



# *Tsunamis* no Brasil?

JOSÉ ALBERTO VIVAS VELOSO

**JOSÉ ALBERTO  
VIVAS VELOSO**

é professor  
aposentado  
do Instituto de  
Geociências da UnB,  
tendo sido chefe  
do Observatório  
Sismológico dessa  
instituição.



# T

*sunamis* são fenômenos raros, mas podem acontecer em qualquer dos oceanos, em diversos mares e em porções menores de massas d'água. Eles podem ter diferentes origens, ser grandes ou pequenos, desastrosos ou inofensivos. Tais características abrem um amplo leque de oportunidades, inclusive para

formular a pergunta: já ocorreu ou poderá acontecer um *tsunami* no Brasil? Talvez não seja possível responder tais indagações de forma precisa, mas pode-se discutir a questão fundamentando-se nas informações históricas disponíveis e nos conhecimentos científicos atuais.

A união das palavras japonesas *tsu* = porto + *nami* = onda, ou seja, “onda de porto”, faz sentido porque os *tsunamis* produzem danos nas regiões costeiras com estreitamentos topográficos e também em áreas portuárias, onde o fundo marinho raso tende a aumentar a amplitude das ondas, tornando-as mais perigosas. A palavra “maremoto” também é significativa e vem do latim *mar* = mar e *motus* = movimento, ou movimentação do mar. Maremoto e *tsunami* são palavras sinônimas e neste artigo serão tratadas como substantivos masculinos. A primeira, já pouco utilizada na América Latina e em partes da Europa, perdeu prestígio para o vocábulo japonês, empregado por todos, o que acaba sendo um reconhecimento aos japoneses por serem os primeiros a conduzir estudos especializados no assunto.

Agradeço ao prof. dr. Marcelo Assumpção pelas sugestões, que deram ao texto maior compreensão e qualidade.

## TSUNAMIS GRANDES E PEQUENOS

O maremoto que atacou Okushiri no Japão, em 1993, provocou ondas entre 15 e 20 metros, mas, em um local onde um vale em V se abria para o mar, as ondas atingiram 32 metros (HTSG, 1993).

O tremor do Alasca de 1964 desencadeou um deslizamento que induziu uma onda de 67 metros no interior da pouca extensa baía de Valdez (Sokolowski, s. d.). Seis anos antes, no mesmo Alasca, um sismo de magnitude 8,3 despreendeu de uma altura de mil metros um imenso bloco rochoso sobre a pequena baía de Lituya. Resultado: uma onda com a inacreditável altura de 524 metros (Miller, 1960). Esses são casos de *tsunamis* com ondas de tamanhos extremos, mas na ponta de baixo existem eventos de escala reduzida, que também surpreendem pelo inesperado.

Terremotos são as principais fontes geradoras de *tsunamis* e, nesse caso, são chamados de *tsunamis* tectônicos. Os cinco megaterremotos, aqueles com magnitudes  $\geq 9$ , ocorridos nos últimos cinquenta anos, provocaram maremotos destrutivos: Chile, 1960,  $M = 9,5$ ; Alasca, 1964,  $M = 9,2$ ; Sumatra, 2004,  $M = 9,1$ ; Kamchatka, 1952,  $M = 9$ ; Japão, 2011,  $M = 9$  (USGS, s. d.). Todos foram sismos de focos rasos ( $\leq 35$  km) e aconteceram nos limites de placas tectônicas, mais precisamente nas chamadas zonas de subducção, onde uma placa oceânica desliza por baixo de outra continental. Tais tremores nasceram de falhamentos que rasgaram centenas de quilômetros dos fundos oceânicos, e o levantar de um dos blocos quebrados, na ordem de metros, deslocou enorme massa de água iniciando a formação das ondas oceânicas que, carregadas de energia, tornaram-se perigosas ao cruzar mares de pouca profundidade e catastróficas ao atingir zonas litorâneas.

Muitos dizem que terremotos com magnitudes  $\leq 7$  dificilmente produzem *tsunamis*, mas isso não é certo quando se admite a existência de *tsunamis* localizados, os pequenos maremotos que também produzem ondas parecidas aos *tsunamis*. Como abarcam porções limitadas do mar, sua potencialidade para provocar danos é bem reduzida. O sismo a ele associado deve ter foco raso e epicentro em mar pouco profundo, pois só assim poderá dissipar parte de sua energia agitando pequenos volumes das massas oceânicas. Bem mais comuns do que essas perturbações de origem

tectônica, são aquelas ligadas às variações meteorológicas, como as ressacas. Por isso, muitos pesquisadores reconhecem a existência dos *tsunamis* meteorológicos, que são ondas de período longo, com as mesmas características de um *tsunami* tradicional (Rabinovich & Monserrat, 1998).

Logo após o sismo de magnitude 7, de 12 de janeiro de 2010, no Haiti, foi emitido um alerta sobre a possibilidade de um *tsunami*, mas pouco depois ele foi suspenso, porque o epicentro do tremor não foi no mar, e o mecanismo do falhamento não era típico para provocar maremoto. Mas ele surgiu e, embora pequeno, ocasionou estragos e matou sete pessoas na pequena vila de Petit Paradis, situada a poucos quilômetros da área epicentral (Phillips, 2010).

