



*Perigosidade  
Sísmica*

*Cadeira de Riscos Geológicos  
Módulo I*

*4ª Aula*

**J. Cabral**

**Izmit, Turquia  
1999**

# EFEITO DA DIRECTIVIDADE

- O processo de propagação da ruptura co-sísmica ao longo do plano da falha sismogénica designa-se por **directividade**.
- A **directividade** aumenta a amplitude das ondas sísmicas no sentido da propagação das ondas (**efeito Doppler**):
  - consequentemente, os efeitos do sismo – quantificados pela intensidade sísmica – podem ser muito superiores no sentido da propagação da ruptura sísmica do que no sentido oposto.

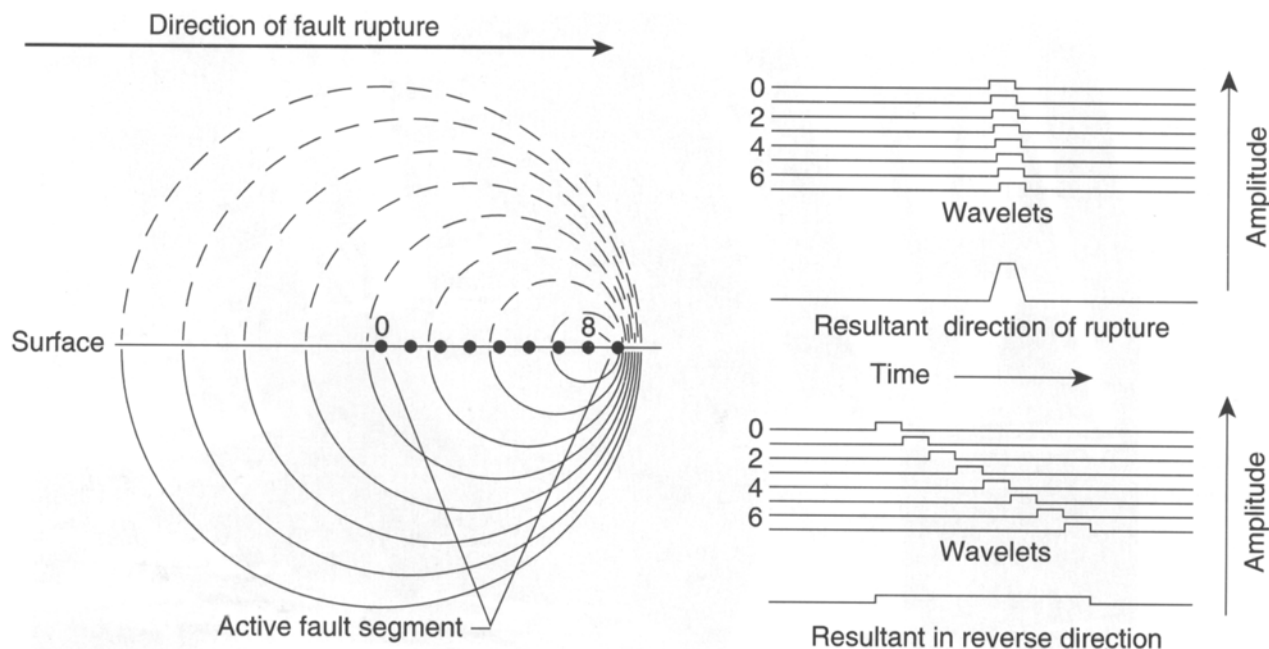


Figure 1.18 Concept of directivity increasing the amplitude of seismic waves in the direction that rupture propagates. Rupture begins at point 0, but expands asymmetrically to the right (1, 2 ... 8). Circles indicate the distance that seismic energy released at each time interval has traveled. Because the rate of rupture propagation is about equal to the speed at which the seismic waves travel, the waves from different times can coincide and amplify in areas to the right. This process is analogous to the Doppler effect of increasing pitch of sound waves from approaching train whistle. (After Benioff, 1955. *California Division of Mines Bulletin*, 171:199–202.) Keller e Pinter, 2002

