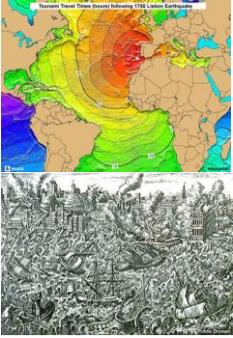


### Histórico

Sismo e maremoto, Lisboa, 1755:

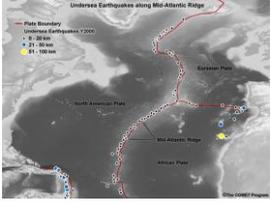
- O mais famoso dos maremotos no Atlântico.
- Magnitude do sismo 8,5-9,0; epicentro 200 km a WSW do Cabo de S. Vicente.
- Propagou ondas de 4-5 m em todo o Atlântico.



### Geração

Riscos de fontes:

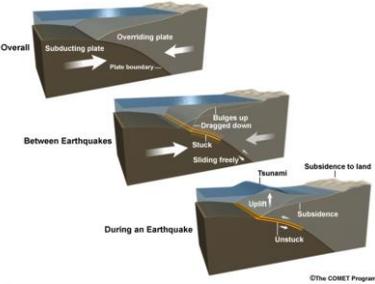
- Distantes** - sismos e vulcões das Caraíbas, desprendimentos na plataforma continental da América do Norte.
- Próximas** – sismos na fronteira das Eurásia – África e colapso do vulcão Cumbre Vieja, Canárias.



### Geração

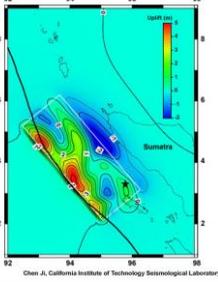
Durante o sismo a parte mais periférica da placa de cima levanta subitamente; a parte menos periférica desce.

- O movimento vertical do fundo gera o maremoto.



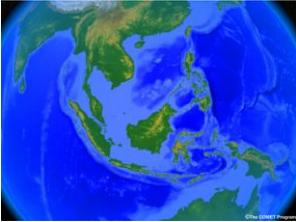
### Geração

- As zonas da ruptura podem ter extensões de centenas de km e desenvolver-se em alguns minutos.
  - A largura da ruptura é da ordem de dezenas de km.
- O comprimento de onda gerado é cerca do dobro da largura da ruptura.

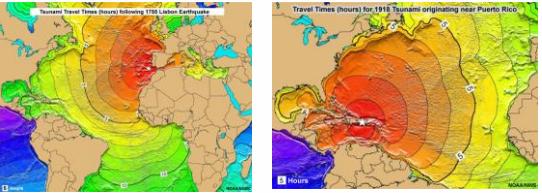


### Propagação

- O maremoto é onda com características de “água baixa”
  - a velocidade de propagação depende da profundidade.
- Ao longo do trajecto há obstáculos (morfologia do fundo) que reflectem, espalham ou concentram, guiam, aceleram ou abrandam a propagação.



### Propagação



Epicentro no Sul de Portugal: chega em alguns minutos

Epicentro em Porto Rico: -8 h até Portugal

## Detecção e aviso

### Sistemas de alerta de maremotos (TWC)

- **Sismógrafos:** registam chegadas das ondas longitudinais P (mais rápidas) e das ondas transversais S (mais lentas) do sismo; calculam-se as distâncias ao epicentro.
  - Com triangulação de 3 estações os círculos das respectivas distâncias intersectam no **epicentro (1-2 min)**.
  - É feita a 1.ª estimativa da **magnitude do sismo (1-2 min)**.
- **Marégrafos e bóias DART**, distribuídos geograficamente, são a 1.ª indicação da existência de maremoto.
- **Modelos** para estimar o tempo de chegada e da altura de onda nas costas em volta da bacia oceânica.
- **Sistema de comunicação para alertas** de maremoto provável ou eminente. Usualmente **em 3 minutos**.

## Detecção e aviso

**DART II System**

Hydrometeorological satellite  
Surface Buoy  
Bottom Pressure Recorder  
Acoustic release of Buoy

**Water Column Height at Station 32412**

NOAA/NWS/NDBC

Bóias Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis - transmitem dados de pressão, no fundo, sensível à oscilação induzida pelas ondas. Permitem atualizar a entrada nos modelos, durante o evento.

## Detecção e aviso

Os registos dos marégrafos, subtraídos da maré astronómica, dão as ondas residuais, por exemplo maremotos.

