se-ia igualmente prever um processo de dissolução seguido de uma precipitação ligada às variações do lençol aquífero. Este mecanismo só poderia se verificar no caso de um terraço marinho emerso.

Na Ilha de Itaparica (Baía de Todos os Santos); CAMPOS (1976) efetuou medidas da razão isotópica  $C^{13}/C^{12}$  sobre dois tipos de arenitos conchíferos. O primeiro situa-se na parte baixa da zona de alta praia. Está em via de cimentação (Idade  $C^{14}$ :  $130 \pm 90$  anos B.P.) e está pouco consolidado. A razão isotópica  $C^{13}/C^{12}$  de cimento é (\*)  $\delta^{13}C = +1,3\%$  (PDB).

$$(*) \quad \delta^{13}C = \frac{(C^{13}/C^{12})_A - (C^{13}/C^{12})_P}{(C^{13}/C^{12})_P} \times 1000, \text{ onde A: amostra e P: padrão}$$

PDB: padrão internacional de referência. Carbonato fóssil do Cretáceo: Belemmitella Americana, da formação Pee Dee da Carolina do Norte (USA)

Isto indica que a fonte dos carbonatos do cimento são os carbonatos dissolvidos na água do mar, já que a cimentação se produz atualmente na parte inferior da zona de alta praia pode-se pensar que o mecanismo de cimentação por evaporação da água do mar impregnando as areias é válida neste caso particular. O segundo tipo de arenito encontra-se incluso num terraço arenoso marinho coberto por um coqueiral, aflorando no meio de uma pequena falésia formada pela erosão da costa neste local. O valor da razão  $C^{13}/C^{12}$  é  $\delta^{13}C = -9,0\%$  (PDB), o que indica uma origem continental indiscutível para os carbonatos do cimento. Levando em conta a posição destes arenitos no meio de um terraço arenoso, pode-se pensar que a cimentação, muito recente (idade  $C^{14}$  do cimento:  $515 \pm 115$  anos B.P.), efetuou-se em ligação com as oscilações do nível do lençol aquífero. Esta cimentação ocorreu num ambiente particularmente rico em detritos orgânicos. Pode-se pois inferir que durante a estação chuvosa, a água doce ácida impregnou estes detritos e dissolveu uma parte dos carbonatos. Ao contrário, durante a estação seca, o nível do lençol baixou e uma parte dos carbonatos dissolvidos se cristalizou e cimentou os grãos.

#### IV. MEDIDAS EFETUADAS SOBRE OS ARENITOS A NORDESTE DE SALVADOR

A primeira observação que pode ser feita é que todos os valores de  $\delta^{13}C$  são nitidamente positivos (Tabela II). Este resultado indica que a fonte do cimento consistiu nos carbonatos dissolvidos na água do mar. A segunda observação que pode ser feita é que as idades  $C^{14}$  dos cimentos são bastantes dispersadas enquanto que as areias se depositaram em épocas próximas. Daí decorre a questão da validade das datações dos cimentos. Com efeito não se pode saber se a cimentação foi rápida ou se estendeu durante um longo período. Neste último caso, a datação  $C^{14}$  integraria toda uma série de idades. Por outro lado, apesar das precauções tomadas, não se tem a certeza de datar somente o cimento: fragmentos microscópicos de conchas são facilmente distinguíveis do cimento químico propriamente dito. É preciso pois considerar estas idades com a maior precaução. Admitindo que estas idades sejam válidas, é preciso também admitir que a cimentação de B137, B135 e B132 (Tabela II) se realizou debaixo d'água. Por outro lado, parece também bastante difícil de compreender como as areias ainda não cimentadas tenham podido resistir a duas fases transgressivas no decorrer das quais o nível do mar foi nitidamente superior ao nível atual. Assim, tomando o caso do banco de arenito do Hotel Meridien (B 137), parece improvável, senão impossível, que as areias depositadas por volta de 6.800 anos B.P., soamente tenham sido cimentadas ao redor de 2.300 anos B.P. Com efeito, este banco está encostado numa falésia do cristalino e se situa na zona inter-maré. Também é certo que durante as duas pequenas fases transgres-

sivas de 3.500 e 2.400 anos B.P., respectivamente, o mar chegou igualmente ao sopé do cristalino. Nestas condições não se pode entender como as areias não teriam sido remanejadas.