# EFEITO DA DIRECTIVIDADE – EXEMPLO DO SISMO DE NORTHRIDGE, L.A. ( $M_w$ 6,7)

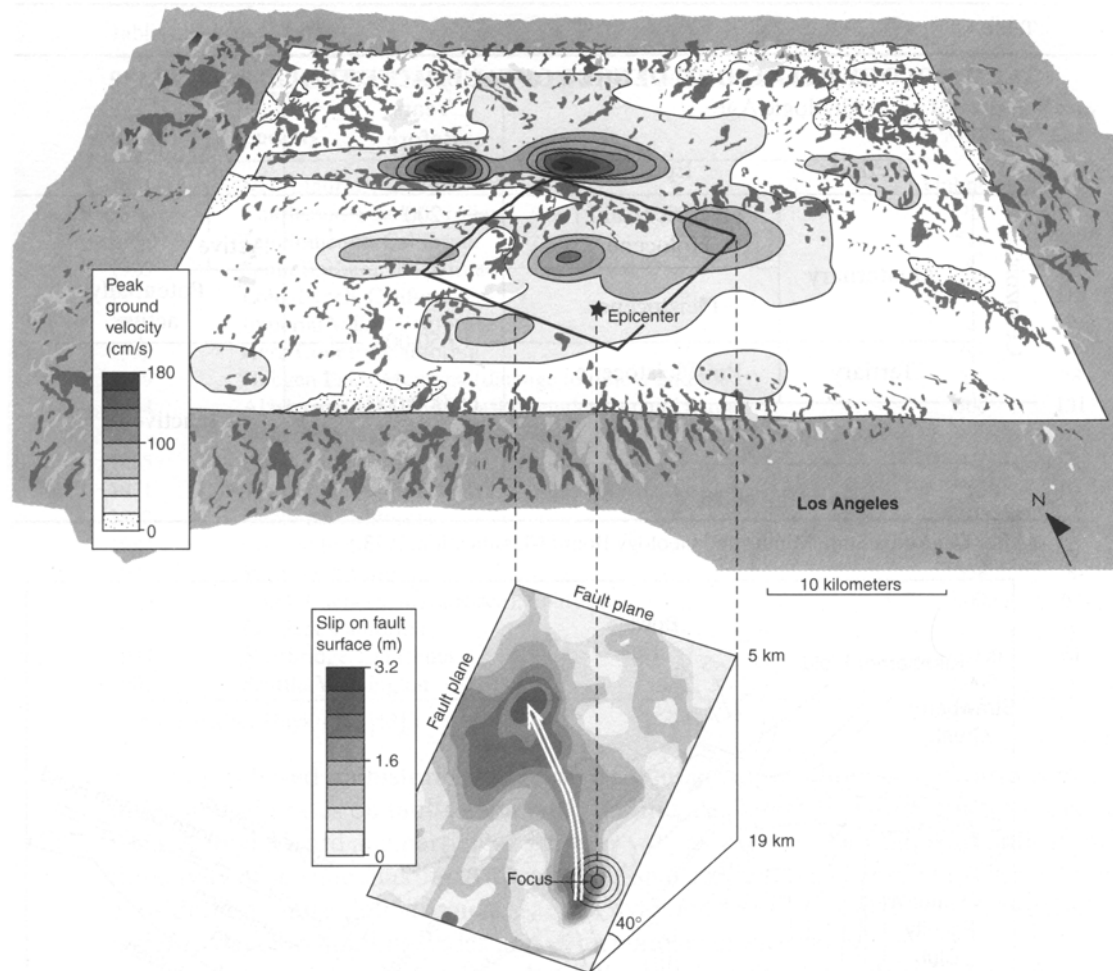


Figure 1.19 Aerial view of the Los Angeles region from the south showing the epicenter of the 1994 Northridge earthquake with peak ground motion in centimeters per second and the fault plane in its subsurface position. The fault rupture apparently began at the focus in the southeastern part of the fault plane and proceeded upward and to the northwest, as shown by the arrow. The area that ruptured is approximately 430 km<sup>2</sup>, and the fault plane dips at approximately 40° to the south-southwest. Notice that maximum slip and peak ground velocities both occur to the northwest of the epicenter. (U.S. Geological Survey, 1996. U.S. Geological Survey Open-File Report 96-263.)

# CRITÉRIOS DE ACTIVIDADE NEOTECTÓNICA

## ➤ Critério estratigráfico (ou "de corte"):

- estruturas tectónicas afectando formações geológicas de idade compreendida no período neotectónico considerado.

## ➤ Critério geomorfológico:

- **deslocamentos** em **formas de relevo** "recentes" (p.ex. rede hidrográfica e/ou superfícies de erosão);
- estruturas tectónicas com uma **expressão morfológica** de aspecto jovem (p. ex., **escarpas de falha directas**, bem conservadas).