O sismo de 26 de abril de 1916, com magnitude 6,9, nas montanhas centrais da Costa Rica, gerou um *tsunami* que arrastou barcos e escombros por 200 m terra adentro, destruiu casas, tanques de armazenamento e cabos submarinos de comunicação (Ambraseys & Adams, 1996). Na manhã de 1<sup>o</sup> de setembro de 1895 um terremoto com epicentro nas proximidades da High Bridge, New Jersey, foi percebido em uma ampla área (NOAA, s. d.). Ele derrubou objetos, balançou edifícios, e sua intensidade máxima alcançou VI graus de intensidade (que corresponde a pequenas trincas em paredes). Hóspedes de um hotel em Long Island, 92 km a leste do epicentro, despertaram com o choque e observaram que no espaço de pouco mais de um minuto as ondas do mar se aquietaram e sua superfície aplacou. Pouco depois, elas recobriram como uma imensa onda em direção à praia e em seguida dispersaram. A NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, dos Estados Unidos) validou esse evento como um pequeno *tsunami* que agitou a área de Long Island. A surpresa é verificar que a magnitude estimada do evento foi de apenas 4,3!

O catálogo europeu de *tsunamis* (Tinti, Maramai & Graziani, 2001) tem informações interessantes. Em 3 de julho de 1916 as águas cobriram partes da Ilha Stromboli, berço do famoso vulcão de mesmo nome.

As ondas atingiram 10 m e o sismo, magnitude apenas moderada de 5,1. Na Turquia, em 18 de setembro de 1963, a cidade de Bandirma, ao sul do Mar de Marmara, foi atingida por ondas de 1 m, com sismo gerador de magnitude 6,1. Novamente na Turquia, a cidade costeira de Amasra, ao sul do Mar Negro, foi inundada por ondas de até 3 m. Isso aconteceu em 3 de setembro de 1968, e a magnitude do tremor foi de 5,7. Em 18 de abril de 1968 um pequeno *tsunami* atingiu a cidade de Alássio, próxima da Cotte d’Azzur, entre Gênova e Nice. A magnitude do sismo foi de apenas 3,6. Os dados do catálogo citado não revelam o tipo de falhamento dos terremotos, entretanto, suas magnitudes são comparáveis às registradas na plataforma continental brasileira.

## AGITAÇÕES NO MAR BRASILEIRO

A explicação mais comum para a inexistência de *tsunamis* no Brasil é a falta de terremotos com características específicas para originá-los: magnitudes  $\geq 7$ ; epicentros relativamente próximos da costa e sismos com mecanismos favoráveis para soerguer o fundo oceânico. Nosso catálogo histórico de quinhentos anos quase não aponta tremores no mar, mas lá existe sismicidade, que vem sendo registrada principalmente após a metade dos anos de 1970. Dos quinze maiores abalos brasileiros, cinco tiveram epicentros no mar, inclusive o segundo nessa ordem, que alcançou magnitude 6,1, em 28 de fevereiro de 1955. Pelo menos um deles produziu intensidade VII-MM no continente<sup>1</sup>, mas não foi reportado qualquer comportamento estanho nas águas do mar.

O desconhecimento de abalos significativos no passado e o não registro de sismos fortes na atualidade não asseguram situação similar para o futuro. É oportuno lembrar que já foram descobertas evidências de paleoterremotos com magnitudes da ordem de 7 próximas da costa do Nordeste (Bezerra, Ferreira & Souza, 2006).

Se *tsunamis* de porte são desconhecidos, há informações sobre manifestações mari-

nhas incomuns em localidades litorâneas, algumas até coincidentes com abalos de terra. Segue a apresentação de cinco desses casos.

### São Vicente, SP – 1541

Foi o monge beneditino frei Gaspar da Madre de Deus quem, pela primeira vez, noticiou que várias edificações da Vila de São Vicente não duraram muito tempo porque o mar tudo levou (Madre de Deus, 2010). Muito depois, o historiador Mário Neme (1954), ao discorrer sobre a controvérsia na localização do antigo Porto das Naus, nas proximidades da Vila de São Vicente, sugeriu que aquele desastre poderia ter sido causado por um maremoto, ou por uma forte ressaca. Em outra parte de seus estudos, Neme concluiu que uma forte erosão marinha permitiu o avanço definitivo do mar naquelas terras e traçou um mapa do ocorrido. Mais recentemente, Eduardo Bueno (1999) reviveu o episódio dizendo que um maremoto submergiu boa parte da vila, quando testemunhas viram a chegada de ondas de oito metros de altura que avançaram terra adentro por cerca de 150 metros, destruindo casas e outras construções. Ele reproduziu o mapa da área inundada elaborado por Mário Neme, mas não informou como dimensionou a altura das ondas e o seu avanço no continente. Contudo, os escritos do frei Gaspar reforçam a ideia de que as águas chegaram de repente, sem tempo de se remover nada: “[...] foram gastos 50 réis para retirar os sinos do mar e o pelourinho da praia; 20 réis para transportá-los para a nova vila e 250 réis para reconstruir o pelourinho com pedra, barro e água”.

Teria sido mesmo um maremoto?

Nenhuma das informações históricas mencionou a percepção de qualquer tremor de terra, nem tampouco informou sobre as condições climáticas daquele dia. A área inundada poderia abarcar extensões de vários quilômetros quadrados se a inundações tivesse ultrapassado os limites da vila, mas

<sup>1</sup> Ver: <http://www.sismo.iag.usp.br/sismologia/sismicidadeBR.php>.

isso não é conhecido. Pelos danos locais, pela indicação da altura das ondas e da área coberta pela água do mar, pareceria admissível correlacionar tais efeitos como obra de um *tsunami* localizado, com ação restrita a um pedaço do litoral paulista. Mas o que teria produzido tais ondas? No caso de uma fonte sísmica, esbarraríamos na dificuldade de definir uma localização e magnitude para o terremoto, que não teria sido pequeno. Pode-se incluir a possibilidade de um deslizamento submarino, mas a dificuldade para defini-lo é tão problemática quanto a anterior.

