

BARREIRAS E FLECHAS LITORÂNEAS NO ESTADO DO CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL

Vanda de Claudino-Sales¹; Jean-Pierre Peulvast².

¹Doutor em Géographie et Aménagement. Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza- Ce e-mail: yvc@ufc.br

²Doutor d'État em Géographie. UFR de Géographie-Université Paris-Sorbonne et OrsayTerre, Université Paris- Sud, Paris, France e-mail : peulvast@geol.up-sud.fr

RESUMO

Ainda que representando formas freqüentes na zona litorânea do Estado do Ceará, aonde ocupam cerca de 14% da área total, as barreiras (barriers, barrières), ilhas-barreiras (barrier-islands, Iles-barrières,) e flechas litorâneas (spits, flèches littorales) não foram até o momento objeto de nenhum estudo específico, nem mesmo de identificação morfológica. Elas representam diferentes tipos de depósitos litorâneos subaéreos, em geral com extensões superiores a 1 km e largura da ordem de algumas centenas de metros. O estudo aqui apresentado, de caráter geomorfológico e pioneiro, permite classificá-las como « barreiras de pequenas dimensões » (small barriers), majoritariamente representadas pelos tipos (1) formadas pela energia de ondas e (2) formadas pela energia de ondas e correntes litorâneas. No entorno das desembocaduras fluviais, no entanto, elas se apresentam (3) condicionadas também pelos fluxos fluviais e correntes de marés.

ABSTRACT

Barriers are important landforms of the littoral area of Ceará State, Northeast of Brazil, where they occupy around 14% of the 577 km of its extension. In spite of this importance, such forms – represented by barriers (barrières, barreiras), barrier islands (Iles-barrières, ilhas-barreiras) and spits (flèches littorales, flechas litoraneas) have not been studied until the present. The subaerian littoral deposits are locally generally no longer than 1 km and no larger than few hundred of meters. The present study, of geomorphological instance and pionnier, allows to classify them as ‘small barriers’, mostly exemplified by the following types: (1) dominated by wave energy; (2) dominated by wave energy and littoral drift. River mouths also present barriers (3) dominated by fluvial flux and tides.

Palavras-Chave: barreiras, flechas litorâneas, ilhas-barreira

1. INTRODUÇÃO : O ESTADO DA ARTE

As Barreiras representam extensões de areias arenosas sempre emersas que se alongam paralelamente à faixa de praia, das quais são separadas por extensões aquáticas ou anfíbias como lagunas, canais de marés, braços de mar ou segmentos fluviais abandonados (e.g. Curray et al., 1969; Hayes, 1979; Thom, 1984; Davis, 1994, Bird, 2000). Tendo em geral dimensões superiores a 1 km, elas resultam da acumulação de sedimentos na zona infralitorânea em resposta à ação das ondas e correntes litorâneas (em particular as correntes longitudinais e de marés), representando formas naturais de proteção das praias em relação à ação abrasiva do mar (e.g. Davis, 1990; Bird, 1996; 2000).

A formação de barreiras é objeto de uma durável controvérsia no meio científico mundial, na qual é questão tanto o contexto eustático como o quadro geomorfológico e dinâmico no qual esses depósitos litorâneos evoluem. A controvérsia desenvolve-se em torno de duas idéias principais. A primeira delas baseia-se na teoria proposta por Beaumont em 1885, que postulou que as barreiras resultam da emersão e migração de barras arenosas (sand bars) em direção à praia, sendo formadas a níveis pouco profundos da zona infralitorânea. Um segundo cenário foi proposto por Gilbert, também em 1885, que considerou que as barreiras (e em particular as ilhas-barreiras ou *barrier islands*, que representam cordões litorâneos completamente desconectados da praia nas duas extremidades) evoluiriam pela ação de correntes longitudinais (a deriva litorânea), tendo como ponto de partida a formação de flechas litorâneas (“esporões”,

barrier spits, correspondendo a cordões litorâneos apresentando uma extremidade conectada com a faixa de praia ou continente).

Tais pontos de vista inspiraram a seguir numerosas publicações, abordando uma ou outra das duas interpretações. Dentre elas, algumas se tornaram clássicos, como é o caso do artigo de Johnson (1919) - que considerou as hipóteses de emersão de barras arenosas e formação de flechas litorâneas pela ação de correntes litorâneas - e da publicação de Hoyt (1967), que apresentou outro contexto evolutivo, associado ao afogamento de cordões litorâneos pré-existentes. Na atualidade, esses três postulados continuam a ser admitidos de forma relativamente antagonista. Considerando no entanto que uma grande parte da controvérsia foi alimentada por ausência de estudos estratigráficos susceptíveis de subsidiar os cenários evolutivos propostos, a disponibilidade de tais a partir dos últimos decênios vem permitindo criar um certo consenso acerca de algumas das condições primárias que determinam a evolução de barreiras.