## ➤ Critério sísmológico:

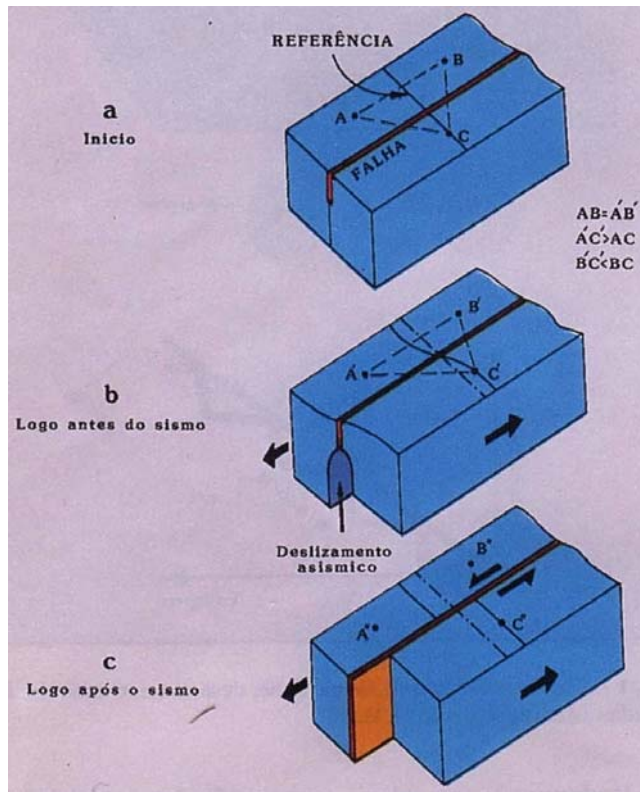
- **actividade sísmica associada** indicada por descrições históricas (**sismicidade histórica**), através da **localização da área macrossísmica** ou pelo **traçado das curvas isossistas**;
- indicada por registos instrumentais (**sismicidade instrumental**), nomeadamente pela **localização de epicentros** e de **hipocentros**.

## ➤ Critério geodésico de deformação:

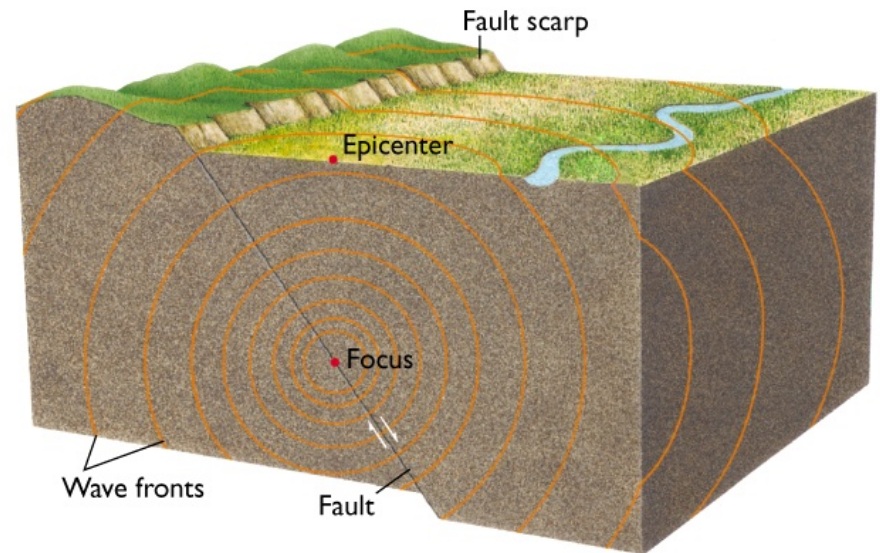
- **deformações da superfície topográfica**, indicadas por **medições instrumentais** de grande precisão.