Outra maneira menos espetacular de explicar o sucedido é através de uma violenta ressaca, acontecimento mais comum do que raro naquela região. Ciclones extratropicais costumam ocasionar poderosas ressacas, e o litoral brasileiro já testemunhou inúmeras delas, algumas com saldos significativos de perdas físicas e materiais. Condições atmosféricas anormais podem associar-se a marés altas e também provocar vigorosas ondas contra a costa, ou gerar ondas de tempestade em alto-mar, que, eventualmente, crescem ainda mais junto ao litoral, dependendo da topografia oceânica.

Assim, pelo processo de eliminação, uma violenta ressaca pareceria a melhor explicação para o episódio de 1541, considerando-se os conhecimentos que temos no momento. De tudo, fica a admirável preservação de uma informação quase tão antiga como o Brasil e que certamente despertará a curiosidade de outros investigadores para melhor defini-la.

## Salvador, BA – 1666

Moradores da antiga cidade da Bahia, hoje Salvador, vivenciaram um insólito acontecimento: “crescendo por três vezes em três alternados dias, o mar, com tal profusão de águas que atropelou os limites que lhe pôs a natureza, dilatando as ondas muito além das praias, e deixando-as cobertas de inumerável pescado miúdo, que os moradores da cidade e dos arrabaldes colhiam”

(Pitta, 1950). Acrescenta o historiador que os moradores estavam mais preocupados em cuidar do apetite do que imaginar como o mar lhes trouxera “voluntária e prodigamente tão copioso tributo”.

Essa informação apareceu em uma publicação do engenheiro e historiador baiano Theodoro Fernandes Sampaio (1916), que atribuiu o acontecimento a um terremoto submarino, com epicentro desconhecido, em algum lugar do Atlântico.

O especial nesse relato é a tríplice repetição do fenômeno em dias alternados. No caso de apenas um evento, até se poderia pensar como Sampaio. Mas seriam necessários três terremotos fortes, quase seguidos e com qualidades especiais, para gerar ondas de porte para afetar o litoral. Maremotos são raros no Atlântico, e três deles seguidos, na costa brasileira, seria um acontecimento de probabilidade quase nula. Portanto, uma origem tectônica parece não servir para explicar o sucedido. Em sua narrativa, o historiador não faz referência sobre a queda de fortes tempestades, o que poderia justificar o aparecimento de grandes ressacas e o avanço do mar terra adentro. Assim, é possível que irregularidades atmosféricas originadas em regiões distantes do continente acabaram induzindo as sequências de ondas incomuns nas praias de Salvador.

Fenômenos estranhos nem sempre podem ser explicados, e os ocorridos há tempos, geralmente com informações limitadas, tendem a ser mais difíceis de esclarecer. Seriam os atuais mais simples de desvendar? Em 28 de outubro de 2008, na costa do estado do Maine, nos Estados Unidos, observou-se no espaço de minutos a maré baixa tornar-se alta, com o nível d'água oscilando entre 1,2 m e 3,6 m. Por seis ou sete vezes, isso se repetiu na baía de Bootbay, e as fortes correntes danificaram barcos e ancoradouros (NOAA, 2008). Cientistas ponderaram que o fenômeno poderia ter sido causado por alguma tempestade, ou atividade sísmica, ou mesmo por um deslizamento submarino. Nenhum tremor de terra foi registrado e o serviço do tempo do estado emitiu um comunicado oficial admitindo que a causa daquilo

continuava um mistério e que talvez nunca fosse esclarecida (Ostro, 2008).

Danos em áreas litorâneas pela excessiva elevação do nível do mar nem sempre são derivados de *tsunamis* tectônicos. O mais comum é que isso aconteça por uma combinação de maré alta e condições atmosféricas anormais. Em outubro de 1999 e setembro de 2000, parte do litoral da Terra Nova, no Canadá, foi atingida por sucessões de ondas semelhantes a *tsunamis*. Investigações posteriores mostraram que não ocorreram terremotos, nem deslizamentos submarinos, e a anormalidade do mar decorreu dos ciclones José e Helene, que passaram na área já arrefecidos como simples tormentas tropicais (Mercer, Sheng, Greatbatch & Bobanovic, 2002). Esses cientistas classificaram os dois últimos episódios como “falsos *tsunamis*” porque sua origem estava ligada a fenômenos atmosféricos, portanto dissociada de qualquer atividade sísmica. Apesar de nascerem de fontes distintas, muitas vezes é difícil separar as duas classes de fenômenos, mas isso é desejável para conhecer os mecanismos geradores e aprimorar os catálogos de *tsunamis*.

## Cananeia, SP – 1789

No entardecer de 9 de maio de 1789, “sem haver sopro de vento, o pequeno e pacífico mar que corre em derredor de Cananeia ficou embravecido, e suas ondas se batiam furiosamente contra as praias” (Santos, 1922). Os peixes pularam fora d’água, mostrando o “quanto estranhavam estes impulsos da natureza”. Os moradores ouviram um grande estrondo subterrâneo e perceberam o chão movimentar-se por dois minutos, mais ou menos. “Nenhuma casa da vila foi demolida, contudo todas sofreram umas mais que outras”, e algumas pessoas contaram que não podiam ter os pés firmes no solo. Árvores balançaram, aves voaram, cães uivaram e o gado se tornou inquieto.

