

GEOLOGIA 10

PPT7- BG10

ESTRUTURA E DINÂMICA DA GEOSFERA

- Vulcanismo (PPT6-BG10)
- Sismologia (PPT7-BG10)

Simbologia



Ligação para um recurso externo



Nota de rodapé



Sismos ou **tremores de terra** são movimentos vibratórios bruscos da litosfera. Resultam da libertação de grande quantidade de energia sob a forma de calor e ondas sísmicas.

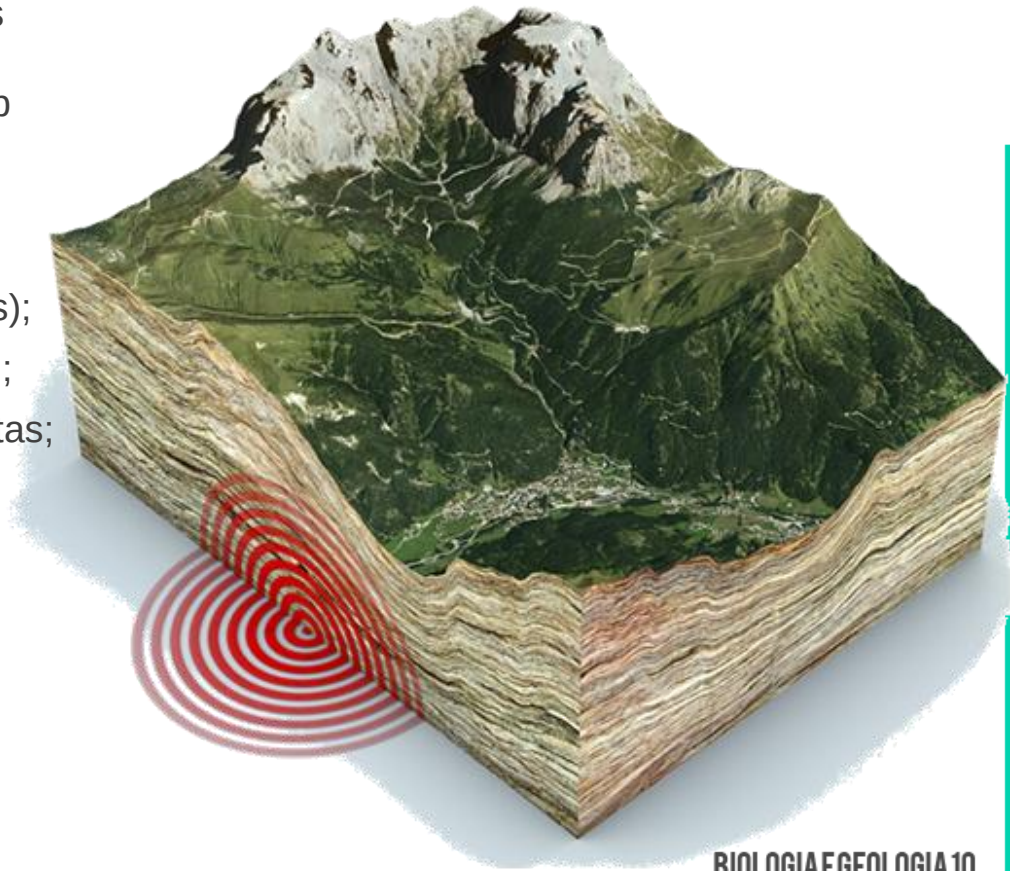
A origem dos sismos pode estar associada a:

- atividades humanas (ex: explosões em minas);
- vulcanismo (devido à deslocação de magma);
- deslizamento de terras ou abatimento de grutas;
- movimentos das placas litosféricas – sismos tectónicos.

Os sismos são objeto de estudo da sismologia, uma disciplina da geofísica.