Tide Gauge

## Detecção e aviso

### Modelos para cálculo de alturas e tempos

NOAA Center for Tsunami Research

## Detecção e aviso

Os Centros de Aviso:

- Pacific TWC (1949)
- West Coast and Alaska TWC (1967)
- SWC (Rússia)
- JMA/NWPTAC (Japão)
- CPPT (Polinésia Francesa)
- SHOA (Chile)
- ITEWS (Indonésia)
- INCOIS (Índia)
- JATWC (Austrália)

**TSUNAMI WARNING SYSTEM AREAS OF RESPONSIBILITY**

NOAA

## Detecção e aviso

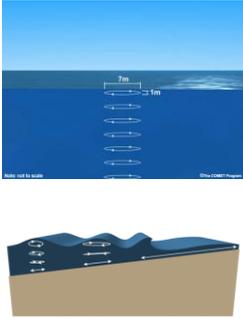
### Mensagens de alerta

- **WARNING** – perigo! Fugir para terreno elevado; seguir as instruções de emergência.
- **ADVISORY** – possibilidade de correntes locais perigosas; afaste-se da praia; mantenha-se fora da água.
- **WATCH** – perigo potencial; continue a acompanhar as mensagens de alerta.
- **INFORMATION STATEMENT** – relaxe; não há perigo; uma bacia oceânica distante poderá estar em perigo.

Previamente elaboradas, em BD; na altura de evento ajustam-se detalhes.

## Inundação

- No mar profundo as partículas movem-se em elipses, apenas alguns metros (~ 7 m).
- Em baixas profundidades as velocidades e os deslocamentos orbitais aumentam:
  - A onda modifica-se de transporte de energia para transporte de massa de água.

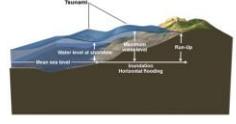


O diagrama superior mostra partículas em movimento orbital em profundidade, com uma amplitude de 7m. O diagrama inferior mostra o movimento orbital em águas rasas, onde a amplitude é maior e o movimento se torna mais complexo.

## Inundação

Runup / galgamento:

- Elevação adicional da inundação, substancialmente acima do nível do mar, por consequência da conservação da quantidade de movimento e falta de profundidade.



O diagrama ilustra a elevação da água (Runup) em uma praia durante uma inundação, mostrando o nível do mar, a elevação da água e o galgamento.

## Inundação

### Avanço ou recuo do mar

- O 1.º sinal do maremoto na costa pode ser pela crista ou pela cava.
- Com subida do fundo de um lado da ruptura e descida no outro, a tendência é chegar **primeiro**:
  - a crista na de costa do lado da elevação.
  - a cava na costa do lado da descida.
- Podem acontecer sucessivas cristas e cavas, durante algumas horas.

## Inundação

As formas da chegada da crista ou inundação:

- Subida calma e rápida da água.
- Subida turbulenta e ruidosa.
- Sucessão de paredes de água, semelhante a macaréus.

O atrito remove energia na fase de inundação.



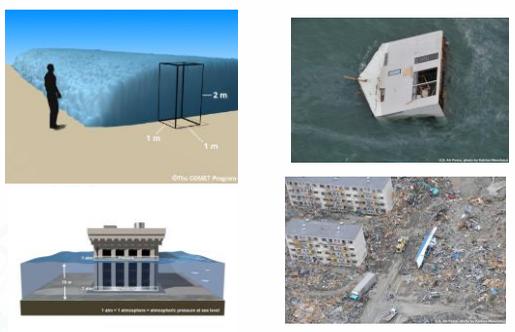
As fotografias mostram a chegada da crista de uma inundação em uma praia e a formação de macaréus em um rio.

## Inundação

### Forças e destruição

- A pressão dinâmica das ondas ( $= \rho v^2$ ) exerce força nos objectos ou estruturas que encontra.
- A pressão hidrostática ( $= - \rho g z$ ), força e quebra as bases de construções.
- Força de flutuação ( $= - \rho' g$ ), levanta objectos ou construções.
- A canalização do fluxo e refluxo, entre construções, aumenta a destruição.
- O refluxo pode ser mais destrutivo por efeito dos objectos ou materiais transportados.

## Efeitos



O diagrama superior mostra a pressão dinâmica de uma onda de 2m de altura. O diagrama inferior mostra a pressão hidrostática em uma construção. As fotografias mostram a destruição de uma casa e de um edifício.

**Efeitos**

**Efeitos do maremoto de Sendai, 2011**



**Efeitos**

- Destruição e erosão.
- Ondas estacionárias e ressonância em baías, estuários e reentrâncias.
- Vórtices no encontro de fluxos e refluxos.
- Ondas adicionais de maior frequência, devidas a efeitos não lineares (macaréus de maremotos).
  - Efeitos difíceis de quantificar, e imprevisível o comportamento preciso do tsunami e inundações locais.



**Efeitos**

**Efeitos de longo prazo**

**Por sismos susceptíveis de gerar maremotos:**

- Subida e ou descida de terreno e/ou fundo.
- Alterações da linha de costa e da batimetria.

**Ambientais:**

- Florestas destruídas ou mortas pelo impacto físico das ondas e água salgada introduzida.
- Morte de corais pela subida ou descida do leito do mar.

**Destruição da agricultura:**

- Terras de cultivo perdidas por subsidência.
- Infiltração dos solos por água salgada.
- Depósitos de areias ou argilas sobre os terrenos.



**Maremotos e efeitos na orla costeira**

CMG Lopes da Costa, EN, 2012