O historiador assinalou fortes agitações das águas e de seu impacto no terreno: “as ondas batiam furiosamente contra as

praias”, ao “derredor de Cananeia”. Isso pode significar que o mar avançou sobre uma extensão não trivial de praia, além de seu limite normal, com movimentos de fluxo e refluxo, à semelhança de um pequeno *tsunami*. Cananeia tem uma posição geográfica peculiar por estar à frente de um braço de mar estreito, relativamente raso e afastado da costa. Ali, as águas devem ser mais tranquilas do que as do litoral. No caso da ocorrência de um sismo próximo, seus efeitos seriam bem mais acentuados nas águas calmas ao redor da cidade do que em outro local do litoral em mar aberto.

Aparentemente, aquela antiga perturbação marinha foi produzida por um *tsunami* localizado, e o tremor que o provocou possivelmente aconteceu no mar, não tão distante da cidade. Em 18 de julho de 1946, Cananeia voltou a ser abalada por um sismo também sentido em cidades do interior paulista e paranaense. O IAG-USP lhe atribuiu intensidade máxima VMM (efeitos de, no máximo, queda de alguns objetos) e magnitude estimada 4,5. Seu epicentro foi no oceano, a cerca de 30 km de Cananeia, mas não houve relato de qualquer agitação no mar. Possivelmente, as intensidades e magnitudes dos eventos de 1789 e 1946 aproximaram-se, mas o tremor histórico teria tido seu epicentro bem mais próximo de Cananeia.

## Baía de Todos os Santos, BA – 1919

De uma série de tremores ocorridos em novembro de 1919 na região da Baía de Todos os Santos, destacam-se os abalos dos dias 9 e 22, que estremeceram várias ilhas, terrenos do recôncavo e a cidade de Salvador (Sampaio, 1920). No sismo do dia 9 a população de Acupe, localidade às margens da Baía de Todos os Santos, foi forçada a abandonar suas casas em sobressalto. Em Coroa Branca, local próximo, os pescadores “recolheram-se temerosos, porque, segundo depuseram, o mar pôs-se de súbito a ferver e



os peixes a saltarem como se foram tocados de fluido elétrico submarino”. O evento principal aconteceu na madrugada de 22 de novembro, e a localidade mais afetada foi a Freguesia do Monte, hoje Recôncavo do Monte, localizado bem no fundo da baía. Na área foram vistas rachaduras em muros de rua e em paredes e nas abóbodas de casas. A igreja, uma construção sólida e com paredes grossas, sofreu danos variados. O piso interior cobriu-se de peças ornamentais caídas do alto do frontão e da cornija, talhada em pedra. A força do abalo desprende uma parte das paredes laterais da fachada, deixando-a a ponto de cair. “O grosso arco de noventa centímetros de espessura à entrada do batistério” partiu-se. Acima desse arco, no pavimento superior, as vigas sobre as portas se romperam, provocando a queda do reboco de paredes. “Sofreu do mesmo modo a torre do sino; partiu-se também o arco sobre o altar-mor e outras velhas fendas das paredes do fundo e laterais se alargaram”.

Com as informações coletadas, o engenheiro Theodoro Sampaio conseguiu definir a área de percepção do abalo, sua intensidade máxima e a localização epicentral. Importante foi seu interesse em analisar os registros do marégrafo instalado no cais do porto – possivelmente em Salvador – onde “depara-se, à primeira vista, a discordância entre a curva dos dias ordinários e a desse dia (22) em que a vibração da massa d’água obedeceu ao abalo sísmico”. Sampaio não cita nenhuma anormalidade do mar, nem a chegada de grandes ondas nas praias eventualmente observada por algum morador – o sismo ocorreu de madrugada. É provável que esse evento tenha tido epicentro no interior da baía, onde águas rasas facilitarão um tremor de magnitude 4,2 (Berrocal et al., 1984) balançar suavemente, mas de modo quase completo, as águas da Baía de Todos os Santos. Se correto, as anomalias registradas pelo marégrafo e observadas por Sampaio refletiriam a ocorrência de um “seiche”, um tipo de onda estacionária com movimento de vaivém, sobre uma superfície líquida quase fechada, como o caso em questão. Esse fenômeno costuma



ser testemunhado após grandes terremotos, principalmente quando águas de piscinas, situadas a centenas de quilômetros do epicentro, são atiradas fora de seu recipiente.

## Arquipélago de São Pedro e São Paulo, PE – 2006

Constituído “por seis ilhas maiores e quatro menores e várias pontas rochosas, o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) apresenta uma área total emersa de 17.000 m<sup>2</sup> e a distância entre os pontos extremos é de 420 metros” (Souza, 2007). Esses pontinhos de terra no Atlântico Norte Equatorial estão situados a cerca de 1.100 km da costa norte-rio-grandense. Lá não há água doce, praia, vegetação, ou áreas planas; mas muitas tempestades, grandes ondas, tubarões e terremotos.

A expressiva sismicidade na região do ASPSP é em função de sua proximidade com a dorsal meso-ocêânica, a extensa cadeia submarina que marca o limite de placas tectônicas, no caso, as da América do Sul e da África, placas que possuem movimentos divergentes, pois uma afasta-se da outra. Uma visão ampliada desse processo mostrará que o alinhamento dos terremotos segue um formato em ziguezague, porque a cadeia submarina é cheia de rupturas independentes que rasgam o assoalho oceânico, permitindo o extravasamento de material das profundezas para formar nova crosta. A conexão entre pares dessas rupturas se dá através das falhas transformantes, a principal fonte dos terremotos submarinos da região. O ASPSP está junto a uma dessas enormes zonas de falhamento, razão dos seguidos terremotos próximos, alguns sentidos por pesquisadores que ocupam a estação científica existente no arquipélago, criada pela Comissão Interministerial para Recursos do Mar (SECIRM, 2001).