De uma maneira geral, os principais elementos sobre os quais esse consenso relativo parece ter sido considerado são os seguintes:

A formação de barreira necessita da existência de (1) uma grande abundância de sedimentos na zona litorânea (lato senso), (2) de uma morfologia geralmente plana e pouco profunda na zona infralitorânea e (3) da presença de compartimentos morfológicos (ou espaços de acomodação : Roy et al, 1984) favoráveis à deposição e à permanência das areias no litoral. Do ponto de vista da

dinâmica, as barreiras formar-se-iam (1) em litorais dominados pela energia das ondas, aonde elas seriam estáveis (*wave-dominated barriers*) (e.g. Hayes, 1979; Davis e Hayes, 1984); (2) nos litorais nos quais a dinâmica estaria controlada pela ação combinada da energia das ondas e das marés, aonde formar-se-iam barreiras de energia mista (*mixed energy barriers* ou *drumsticks barriers*: Hayes et al., 1974); (3) nos litorais aonde o aporte de sedimentos seria sobretudo realizado pela corrente longitudinal, induzindo a formação de flechas litorâneas (*attached barriers, barriers spits*) (e.g. Davis, 1985, 1994, 1996); (4) nos litorais onde a energia dos fluxos fluviais participa da modelagem de depósitos litorâneos, ocorre a formação de barreiras do tipo flecha litorânea ou dupla flechas litorâneas (*double spits*: Dingle e Clifton, 1994) – aqui identificadas como duplas flechas fluviais (Claudino Sales, 2002).

2. AS BARREIRAS NO LITORAL DO CEARÁ: MÉTODOS E DISCUSSÃO

A zona litorânea do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, apresenta uma extensão de 573 km (fig. 1). Ela engloba sítios submetidos à ação direta das ondas (altura média significativa de 1,1m e frequência de 5s: Maia, 1998) e de maré semidiurnas, com amplitude da ordem média de 3,7m e média de marés altas de 2,5m (DHN, 2003). Essa zona, assim como o conjunto da fachada marítima, apresenta uma dinâmica climática com tendência semi-árida. As precipitações médias anuais situam-se entre 800 e 1.500mm por ano, largamente concentradas no primeiro semestre do ano e particularmente entre março e maio (FUNCEME, (2003), na dependência da atividade da zona de convergência intertropical e de um regime eólico controlado pelos alísios de SE (velocidade média de 7 m/s e dominando no segundo semestre do ano) e de NE (velocidade média de 4 m/s e atuando sobretudo no primeiro semestre do ano: e.g. Claudino Sales, 1993). A corrente longitudinal é largamente orientada para oeste, apresentando velocidade média da ordem de 0,35 m/s (Maia, 1998). Os rios são de caráter intermitente e formam estuários que retiram do ambiente infralitorâneo uma parcela dos sedimentos finos e médios que se acham em trânsito na zona litorânea (Maia, 1998). As principais formas de relevo são as praias arenosas expondo perfis sobretudo intermediários e dissipativos, falésias ativas modeladas em rochas e depósitos de idades diversas (altitudes situadas entre 3 e 22 m), *beachrocks*, pontas litorâneas (rochas do embasamento e sedimentares) e barreiras, além dos estuários e dos campos de dunas móveis e fixas que caracterizam a zona costeira. A análise do conjunto do litoral do Estado a partir da utilização de imagens de satélite, imagens de radar, fotografias aéreas ortogonais com escalas e datas variadas, cartas temáticas, sobrevôos, trabalhos de campo e análise de laboratório, indicam que no Ceará as barreiras e flechas litorâneas, apesar de pouco conhecidas e estudadas, são formas frequentes, ocupando cerca de 14% de sua extensão total.

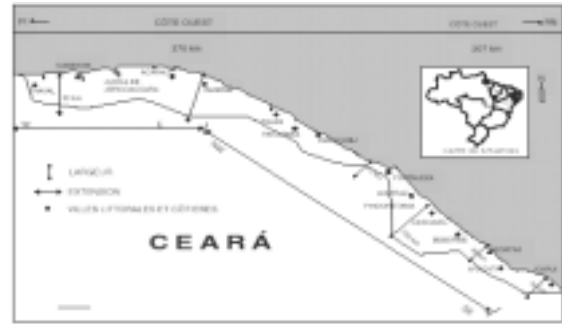


Figura 1. Localização da zona litorânea do Ceará, Nordeste do Brasil.