# RUPTURA SUPERFICIAL – EXPRESSÃO GEOMÓRFICA

- **Foco superficial** (< 15 - 20 km de profundidade):
- $M \geq 6$  → ruptura na crosta propaga-se até à **superfície topográfica**, deslocando-a
  - ocorre **RUPTURA SUPERFICIAL** ⇒ **EXPRESSÃO GEOMÓRFICA**



Ribeiro, 1995



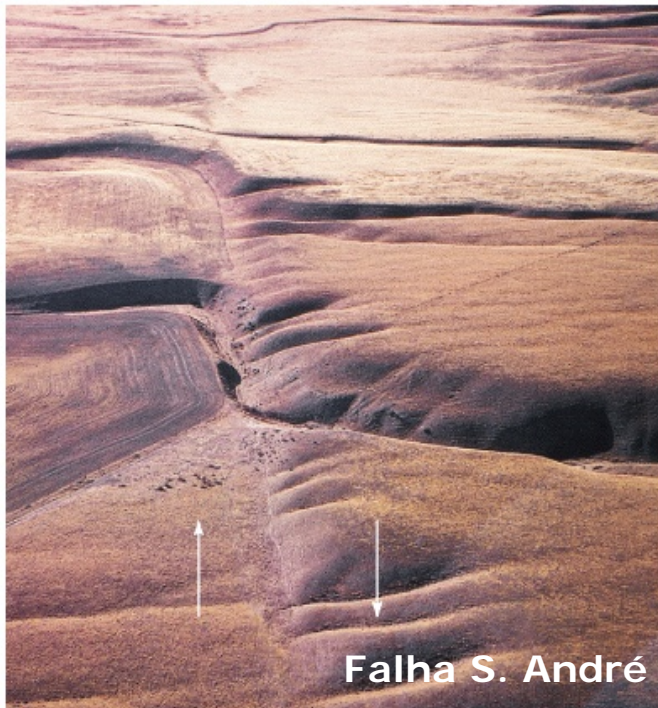
Press e Siever, 2002

# RUPTURA SUPERFICIAL → EXPRESSÃO MORFOLÓGICA

➤ Rupturas superficiais sucessivas ↔ sismos passados + deslizamento assísmico (*creep*) ⇒

**falhas activas** apresentam **expressão morfológica**:

- componente de **deslocamento vertical** → gera **degrau topográfico** → **escarpa de falha**;
- componente de **deslocamento horizontal** → gera **desvios em referências morfológicas**.



Basin and Range, Nevada,  $M_s$  7,6;  $D_{max}$  5,8m; L 59km

# EXPRESSÃO GEOMÓRFICA - FACTORES

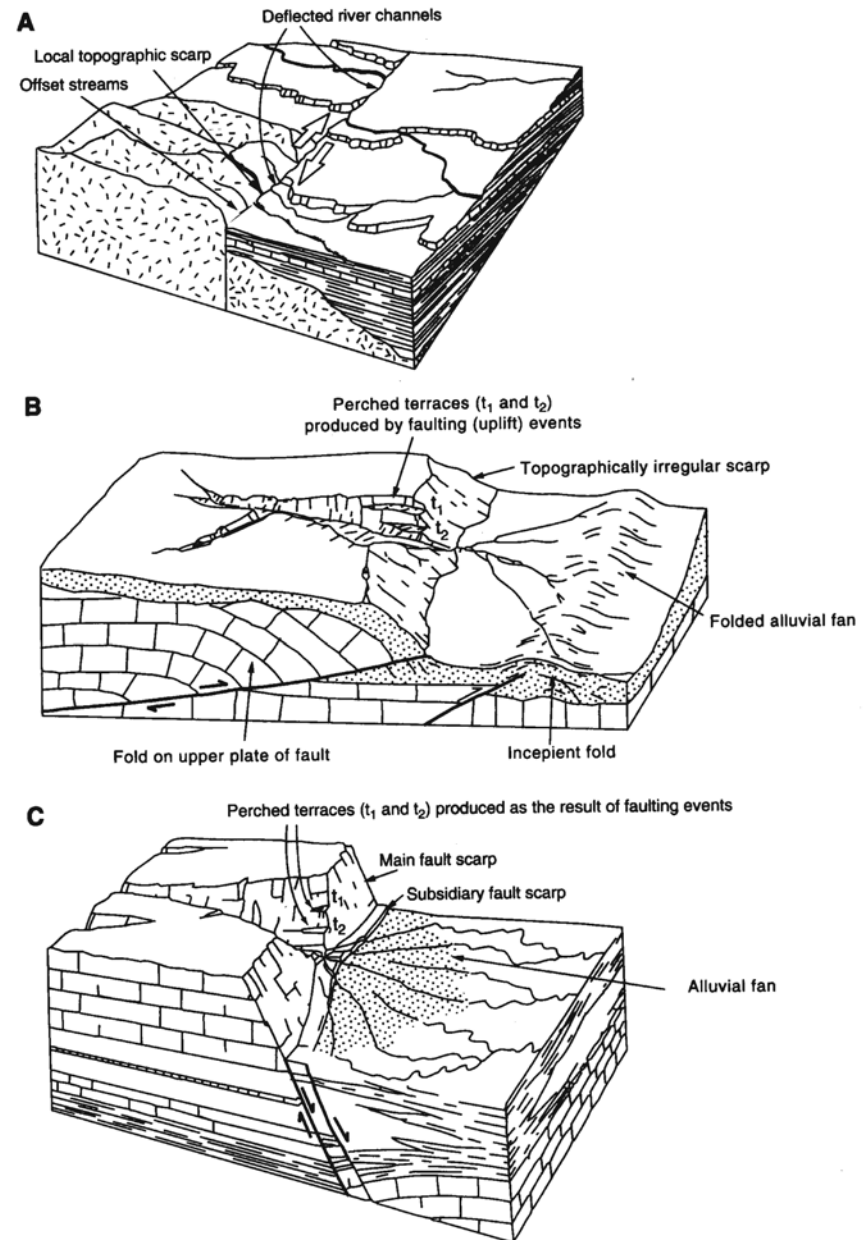
➤ Expressão morfológica das estruturas tectónicas depende, contudo, de numerosos factores que é necessário considerar, nomeadamente:

- o estilo tectónico,
- a velocidade de deformação,
- a natureza das rochas,
- a intensidade de acção dos

agentes da geodinâmica

externa (condicionada

principalmente pelo clima).



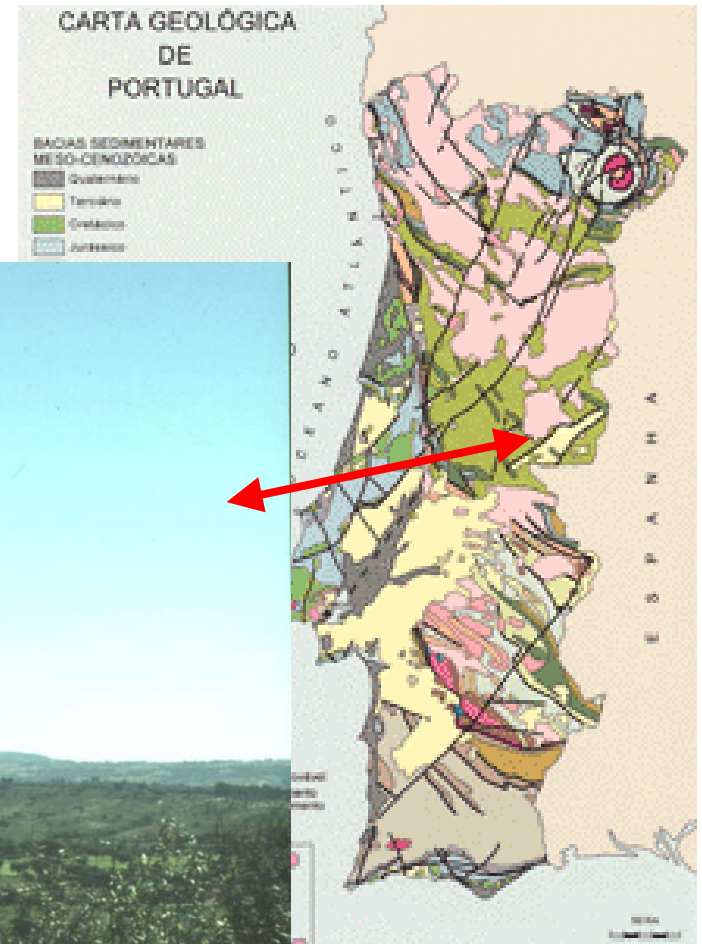
## ESCARPA DE FALHA – EX: F. WASATCH





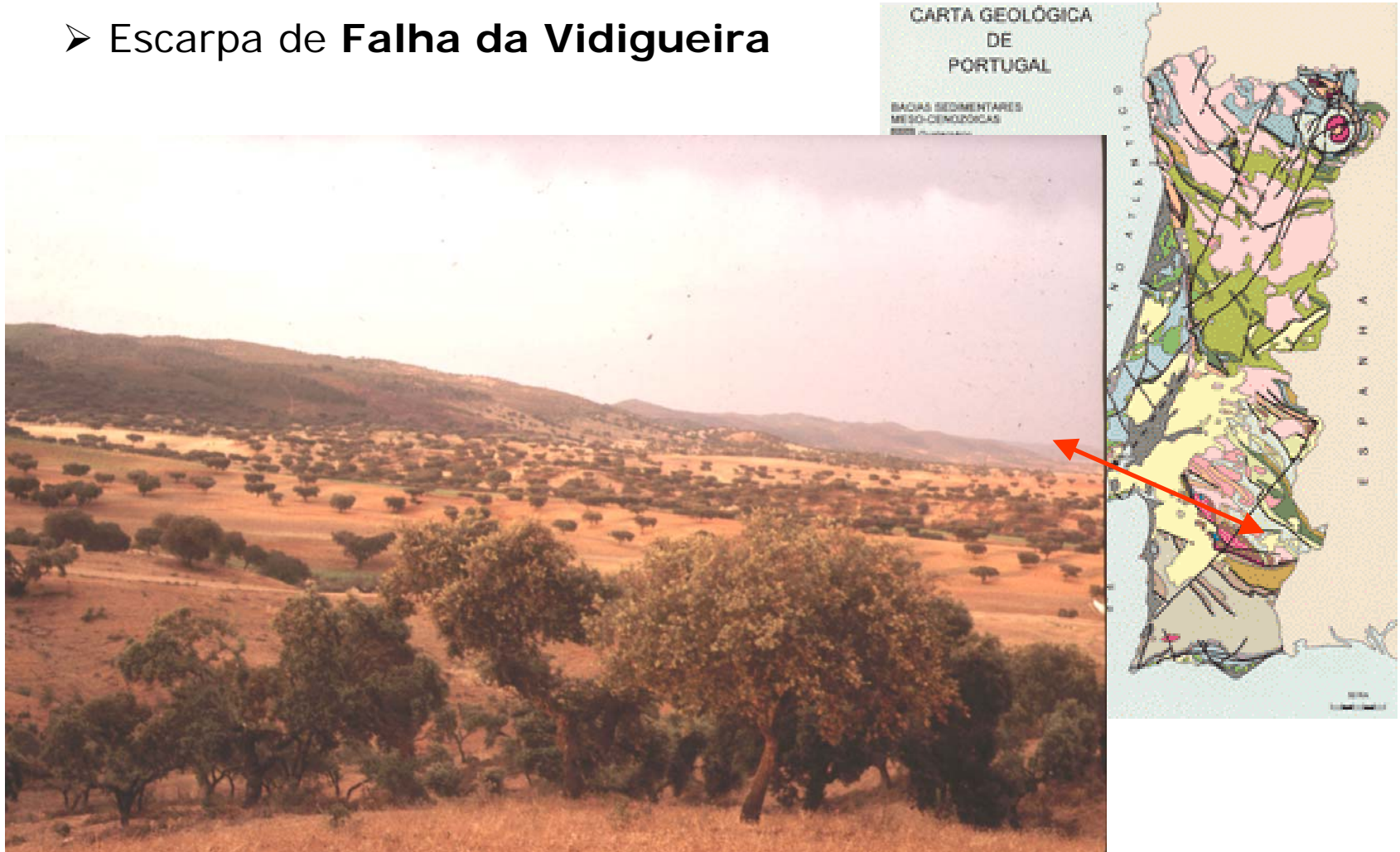
# PORTUGAL - EXEMPLOS

- Escarpa de falha do Ponsul:



# PORTUGAL - EXEMPLO

- Escarpa de **Falha da Vidigueira**



# CRITÉRIO SISMOLÓGICO DE ATIVIDADE

- Sismo de Borah Peak, Idaho.
  - 1983,  $M_S = 7,3$
  - Desloc. Max. = 2,7m
  - Comp. Ruptura = 34km
- Província Basin and Range (W USA)
  - Falha normal