Desde sua inauguração, essa estação foi submetida a condições adversas do mar. Em outubro de 1999, o arquipélago foi atingido por uma intensa agitação marítima

ocasionada por um ciclone extratropical, que danificou parte das instalações mantidas pela Marinha (Innocentini et al., 2001). A elevação do mar exerceu uma pressão no piso da edificação principal, que flutuou, deslocando-se cerca de 50 cm do local original (SECIRM, 2009). A construção foi recuperada, mas em 2004 novamente voltou a ser danificada pela violência do mar.

O mais grave acidente foi no início de junho de 2006, quando um grupo de quatro pesquisadores só escapou porque se refugiou no reduzido espaço do interior do farol por doze angustiantes horas (San Juan, 2006). Segundo eles, no dia 5 receberam informações do continente de que brevemente o tempo estaria ruim e o mar, turbulento. Na tarde seguinte, ondas enormes encharcaram o abrigo, e os cientistas resolveram passar a noite no farol. Na madrugada, o mar tornou-se mais violento e quase destruiu por completo o abrigo científico. Além dos danos na construção principal, as águas arrastaram o gerador, o sistema de comunicação, várias baterias e o banheiro. Apesar do sobressalto e de terem perdido parte de suas pesquisas, os cientistas foram resgatados incólumes. Em setembro de 2006 finalizou-se a construção de outra estação, em novo local, agora seguindo normas antissísmicas (Alvarez et al., 1997).

Mas os fenômenos de junho de 2006 não se limitaram ao mar raivoso, pois moderados e fortes tremores se fizeram presentes na região. Na madrugada do dia 5 de junho, em um intervalo de pouco mais de 15 minutos, ocorreram quatro terremotos com magnitudes 5,3, 5,9, 6 e 5,7 (USGS, s. d.), distantes 150, 145, 170 e 150 km do arquipélago, respectivamente. Falou-se que eles teriam provocado um *tsunami* (San Juan, 2006) e que o acidente na estação foi causado “pela união de eventos – abalos sísmicos e ressaca do mar – ocasionando fortes ondas oriundas do quadrante sudoeste, nunca anteriormente constatadas” (SECIRM, 2009), ou de que o Serviço Geológico dos Estados Unidos “constatou que quatro terremotos com epicentro no fundo do Oceano Atlântico provocaram a destruição do centro de pesquisas científicas

que a Marinha mantinha no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, a cerca de 1,1 mil km da costa do Rio Grande do Norte e a 600 km de Fernando de Noronha”<sup>2</sup>.

Na verdade os terremotos não tiveram qualquer culpa nessa história, e isso fica claro com os dados sismológicos. Os abalos ocorreram mais de 24 horas antes de o mar tornar-se violento, e seus epicentros localizaram-se a leste do arquipélago, ao passo que as ondas chegaram do quadrante sudoeste. Ademais, seus mecanismos de falhamento eram do tipo transformante<sup>3</sup>, que é aquele onde o deslocamento relativo entre os blocos quebrados é puramente horizontal. Portanto, eles não podiam empurrar a massa d’água para cima e criar um eventual *tsunami*.

## TSUNAMIS NO FUTURO?

Foi citado que grandes *tsunamis* são produzidos por grandes terremotos, preferencialmente os originados em zonas de subducção. Não existe perigo similar para o Brasil, porque aqui a situação sismotectônica é muito distinta. Eventualmente, esses poderosos *tsunamis* mexem com as águas de todo o planeta, e seus efeitos podem atingir grandes distâncias. Passadas 20-22 horas do terremoto que originou o *tsunami* na costa da Indonésia, em 26 de dezembro de 2004, foram registradas oscilações do mar, na ordem de 20 cm, em estações situadas no estuário de Cananeia (SP) e no interior da Baía da Guanabara (França & Mesquita, 2007). Na estação de Ubatuba (SP), exposta ao mar aberto, o registro atingiu 1,2 m e tais anomalias perduraram por dois dias, com períodos de oscilações ao redor de 45 minutos. Ao comparar modelos teóricos com os registros observados, os pesquisadores da USP, que divulgaram aqueles resultados, chamaram a atenção de que poderia existir um mecanismo de amplificação de ondas naquela parte da plataforma brasileira, e a ocorrência, mesmo remota, de *tsunamis* destruidores não poderia ser descartada na região. Pesquisadores da Universidade

2 Ver: <http://noticias.terra.com.br/brasil/interna/0,,O11158569-E1306,00.html>.

3 Ver: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.

de Santa Catarina também divulgaram o registro de ondas com amplitude de 1,2 m e oscilações de 30 minutos, em uma estação situada em Imbituba (SC) (Melo & Rocha, 2005).

Portanto, efeitos marginais de maremotos distantes, os *teletsunamis*, devem continuar chegando ao nosso litoral, e aqui fica aberta uma janela para se buscar informações sobre eventuais consequências de maremotos do passado.