A análise granulométrica dos sedimentos de diversas barreiras (as de Icapuí, Parajuru, Iguape, Itarema e Guriú e das desembocaduras dos rios Choró, Pacoti e Curu) demonstra que elas têm as mesmas características granulométricas das praias – isto é, predominância de areias quartzosas, sobretudo de granulometria grosseira e média. A presença dessas formas em apenas alguns setores – e não em toda a extensão do litoral – responderia aos mecanismos próprios da dinâmica atual das ondas, marés e rios, além de expressar as interações dessas variáveis com a morfologia litorânea. Tal conjunto de fatores é responsável pela formação de células sedimentares nas quais se associam disponibilidade de areias e existência de energia suficiente para o seu transporte e/ou acumulação.

Localmente, as barreiras situam-se onde há maior disponibilidade de areias (aportadas pelos rios, pela deriva litorânea através de células sedimentares e provavelmente, também vindas da plataforma continental) e onde dominam os perfis dissipativos, sem presença de falésias ativas. Os principais processos associados com a modelagem e origem dessas formas parecem ser (1) a energia das ondas e da corrente longitudinal (Iguape, Cauípe, Patos, Acaraú, Camocim, Chaval), (2) das ondas, da corrente longitudinal e das marés (Icapuí, Itarema) e (3) dos rios, das marés e da corrente longitudinal (as desembocaduras da quase totalidade dos rios).

Com algumas poucas exceções (Jaguaribe, Barrinha, Jericoacoara), os sítios onde se encontram as planícies litorâneas modernas são os mesmos nos quais evoluem as flechas litorâneas, duplas flechas fluviais e barreiras atuais. Trata-se de sítios relativamente retraídos em relação à direção da linha de costa, nos quais o aprisionamento de areias parece ser favorecido pelo desenho do litoral, tais como (1) a montante das pontas litorâneas; (2) nos setores de enseadas e arcos litorâneos e (3) no entorno das desembocaduras fluviais. As mais extensas planícies marítimas situam-se no entanto em setores bastante expostos à ação das ondas (Icapuí, Itarema-Acaraú; fig.2), porém onde a batimetria é caracterizada por cotas fracas nos setores de antepraia e por relevo submarino pouco acidentado na plataforma continental interna. A caracterização morfológica de uma dessas áreas é detalhada no tópico a seguir.



Figura 2. Longa de 6 km e larga de 100 a 350 m, a flecha litorânea de Farol (Itarema, litoral oeste do Ceará) evolui em função da energia das ondas e da deriva litorânea (foto J.P. Peulvast).

2.1. As barreiras da planície litorânea de Icapuí

A planície litorânea de Icapuí (extremo leste do Ceará) alonga-se por algumas dezenas de quilômetros entre as praias de Areia Branca (Rio Grande do Norte) e de Barreiras (distrito de Icapuí). Trata-se de um setor bastante exposto à ação das ondas, onde a linha de costa muda de direção – de E-W (Areia Branca, Rio Grande do Norte) a SSE-NNW (Icapuí). Apresentando uma superfície da ordem de 27 km², ela acha-se estruturada em cordões litorâneos paralelos formados por dunas frontais e/ou cristas de praias sucessivas; o topo dos cordões atingindo um máximo de 3 m de altura (fig. 3).

A planície de Icapuí está localizada no segmento em que diminuem de altitude até desaparecerem completamente da paisagem as altas falésias ativas modeladas em rochas de idade provável cretácea-paleogeno da Bacia Potiguar (situadas entre Barreiras e Ponta Grossa). As falésias situam-se à montante da planície litorânea e cedem lugar a leste e a sudeste à falésias mortas esculpidas nos depósitos sablo-argilosos da Formação Barreiras (idade tércio-quaternária provável) bem como à dunas e paleodunas, sobretudo entre Barreiras e Melancias, ao centro e à jusante da planície. A presença da extensa planície testemunha uma progradação ativa, através da construção sucessiva de flechas litorâneas e formas associadas (cones de transbordamento de ondas, deltas de maré), à montante e à jusante, ou de um lado e de outro de uma zona de vasa, de manguezal e de planície de maré amplamente aberta em direção ao mar (fig. 3). Essa abertura não corresponde a nenhuma desembocadura fluvial: trata-se apenas de uma zona de coalescência de pequenos córregos que drenam a planície, diante da qual se acha em construção, na desembocadura de dois grandes canais de maré, um imponente delta de maré jusante (*ebb-tidal delta*). As consideráveis dimensões desse delta, que permanece imerso em maré alta (exposição de 2,5 km em relação à linha de costa), são absolutamente excepcionais no litoral do Ceará e mesmo em relação às dimensões médias dessas feições (Bird, 2000) no conjunto dos litorais mundiais. Em comparação aos exemplos fornecidos por esse e outros autores, tal dispositivo sugere que a evolução dessa planície pode ter seguido o seguinte cenário :