Parece pois lógico pensar que a cimentação ocorreu antes da segunda fase transgressiva. Neste caso, ou ela se realizou no momento do depósito em fase transgressiva, ou então ela se efetuou no decorrer da pequena regressão que precedeu o primeiro mínimo. O valor obtido para o  $\delta^{13}C$  do cimento se opõe a uma cimentação através de carbonatos dissolvidos nas águas doces durante uma emergência das areias. Além do mais, a espessura dos bancos de arenito atingindo vários metros, parece lógico pensar que a cimentação tenha ocorrido de baixo para cima. O depósito tendo sido formado em fase transgressiva, pode-se supor que a medida que o nível do mar se elevava e que as areias se depositavam, estas últimas iam se cimentando. Uma cimentação no decorrer de uma vez regressiva parece ser mais difícil de admitir. Com efeito, uma vez cimentada a parte superior do depósito, seria muito mais difícil que a cimentação viesse a prosseguir para baixo.

## V. CONCLUSÕES

É possível conhecer com relativa facilidade a idade de um depósito de arenito de praia e a posição do nível médio relativo do mar no momento da deposição. Por outro lado, a idade dos cimentos é de pouca ou nenhuma credibilidade. Com efeito, as idades do cimento dos arenitos depositados em condições idênticas e no mesmo período são muito dispersadas e são incompatíveis com as condições locais. No caso particular dos bancos de arenitos estudados neste trabalho, os valores da razão isotópica  $C^{13}/C^{12}$  mostram que o cimento provém dos carbonatos dissolvidos na água do mar. A cimentação não poderia ter ocorrido durante uma fase regressiva, durante a qual as areias teriam ficado emersas. Esta constatação elimina a possibilidade de datar oscilações negativas do nível médio relativo do mar datando o cimento dos arenitos de praia (admitindo que tais datações sejam válidas). No caso particular dos bancos de arenitos estudados neste trabalho, tudo parece indicar que a cimentação ter-se-ia iniciado no momento da deposição das areias em fase transgressiva.

## VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as facilidades recebidas através do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica da UFBA (Convênio FINEP-303/CT), assim como o auxílio do CNPq (Processo nº 2222.0006/77) para o estudo das variações do nível do mar nas costas do Estado da Bahia.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- BRANNER, J. - 1904. The stone reefs of Brazil, their geological and geographical relations with a chapter on the corals reef. Bull. Mus. Comp. Zool. Cambridge, 44-(Geological series, 7, 285p. 99 pls.
- CAMPOS, H.S. - 1976. Estudo das variações  $C^{13}/C^{12}$  e  $O^{18}/O^{16}$  em ambientes de formação de rochas de praia na Ilha de Itaparica-Bahia. Tese de Mestrado - PPG - Universidade Federal da Bahia (mimeogr.), 55p.
- GINSBURG, R.N. - 1953. Beachrock in South Florida. J. Sed. Petrology V 23, p. 85-92.
- KAYE, C.A. - 1959. Shoreline features and Quaternary Shorelines changes - Puerto Rico. U.S. Geol. Survey. Prof. Paper 317 B, p. 49-140.
- LABOREL, J. - 1967. Les peuplements de Madréporaires des côtes tropicales du Brésil. Thèse Docteur - ès - Sciences. Université Aix-Marseille (France).
- MARTIN L., FLEXOR J.M., VILAS-BOAS G. e BITTENCOURT A. - 1978. Curve of variation of the relative sea level during the last 7000 years in a homogeneous section of the Brazilian coast (north of Salvador). 1978 - International Symposium on coastal evolution in the Quaternary - São Paulo (Annals).
- RUSSEL, R.J. - 1963. Beachrock. Jour. Tropical Geogr. V.17, p. 24-27.