Excetuando a região do Caribe, costuma ser geradora de maremotos, o Oceano Atlântico tem se mostrado “pacífico”. Mas exceções existem. Em 1<sup>a</sup> de novembro de 1755, o sismo de Lisboa, de magnitude 8,7, ocasionou um tríplice desastre: terremoto, incêndio e maremoto. A cidade foi semi-destruída, e o saldo de mortos, incluindo pessoas fora de Portugal, chegou a 70 mil (USGS, s. d.). Em 18 de novembro de 1929 um abalo de magnitude 7,2 disparou um deslizamento submarino e com isso criou um *tsunami* que matou 28 pessoas e ocasionou prejuízos na Terra Nova, no Canadá. Quando atingiu as baías estreitas na península de Burin, o *tsunami* elevou suas águas a 27 m de altura (Tuttle et al., 2004).

*Tsunamis* são ainda mais raros quando produzidos por atividades vulcânicas, e o

exemplo clássico vem mais uma vez da Indonésia onde, em 27 de agosto de 1883, o Krakatoa explodiu provocando um maremoto que matou 36 mil pessoas. Também não temos esse perigo rondando o litoral brasileiro, pois o vulcanismo de nossas ilhas oceânicas se extinguiu há tempos. A propósito, cabe lembrar uma história de meio século atrás, quando, na ilha de Tristão da Cunha, no Atlântico Sul (aproximadamente na latitude de Montevidéu e Buenos Aires), um vulcão entrou em erupção, e a sua população, de pouco mais de duzentas pessoas, teve de ser evacuada às pressas. No início de abril de 1962 a mídia produziu notícias desencontradas e sensacionalistas. Noticiava-se a iminência de vulcanismo na Ilha de Trindade (a cerca de 1.000 km da costa, na latitude do Espírito Santo), o que provocaria imensos maremotos na costa do Rio de Janeiro. A Marinha considerou a evacuação da ilha. Vozes sensatas, como a do geólogo Alberto Lamego, procuraram acalmar os ânimos, dizendo que “Não temos, até o presente, quaisquer elementos geológicos que possibilitem a previsão de uma catástrofe de tal ordem” e “em Trindade não há qualquer referência sobre indícios de uma possível erupção”<sup>4</sup>. Sua última afirmação baseava-se em recentes estudos

4 In jornal *Correio da Manhã*, edição de 8/4/1962.

**TABELA 1**  
**Agitações no mar brasileiro**

Data	Localidade		Causa	Magnitude	Efeito local
1541	S. Vicente	SP	meteorológica (?)		ressaca (?)
1666	Salvador	BA	meteorológica (?)		ressaca (?)
1789	Cananeia	SP	terremoto	~4,5	ondas parecidas a <i>tsunamis</i>
1919	Baía de Todos os Santos	BA	terremoto	~4,2	seiche
2006	Arquipélago de São Pedro e São Paulo	Atlântico	metereológica	5,3, 5,9, 6, 5,7	ressaca Obs.: os sismos são anteriores à ressaca

# 津波

**Kanji**  
**de tsunami**

*Tsunami* é uma onda marinha e, como tal, tem seus parâmetros de velocidade, amplitude, comprimento de onda, etc. Em mar aberto e profundo, a altura da onda – amplitude – pode alcançar dezenas de centímetros, ou chegar a 2-3 m, com períodos em torno de uma hora e comprimento de onda de 100 km. Sob tais condições, os navios não as “sentem”.

A velocidade de um *tsunami* é expressa pela raiz quadrada do produto da aceleração da gravidade pela profundidade da água que ele atravessa – velocidade = (prof. água x gravidade)  $^{1/2}$ . Para uma lâmina d’água de 5.000 m, ele se deslocaria como um jato comercial (cerca de 800 km/h) e, para uma profundidade de 100 m, a velocidade se igualaria à de um automóvel comum (110 km/h, aproximadamente). Ao cruzar mar raso, ou aproximar-se da costa, tudo muda. As ondas se comprimem, perdem velocidade e ganham altura. Para 10 m de profundidade, a velocidade cai para 36 km/h, mas a amplitude pode subir para mais de 10 m, formando um paredão de inundação com força para engolir tudo ao seu redor. O *tsunami* não se limita a uma única onda, elas se repetem, e uma posterior pode ser maior do que a anterior, mas com o tempo vão perdendo energia.

Uma pessoa na praia vendo a chegada de um *tsunami* tem pouca chance de escapar correndo, pois a onda se aproxima em alta velocidade. São 36 km/h, ou 10 m/s, algo na faixa do recorde mundial dos 100 metros livre. Mas há exceções, e o coronel reformado John Sanawe foi uma. Em 17 de julho de 1998, um sismo de magnitude 7,1, com epicentro bem próximo da costa nordeste de Papua Nova Guiné, produziu um *tsunami* que rapidamente chegou à vila de Arop, não mais que 20 km distante. Sanawe viu o mar crescer acima da linha do horizonte e então a água subiu verticalmente até uns 30 metros (González, 1999). “Ouvi sons inesperados, primeiramente como trovões distantes, depois como os de helicópteros próximos, mas isso gradualmente foi desaparecendo à medida que o mar retrocedia abaixo da marca normal da água. Após quatro ou cinco minutos de silêncio, ouvi um ronco semelhante a um jato voando a baixa altura. Então vi as primeiras ondas com três a quatro metros de altura e tentei correr para casa, mas elas me agarraram. Uma segunda onda, maior ainda, varreu nossa vila e me levou de roldão um quilômetro para dentro de um mangue, próximo de uma lagoa.” Muitos nativos não tiveram a sorte de Sanawe, pois foram soterrados por detritos ou recobertos por galhos quebrados do mangue. Antes da chegada de socorro, os feridos não escaparam do ataque de crocodilos e cães selvagens. O número de residentes mortos superou 2.200.

do professor Fernando Flávio de Almeida (1961), efetuados naquela ilha. O dr. Lélío Gama, diretor do Observatório Nacional, considerou o maremoto como “novela de ficção”<sup>5</sup>. Não havia motivo para tantas inquietações, afinal as ilhas Tristão da Cunha e Trindade estão separadas por mais de 4 mil quilômetros e têm contextos geológicos diferentes; a primeira, situada junto à cadeia mesoatlântica, ainda está sujeita a vulcanismo recente e a outra não. Comentar isso agora é bem mais fácil, principalmente à luz da teoria da tectônica de placas que, naquela época, estava justamente nascendo nos centros mais avançados dos Estados Unidos e da Europa.