Em presença de um abundante estoque de areias – e talvez também de um contexto eustático regressivo ou estável, como ocorre com frequência na evolução de planícies formadas por cordões sucessivos de dunas frontais (Hayes, 1979; Hesp, 2002; Roy et al., 1994) -, a evolução da planície de Icapuí foi controlada pela ação de diferentes processos, cuja ocorrência cronológica - como comum em morfologias comportando construções complexas - é de difícil precisão, pelo menos à luz da disponibilidade atual de dados. Em razão no entanto da relativa pobreza de sedimentos quaternários na zona litorânea e na plataforma continental interna do Ceará (e.g. Tintelnot e Moraes, 1996; Coutinho, 1996) - e mesmo de sedimentos de idade terciária (e.g. Mello, 1989; Menor et al., 1997; Peulvast e Claudino Sales, 2001, 2003), parece possível considerar que sua formação não pode ser atribuída apenas ao Holoceno.

É isso que revela a morfologia dos cordões, caracterizada pela existência de 6 a 7 flechas litorâneas paralelas de um lado e de cordões litorâneos com segmento distal retilíneo, sem caudas em crochês (ou barreiras) de outro, delimitando canais de marés que desembocam no largo delta de maré jusante (*ebb-tidal delta*). Essa morfologia sugere que se trata de um tipo de planície de barreiras de energia mista (*drumsticks barriers*), como descritas por Hayes et al. (1974) e Hayes (1979). As barreiras seriam formadas pela ação dominante das ondas em regime de progradação, em contexto no qual a influência das marés foi sendo gradativamente ampliada. A colmatagem das barreiras e sua incorporação à faixa de praia pré-existente como cordões litorâneos teria sido feita pela ação/acumulação de dunas, sobretudo frontais (desniveleções entre as dunas frontais da ordem de 3 m), apresentando nas partes centrais o delta de maré jusante que se avança em direção ao mar desenhando um arco convexo.

A presença do delta de maré em arco convexo teria condicionado a seqüência da evolução da planície: uma vez construído ou em curso de construção, a sua disposição amplamente aberta em relação ao mar implica na perda da energia das ondas no seu contato, as quais passam então a ser difratadas, produzindo dessa forma uma inversão da direção da deriva litorânea à jusante do delta (e.g. Hayes e Davis, 1984) (fig. 3). Tal situação implica no aprisionamento de uma parcela das areias em trânsito no contato com o delta de maré, resultando em progradação das flechas litorâneas à montante. Em contrapartida, os sedimentos tornam-se menos abundantes à jusante, de sorte que as flechas litorâneas são erodidas facilmente pelas ondas - sobretudo as de tempestade, que rompendo as barreiras transgridem sobre a planície, produzindo sulcos erosivos a partir dos quais são formados os cones de transbordamento (*washover fans*) no interior da planície.

As planícies assim formadas caracterizam-se pela existência de setores progradantes à montante dos deltas de marés e recessivos ou em erosão à jusante. Tal dinâmica havia sido anteriormente considerada por Maia (comm. pers.) como hipótese plausível para a evolução da planície de Icapuí.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que representando formas freqüentes na zona litorânea cearense, as barreiras e flechas litorâneas não foram até hoje objeto de nenhuma pesquisa específica.

O presente estudo, pioneiro, identificou diferentes tipologias de barreiras no litoral leste, central e oeste



Figura 3. A planície litorânea de barreiras de energia mista de Icapuí (foto J.P. Peulvast)

do Ceará e oeste – é sobretudo no litoral oeste (Itarema, Acaraú, Gijoca de Jericoacoara, Camocim e Chaval) e na foz de rios que elas se colocam como formas representativas da morfologia local. Apresentando em geral extensões superiores a 1 km e inferiores a 14 km e larguras inferiores a 1 km, elas podem ser consideradas como barreiras de pequenas dimensões (de acordo com a classificação de Dingle e Clifton, 1994), majoritariamente representadas pelos tipos (1) dominadas pela energia das ondas e correntes longitudinais e (2) dominadas pela