TABELA I

Idades  $C^{14}$  da deposição dos arenitos de praia da região de Salvador (BA)

Número Amostra	Local	Idades $C^{14}$ (anos B.P)	Ref. Laboratório	Posição do nível fóssil c/respeito ao nível atual
B 120	Hotel Meridien	6880 ± 120	Bah - 586	+ 0,7(± 0,5) m
B 25	Rio Vermelho	6610 ± 180	Bah - 510	+ 1,7(± 0,5) m
B 131	Arembepe (1)	6515 ± 130	Bah - 501	+ 1,8(± 0,5) m
B 54	Arembepe (2)	5940 ± 150	Bah - 533	+ 2,0(± 0,5) m

TABELAS II

Idades  $C^{14}$  da deposição, idades  $C^{14}$  e razão  $C^{13}/^{12}$  do cimento, dos arenitos de praia da região de Salvador (BA).

Número Amostra	Local	Idades $C^{14}$ da deposição (anos B.P.)	Idades $C^{14}$ do cimento (anos B.P.)	Razão $C^{13}/C^{12}$ ( $\delta^{13}C$ ‰ PDB)
B 137	Hotel Meridien	6880 ± 120	2335 ± 125	+ 3,41
B 135	Rio Vermelho	6610 ± 180	4890 ± 145	+ 3,58
B 132	Arembepe (1)	6515 ± 130	3240 ± 130	+ 2,88
B 134	Arembepe (2)	5940 ± 150	2075 ± 120	+ 3,56