Se, ao invés do passado, voltarmos ao futuro, podemos nos deparar com a ameaça de um possível *megatsunami* partindo do meio do Oceano Atlântico. O alerta partiu de pesquisadores britânicos e ganhou notoriedade após o maremoto da Indonésia, de 2004 (Ward & Day, 2001). Seria reviver o pesadelo asiático em um pedaço das Américas. O estudo sugere que durante uma nova erupção do vulcão Cumbre Vieja, na Ilha Las Palmas, nas Canárias, junto à costa ocidental da África, um de seus flancos colapsaria em direção ao mar, provocando um imenso *tsunami*, principalmente contra a costa das Américas. Dependendo do volume das rochas envolvidas no deslizamento, algo entre 150 km<sup>3</sup> e 500 km<sup>3</sup>, enormes ondas com amplitudes de 15 a 20 m chegariam à costa dos Estados Unidos e também ao litoral norte do Brasil.

O Cumbre Vieja possui um histórico de erupções, e a última, em 1949, ocasionou escorregamentos superficiais abrindo uma fratura visível de 2 km de extensão. A repetição do processo tende a aumentar o perigo, pois existe uma gigantesca massa rochosa com alto grau de instabilidade no flanco oeste do edifício vulcânico. Para os pesquisadores, uma próxima erupção poderia romper toda a lateral de terrenos íngremes.

O artigo é polêmico pelo tema incomum e por envolver mecanismos desconhecidos, como grandes colapsos laterais em ilhas vulcânicas. Ademais, os pesquisadores en-

fatizaram o pior cenário ao admitir a caída total do bloco rochoso, uma vez que ele poderia vir abaixo, em partes, e o impacto final seria bem menor. Outra questão é saber se o *tsunami* se dispersaria rapidamente, ou se se propagaria a distâncias transoceânicas, implicando, nesse caso, grande perigo às populações costeiras (McGuire et al., 2006). Apesar de todas as incertezas de ocorrência, um *tsunami* dessa natureza produziria danos por quase todo o Atlântico. Um consolo é admitir que o processo geológico disparador do *tsunami* não acontecerá em um piscar de olhos. Ele enviará avisos que o sistema de monitoramento local registrará e caberá ao homem interpretá-los a tempo e corretamente. No caso brasileiro, as primeiras ondas do *tsunami* tocariam o litoral norte do Nordeste cerca de seis horas após o deslizamento. Para maior segurança, o ideal é ter a informação uma semana antes, ou pelo menos nos dois ou três dias pré-desastre.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Não há por que temer, em nosso litoral, o aparecimento de *tsunamis* com a grandeza e o mecanismo sísmico similares aos dos acontecidos no Japão em 2011, ou na Indonésia em 2004.
- Magnitude 6,1 – a maior já registrada na costa brasileira – pode não ser o limite superior para aqueles sismos marinhos, mas sua ocorrência é certamente muito rara (talvez um tremor de magnitude 7 a cada cinco mil anos?).
- Nossos maiores tremores marinhos possuíam potencial para disparar deslizamentos submarinos, mas não necessariamente todos eles provocariam *tsunamis* perigosos.
- Manifestações anômalas do mar, como as verificadas nos dados históricos, poderão repetir-se, incluindo aí efeitos de *teletsunamis*.
- Identificou-se um tremor que gerou ondas parecidas com um pequeno *tsunami*. Apesar de modesto o caso é significativo, pois se está validando um *minitsunami* brasileiro.