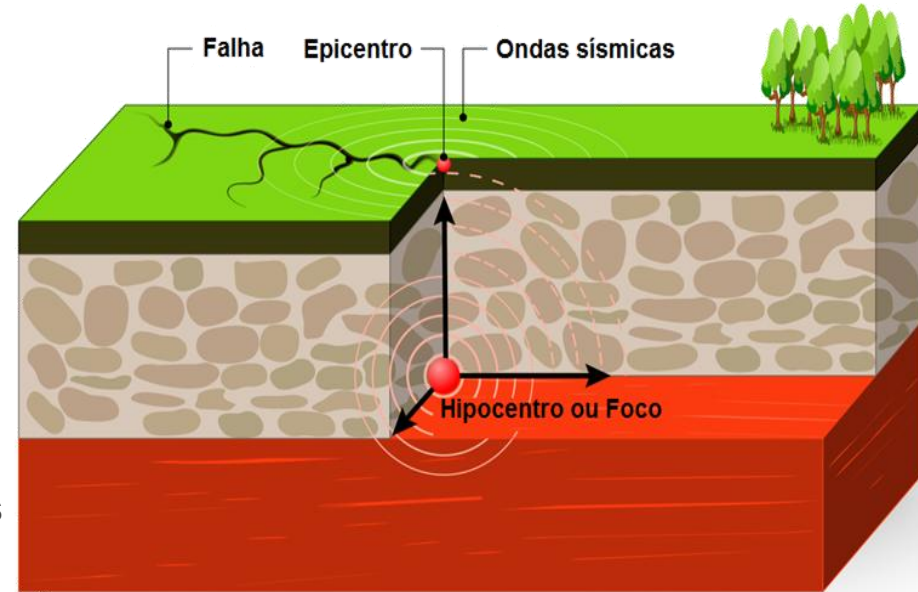
Microsismo – não é sentido pelas pessoas.

Macrossismo – é sentido pelas pessoas.