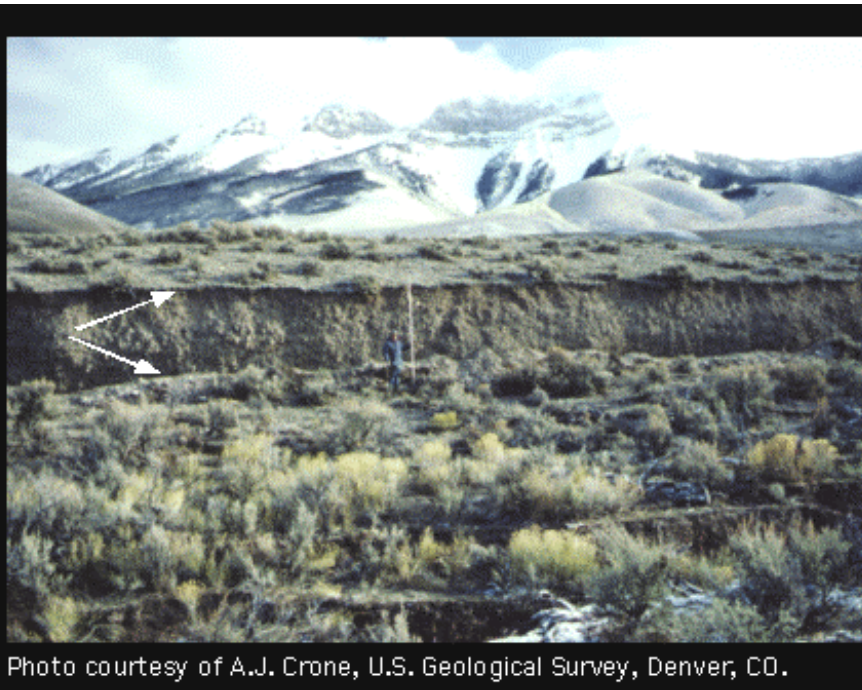


Photo courtesy of A.J. Crone, U.S. Geological Survey, Denver, CO.