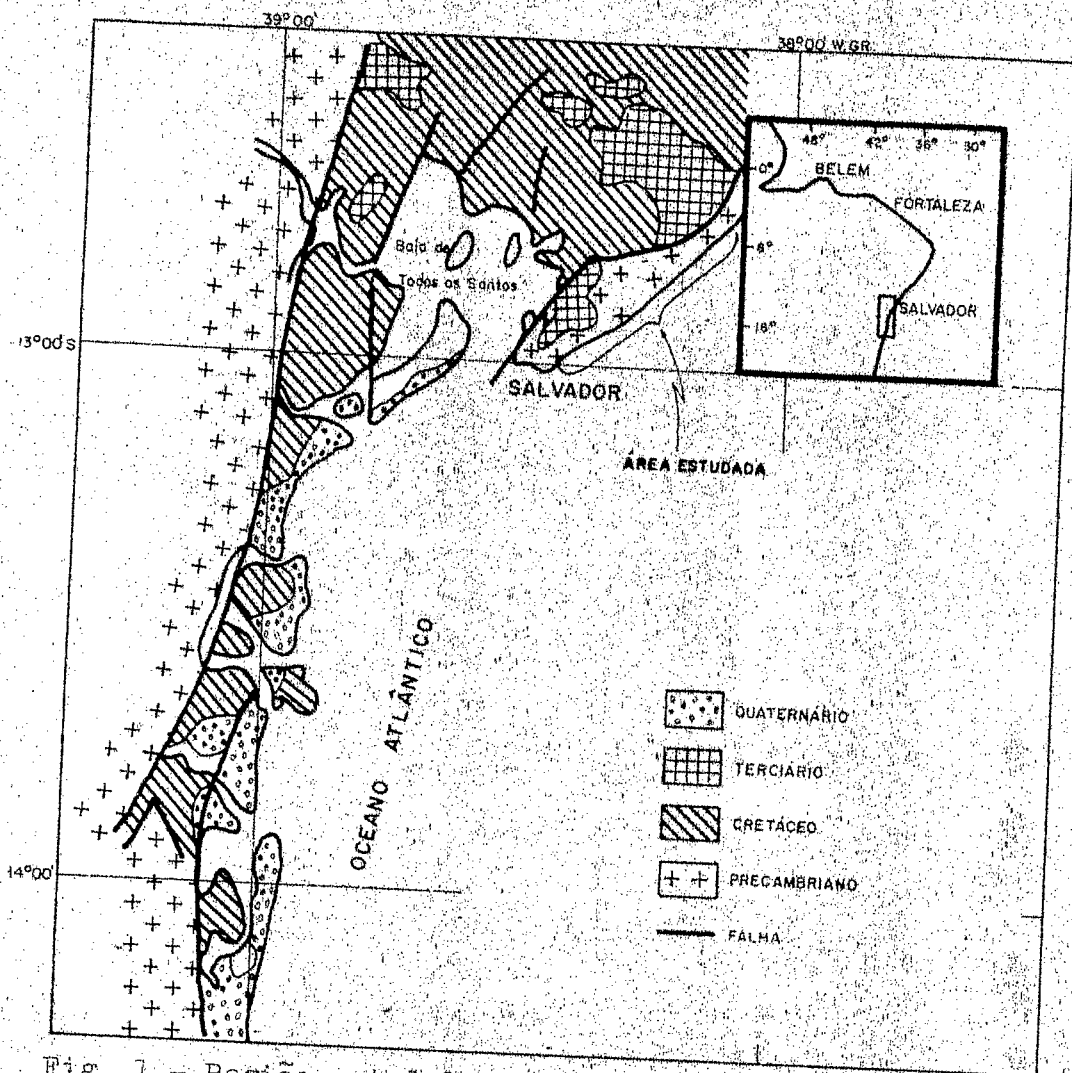


Fig. 1 - Região estudada.

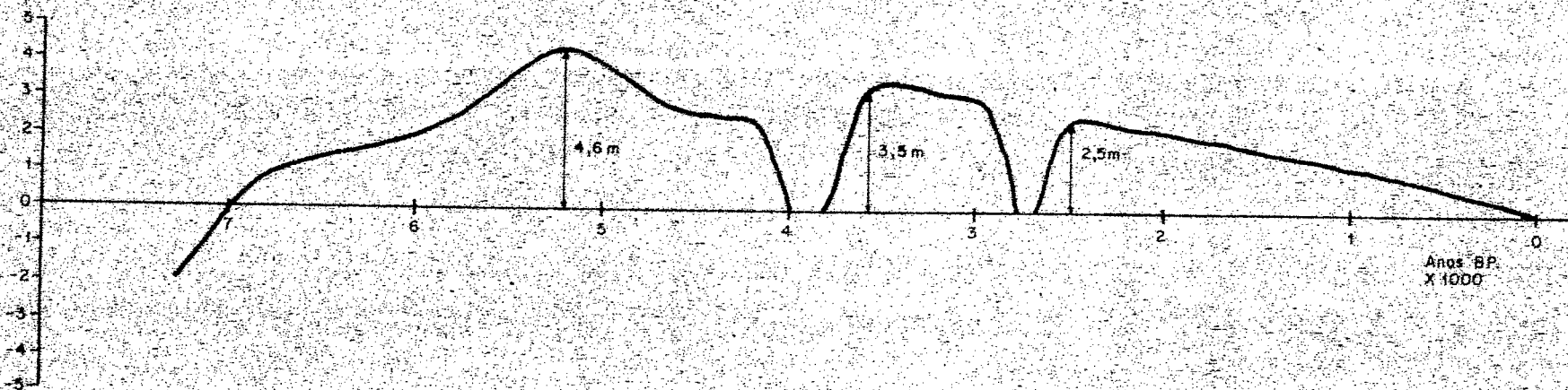


Fig 2 - Curva de variação do nível relativo do mar.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

**ANAIS  
DO  
XXX CONGRESSO**

Volume 2



RECIFE - 1º DE NOVEMBRO / 1978