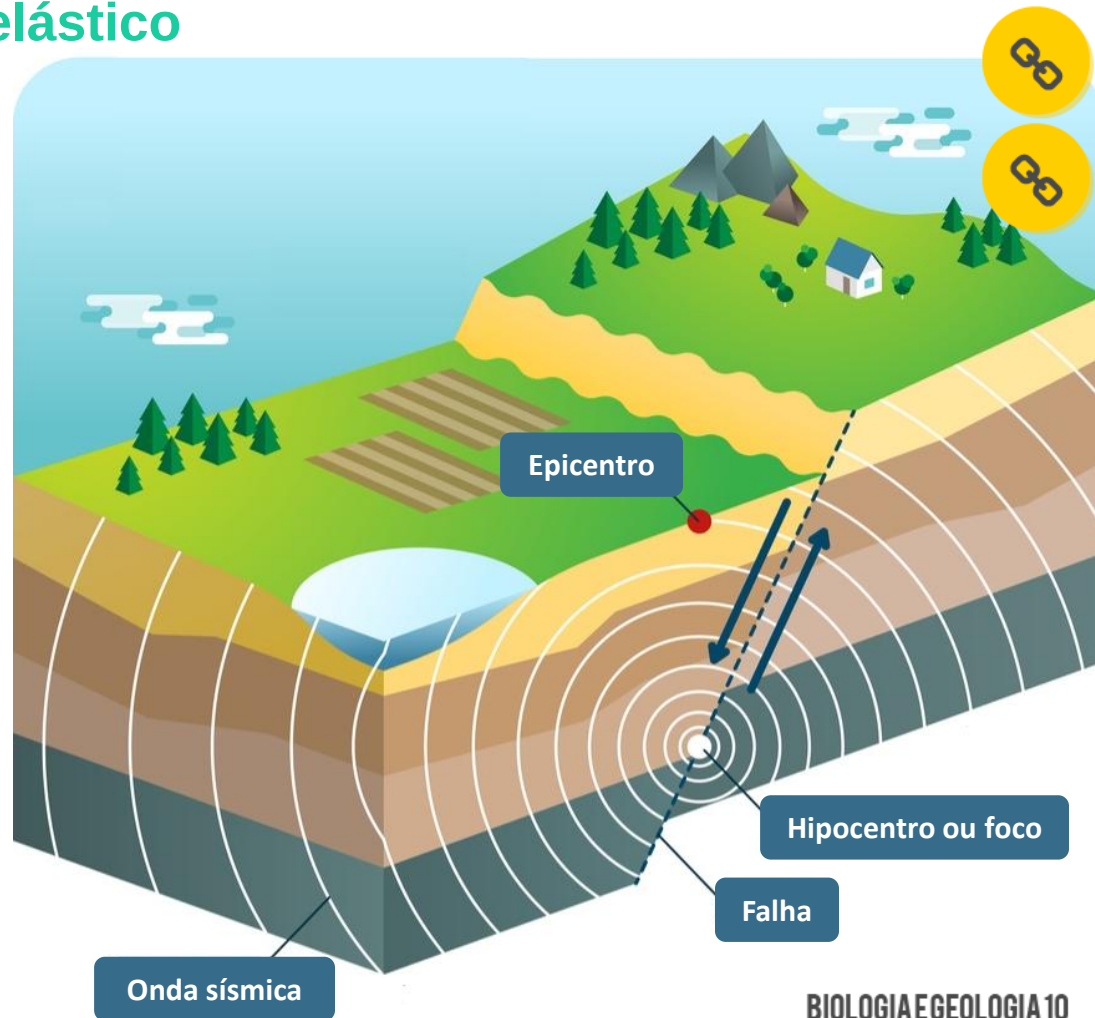
Termos associados aos sismos

- **Hipocentro ou foco** – local, no interior da Terra, onde o sismo tem origem. Nos sismos superficiais situa-se até aos 70 km de profundidade; nos sismos profundos está a mais de 300 km de profundidade.
- **Epicentro** – ponto da superfície terrestre mais próximo do hipocentro.
- **Sismógrafos** – aparelhos que registam ondas sísmicas, produzindo **sismogramas**.
- Um sismo forte é antecedido quase sempre por abalos mais fracos – **sismos premonitórios** ou **abalos premonitórios**.
- Após um sismo há reajustamentos nos materiais rochosos na zona da falha, o que origina pequenos abalos – as **réplicas**.



Teoria do ressalto elástico

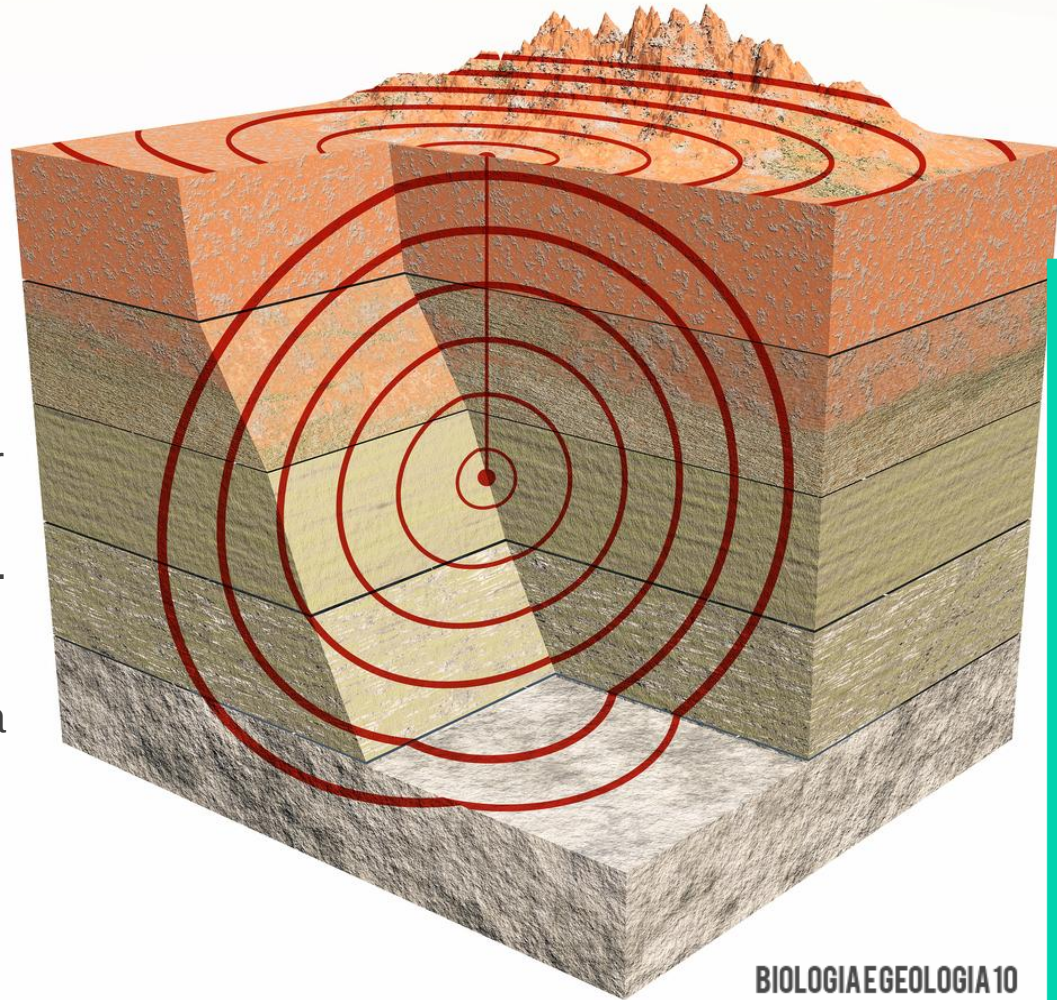
- As rochas ficam sujeitas a forças de elevada intensidade e duração, devido ao movimento das placas litosféricas.
- Acumula-se uma grande quantidade de energia.
- Quando é ultrapassado o limite de resistência da rocha à rutura, ela parte.
- Os blocos rochosos deslocam-se um em relação ao outro, formando-se uma falha e libertando-se, de forma brusca, uma enorme quantidade de energia, sob a forma de calor e ondas sísmicas.
- Sempre que os blocos rochosos se deslocam ao longo da falha ocorrem novos sismos.