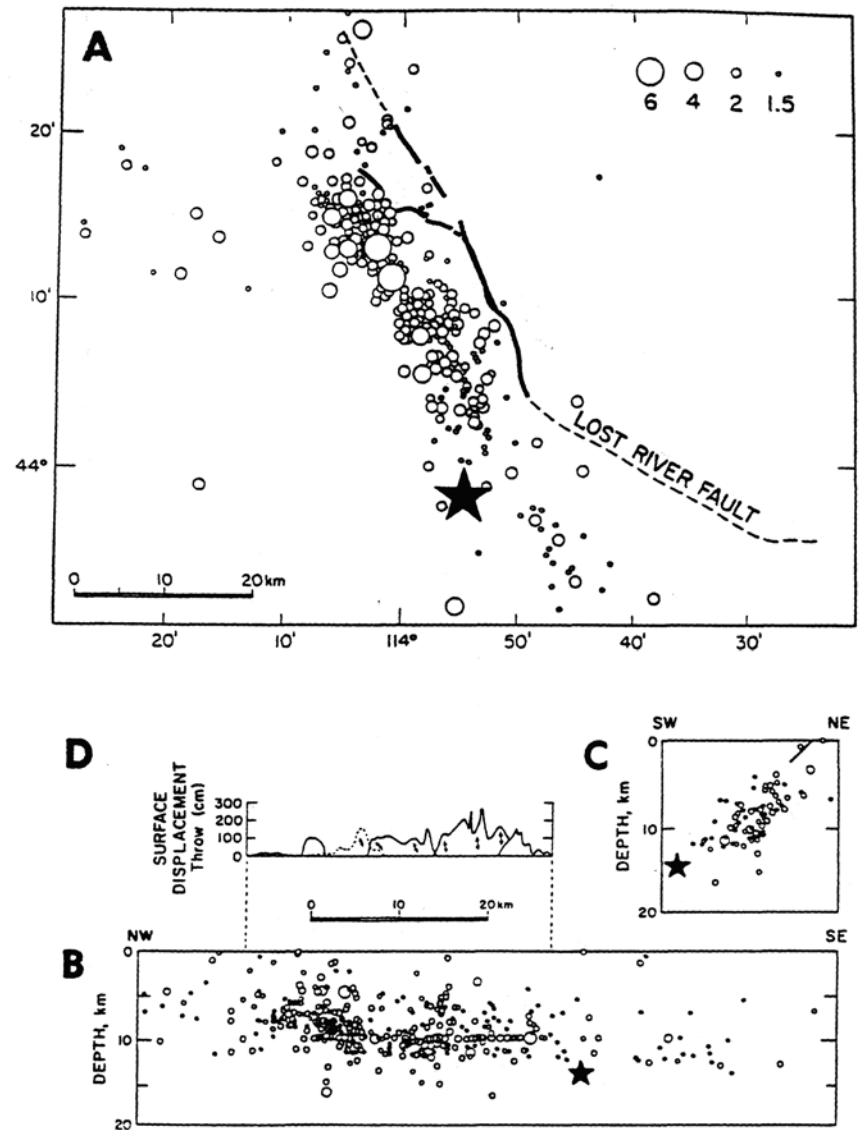
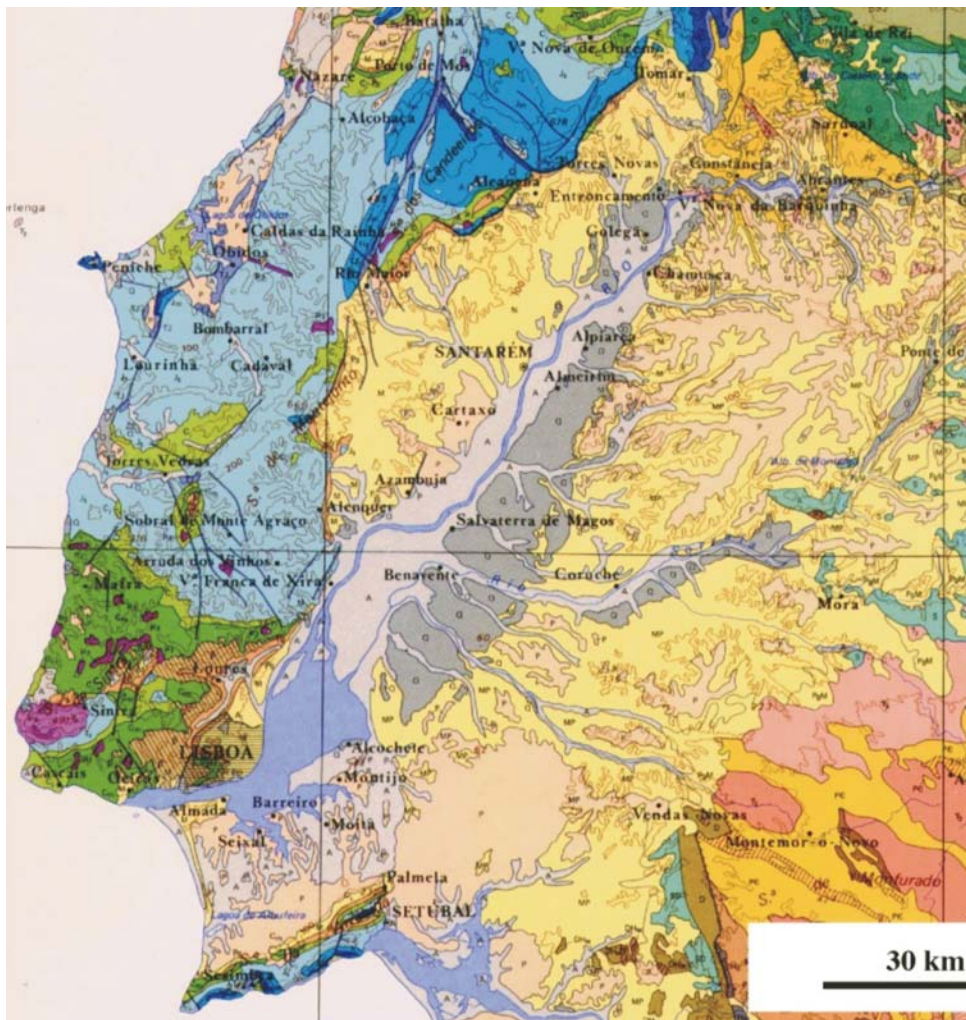


Fig. 4.22 Aftershocks and faulting in the Borah Peak, Idaho, earthquake of 1983: (a) map view; (b) section parallel to the fault; (c) section normal to the fault; (d) surface slip (see Fig. 3.31a for detail). (Data from Richins et al., 1987; Crone and Machette, 1984; figure from Nabelek, in press.)

Scholz, 1990

# VALE DO TEJO – SISMICIDADE

Sismicidade na região do Vale Inferior do Tejo  
Período -56 a 2000 (IM, 2000)



Adaptado de Carta Geo. Portugal  
1:500.000, IGM, 1992