5 In jornal *Tribuna da Imprensa*, edição de 8/4/1962.

## BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F. F. M. "Geologia e Petrologia da Ilha da Trindade", in *DNPM, Div. Miner.* Rio de Janeiro, 1961.
- ALVAREZ, C. E.; MELO, J. E.; MELLO, R. L.; ROMANELLI, M. A.; YOSHIMOTO, M. Projeto para Estação Científica no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Congresso Brasileiro de Arquitetos. Curitiba, CDD. 20pp.
- AMBRASEYS, N. N. & ADAMS, R. D. "Large-magnitude Central American Earthquakes, 1898-1994", in *Geophys. J. Int.* 127, 1996, pp. 665-92.
- BERROCAL, J.; ASSUMPCÃO, M.; ANTEZANA, R.; DIAS NETO, C. M.; ORTEGA, R.; FRANÇA, H.; VELOSO, J. A. V. *Sismicidade do Brasil*. Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo e Comissão Nacional de Energia Nuclear. São Paulo, Esperança, 1984.
- BEZERRA, F. H.; FERREIRA, J. M. & SOUZA, M. O. M. "Review of Seismicity and Neogene Tectonics in Northeastern Brazil", in *Ver. Asoc. Geológica Argentina*, vol. 61, nº 4, 2006.
- BUENO, Eduardo. *Capitães do Brasil*. Rio de Janeiro, Objetiva, 1999.
- FRANÇA, C. S. & MESQUITA, A. R. "The December 26th Tsunami Recorded along the Southeastern Coast of Brazil", in *Natural Hazards*, 40, 2007, pp. 209-22.
- GONZÁLEZ, F. I. "Tsunami", in *Scientific American*. May, 1999, pp. 56-65.
- HTSG – Hokkaido Tsunami Survey Group. "Tsunami Devastates Japanese Coastal Region", in *EOS Trans. AGU*, 74, 1993, p. 417.
- INNOCENTINI, V.; PRADO, S. C. S.; PEREIRA, C. S.; ARANTES, F. O.; BRANDÃO, I. N. "Ocorrência de Vagas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Caso 24 de Outubro de 1999", in *Revista Bras. Meteorologia*, v. 16, nº 2, 2001, pp. 177-86.
- MADRE DE DEUS, Frei Gaspar da. *Memórias para a História da Capitania de São Vicente*. Brasília, Edições do Senado Federal, 2010.
- MCGUIRE, W.; DAY, S.; KILBURN, C. & WARD, S. "Volcano Collapse Generated *Megatsunamis*: Fact or Fiction?", in *EOS Megatsunami*, 2006. Disponível em: <http://www.es.ucsc.edu/~ward/papers/EOSCumbreVieja.pdf>.
- MELO, E. & ROCHA, C. *Sumatra Tsunami Detected in Southern Brazil*, 2005 ([www.lahimar.ufsc.br](http://www.lahimar.ufsc.br)).
- MERCER, D., SHENG, J., GREATBATCH, R. J. & BOBANOVIC, J. "Barotropic Waves Generated by Storms Moving Rapidly Over Shallow Water", in *J. Geophys. Res.*, 107(C10), 10.1029/2001JC001140, 2002.
- MILLER, D. J. *Giant Waves in Lituya Bay, Alaska*. Shorter Contributions to General Geology. Geological Survey Professional Paper 354-C., 1960.
- NEME, Mario. *Notas de Revisão da História de São Paulo*. São Paulo, Anhembi, 1954.
- NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. "NOAA/WDC Historical Tsunami Database at NGDC". s. d. Disponível em: [http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tus\\_db.shtml](http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tus_db.shtml).
- OSTRO, Stu. "Did a Tsunami Hit Maine?", in *The Weather Channel*, 2008. Disponível em: [http://www.weather.com/blog/weather/8\\_17899.html](http://www.weather.com/blog/weather/8_17899.html).
- PHILLIPS, Rich. *In Petit Paradis, Earthquake then Tsunami*. January 23, 2010. CNN Senior Producer. Disponível em: <http://edition.cnn.com/2010/WORLD/americas/01/22/haiti.paradise.lost/index.html>.
- PITTA, S. Rocha. *História da América Portuguesa*. Volume XXX. Rio de Janeiro/São Paulo/Porto Alegre, W. M. Jackson, 1950.

- RABINOVICH, A. & MONSERRAT, S. "Generation of Meteorological Tsunamis (Large Amplitude Seiches) Near the Balearic and Kuril Islands", in *Natural Hazards*, vol. 18, number 1, 1998, pp. 27-55.
- SAMPAIO, T. "Tremores de Terra na Bahia em 1919", in *Rev. Inst. Hist. Geog. da Bahia*, 27, 46, 1920, pp. 183-95.
- SAMPAIO, Theodoro. "Movimentos Sísmicos na Bahia de Todos os Santos", in *5º Cong. Bras. Geografia*, I v., 1916, pp. 355-68.
- SAN JUAN, Martha. "Tsunami no Atlântico", in *Revista Horizonte Geográfico*, 119. São Paulo, Horizonte, 2006. Disponível em: [http://horizontegeografico.com.br/index.php?acao=exibirSumario&edicao\[id-edicao\]=12](http://horizontegeografico.com.br/index.php?acao=exibirSumario&edicao[id-edicao]=12).
- SANTOS, A. V. *Memória Histórica, Chronologica, Topographica e Descritiva da Cidade de Paranaguá e do seu Município*. Curitiba, Livraria Mundial, 1922.
- SECIRM – Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. *Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Proarquipélago)*. Brasil, fevereiro de 2001.
- SECIRM – Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. *O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica*. Marinha do Brasil, 2009.
- SOKOLOWSKI, Thomas. *The Great Alaskan Earthquake & Tsunamis of 1964*. Palmer Alaska, West Coast & Alaska Tsunami Center. Disponível em: <http://wcatwc.arh.noaa.gov/about/64quake.htm>.
- SOUZA, J. E. B. *Arquipélago de São Pedro e São Paulo*. SECIRM, Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Passadiço, 2007, pp. 68-72.
- TINTI, S.; MARAMAI, A. & GRAZIANI, L. "A New Version of the European Tsunami Catalogue: Updating and Revision", in *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 1, 2001, pp. 225-62.
- TUTTLE, M. P.; RUFFMAN, A.; ANDERSON, T. & JETER, H. "Distinguishing Tsunami from Storm Deposits in Eastern North America: the 1929 Grand Banks Tsunami Versus the 1991 Halloween Storm", in *Seismological Research Letters*, v. 75, nº 1, 2004, pp. 117-31.
- USGS – U. S. Geological Survey. Science for a Changing World. *Historic World Earthquakes*. s. d. Disponível em: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/historical-country.php>.
- WARD, S. & DAY, S. "Cumbre Vieja Volcano – Potential Collapse and Tsunami at La Palma, Canary Island", in *Geophys. Res. Lett.* 28-17, 2001, pp. 3.397-400
-