Ondas sísmicas

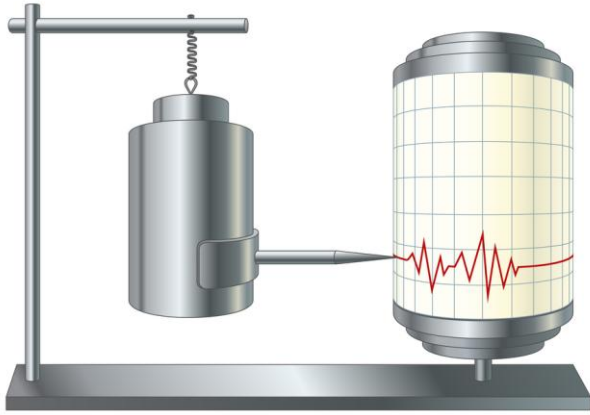
As ondas geradas no hipocentro propagam-se em todas as direções e, uma vez à superfície, geram outros tipos de ondas.

- **Ondas de profundidade, internas ou de volume** – propagam-se a partir do hipocentro, em todas as direções. São de dois tipos: ondas P e ondas S.
- **Ondas de superfície** – resultam da interação das ondas de volume com a superfície terrestre. Propagam-se à superfície ou próximo dela. É o caso das ondas R e L.

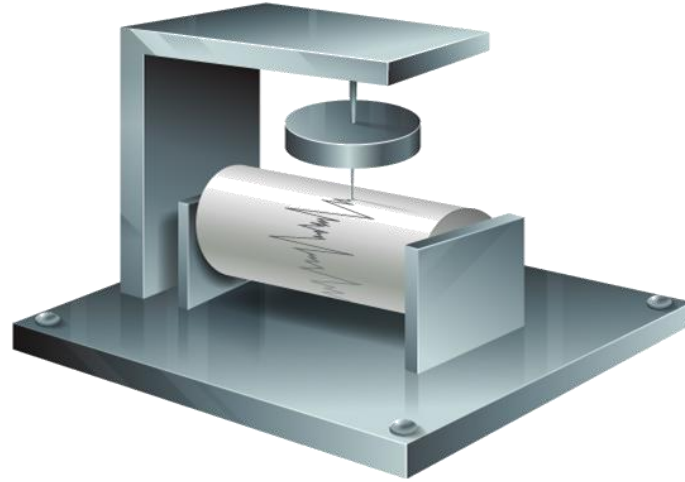


Registo das ondas sísmicas

Diferentes ondas sísmicas fazem vibrar de forma diversa os materiais que atravessam, pelo que é necessário ter diferentes sismógrafos para conseguir registar movimentos verticais e horizontais das partículas.