energia das ondas, correntes longitudinais e marés. No entorno de desembocaduras fluviais, elas apresentam-se (3) dominadas pelo fluxo fluvial, correntes longitudinais e marés. A continuidade das pesquisas permitirá conhecer o conjunto dos processos e aprofundar a definição das dinâmicas que explicam suas evoluções e presença na zona litorânea do Ceará ao longo do Quaternário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEAUMONT, L. De (1885). *Leçons de Géologie pratique. Septième leçon.* Bertrand Paris, 221-252
- BIRD, E. (2000). *Coastal Geomorphology* John Wiley & Sons, 317 p.
- CLAUDINO SALES, V. (2002). *Evolution géomorphologique de la zone côtière de l'Etat du Ceará, du long terme au court terme.* Thèse de Doctorat, Université Paris-Sorbonne, Paris, 523p.
- CLAUDINO SALES, V. (1993). *Lagoa do Papicu – Natureza e Ambiente na Cidade de Fortaleza.* Dissertação de Mestrado, USP, 343p.
- COUTINHO, P.N. (1993). *Sedimentos Carbonáticos da Plataforma Continental Brasileira.* *Revista de Geologia da UFC* 6:65-75
- CURRAY, J.R.; EMMEL, F.J.; CRAMPTON, P.J.S. (1969). *Holocene History of a Strandplain, Lagoonal Coast, Nayariti, Mexico.* In: Costouares, A. A.; Phelger, V.B. (eds). *Lagunas Costeras-Un simposio.* Univ. National Autonoma do Mexico, 64-100
- DAVIS, Jr, R. A. (1996). *Coasts.* Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 230p.
- DAVIS Jr, R.A. (1994). *Barrier Island systems – A geologic overview.* In: Davis Jr, R. (Ed.). *Geology of Holocene Barrier Island Systems.* Springer-Verlag, chap 1, p. 1-46
- DAVIS JR, R.A. (1985). *Beach and nearshore zone.* IN: Davis Jr, R.A. (ed.). *Coastal Sedimentary Environments.* Springer, New York, 237- 285
- DAVIS, Jr. R.A.; HAYES, M.O. (1984). *What is a wave-dominated coast?* *Marine Geology* 60:313-329
- DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). *Tábuas de Marés.*
- DINGLER, J.R.; CLIFTON, H.E. (1994). *Barrier Systems of California, Oregon and Washington.* In: Davis Jr, R. A. (Ed.). *Geology of Holocene Barriers Island Systems.* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, chap 4, p. 115-165
- GILBERT, G. K. (1885). *The topographic feature of lake shores.* *US Geological Surv. 5th Ann. Rep.* 69-123
- HAYES, M.O (1979). *Barrier Island morphology as a function of tidal and wave regime.* IN: Leatherman, S.P. (Ed.). *Barriers Islands.* Academic Press, New York, p 1-29
- HESP, P. (2003). *A gênese das dunas frontais e cristas de praias.* *Mercator – Revista de Geografia da UFC* 2: 136-144, Fortaleza
- HOYT, J.H. (1967). *Barrier islands formation.* *Geologi. Soc. Am. Bulletin* 78:1125-1135
- JONHSON, D.W. (1919). *Shore processes and shoreline development.* Wiley, 584p, N. York

- MAIA, L.P. (1998). Procesos costeros y balance sedimentário a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil). Implicaciones para uma gestión adecuada de la zona litoral. Tesis doctoral, Universitat Barcelone, 269p.
- PASKOFF, R. (1989). Les dunes bordières. *Revue Recherche*, 34-46, Paris, France
- PEULVAST, J.P.; CLAUDINO SALES, V. (2001). Megageomorfologia e evolução morfo-estrutural da margem continental do Nordeste do Brasil. VIII Simpósio Nacional da ABEQUA, Porto Alegre, 323-326
- ROY, P. S.; COWELL, P. J.; FERLAND, M.A.; THOM, B. G. (1994). Wave-dominated coasts. In: Carter, W.G.; Woodroffe, C.D. (Eds). *Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline Morphodynamics*. University Press Cambridge, 122-185
- THOM, B.G. (1984). Coastal landform and geomorphic process. IN: Davies, J.L.; Williams, M.A.J. (eds.). *Landform Evolution in Australia*. ANU Press, 197-214, Canberra
- TINTELOT, M.; MORAIS, J.O. (1996). Geological and Biological investigations of late Quaternary processes Off Northeast Brazil. IN: Ekau, W.; Knoppers, B. (orgs). *Sedimentation processes and Productivity in the Continental Shelf Waters off East and Northeast Brazil. Joint Oceanographic Projects (JOPS) II. Cruise report and first results*. Bremen, 96-103