Sismógrafo vertical



Sismógrafo horizontal

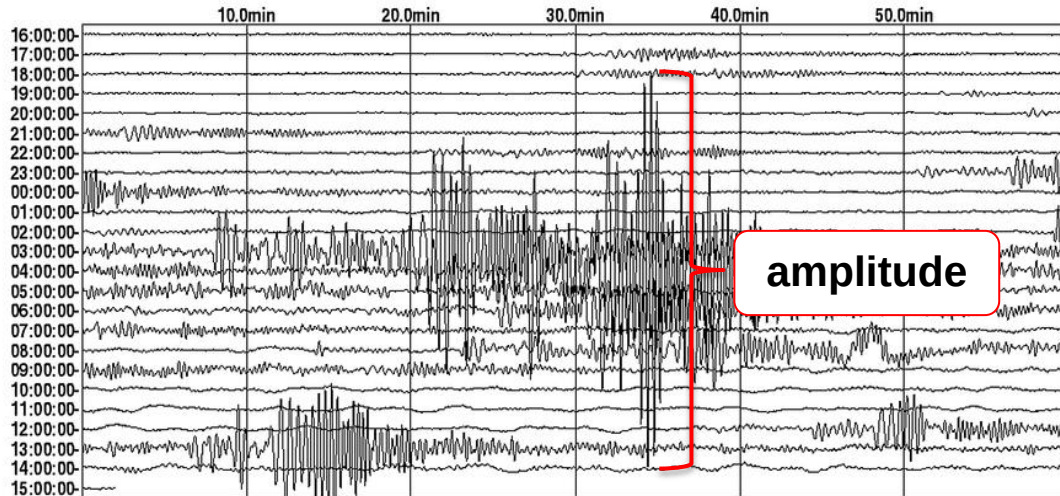
Numa estação sismológica encontram-se pelo menos dois sismógrafos horizontais (orientados nas direções norte-sul e este-oeste) e um sismógrafo vertical.

Registo das ondas sísmicas

Os geofísicos extraem muitas informações dos sismogramas.

Alguns aspetos analisados num sismograma incluem:

- a amplitude das ondas, que corresponde à distância a que as partículas se afastam da sua posição de repouso;
- o tempo de chegada de cada onda;
- o intervalo de tempo entre a chegada de diferentes ondas.

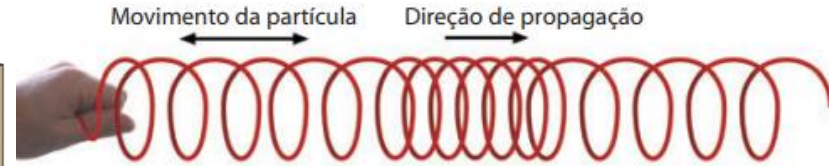
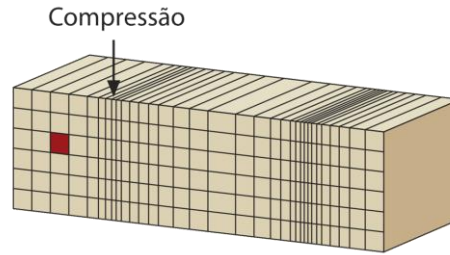


Sismograma

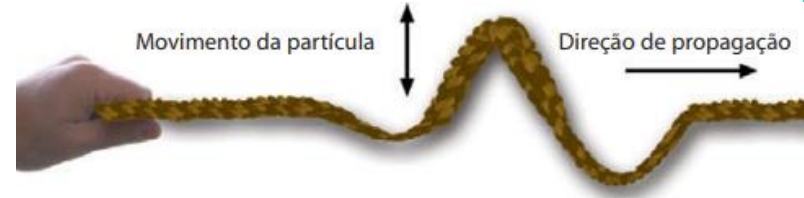
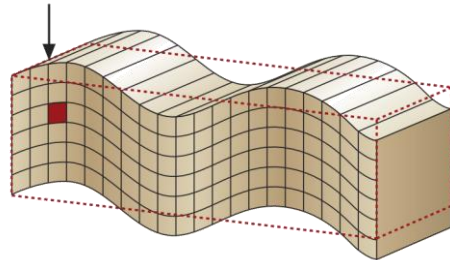
Tipos de ondas sísmicas



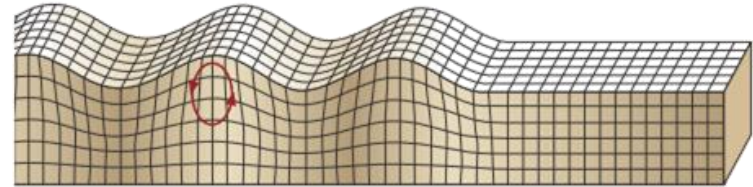
As **ondas P** designam-se também **ondas longitudinais** pois fazem vibrar as partículas na direção de propagação. Propagam-se em meios sólidos e líquidos e são muito rápidas.



As **ondas S** designam-se também **ondas transversais** pois fazem vibrar as partículas perpendicularmente à direção de propagação. Propagam-se em meios sólidos mas não em meios líquidos e são mais lentas.



As **ondas superficiais** (**ondas L e R**) fazem vibrar as partículas de formas diversas, incluindo movimentos circulares de grande amplitude. Os danos que se verificam durante os sismos devem-se principalmente a este tipo de ondas.

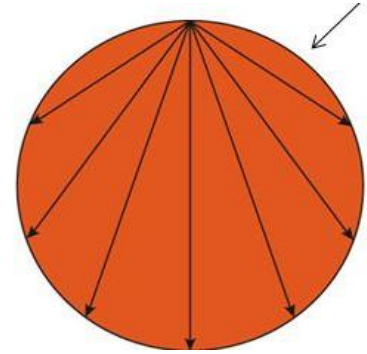


Ondas sísmicas e descontinuidades internas

- A velocidade das ondas sísmicas depende da rigidez e da densidade dos materiais que atravessam. A velocidade das ondas P e S aumenta com a rigidez dos materiais e diminui com a densidade.
- As ondas sísmicas sofrem desvios na sua trajetória quando encontram superfícies de descontinuidade entre materiais. Este fenómeno é semelhante ao que já foi estudado na disciplina de Física para outros fenómenos ondulatórios, como a luz e o som.
- Se a Terra fosse uniforme, as ondas P e S teriam uma propagação uniforme e não sofririam alterações na trajetória e na velocidade.
- As ondas de profundidade (P e S) atravessam a Terra e são detetadas nos sismógrafos existentes um pouco por todo o globo.
- Os geofísicos estudam variações na trajetória e na velocidade das ondas P e S como método indireto de estudo do interior da Terra.

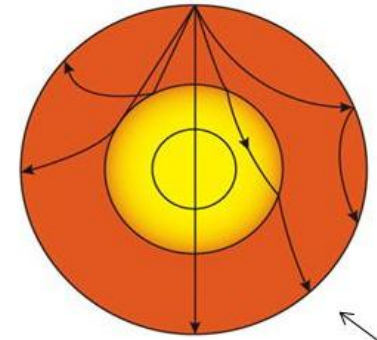
Modelo 1

Interior da Terra uniforme



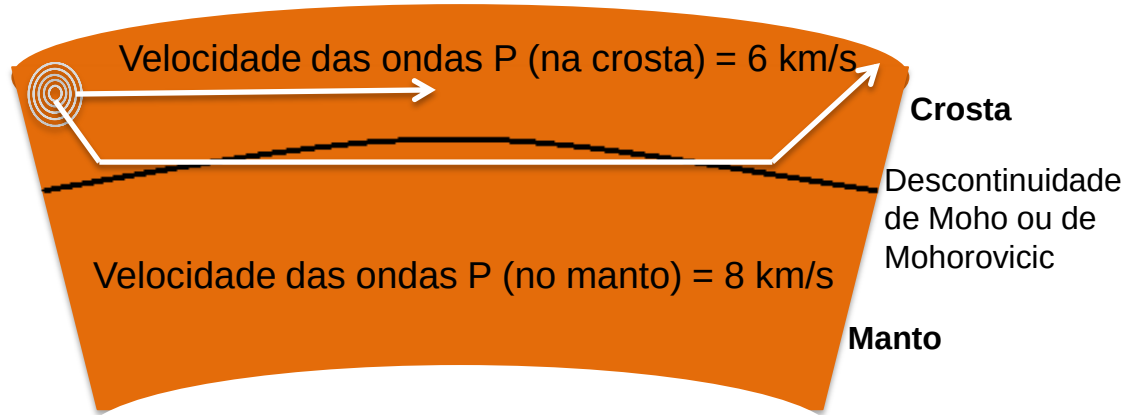
Modelo 2

Interior da Terra com camadas de diferente composição



EXERCÍCIO

- Mohorovicic foi um geofísico croata que propôs a existência de uma descontinuidade entre a crosta e o manto. Esta proposta resultou do estudo de sismogramas de estações sismográficas próximas de Zagreb.
- Mohorovicic observou que nas estações sismográficas mais afastadas do epicentro eram registadas ondas P diretas e refratadas, sendo que as refratadas percorriam uma distância maior mas chegavam primeiro.



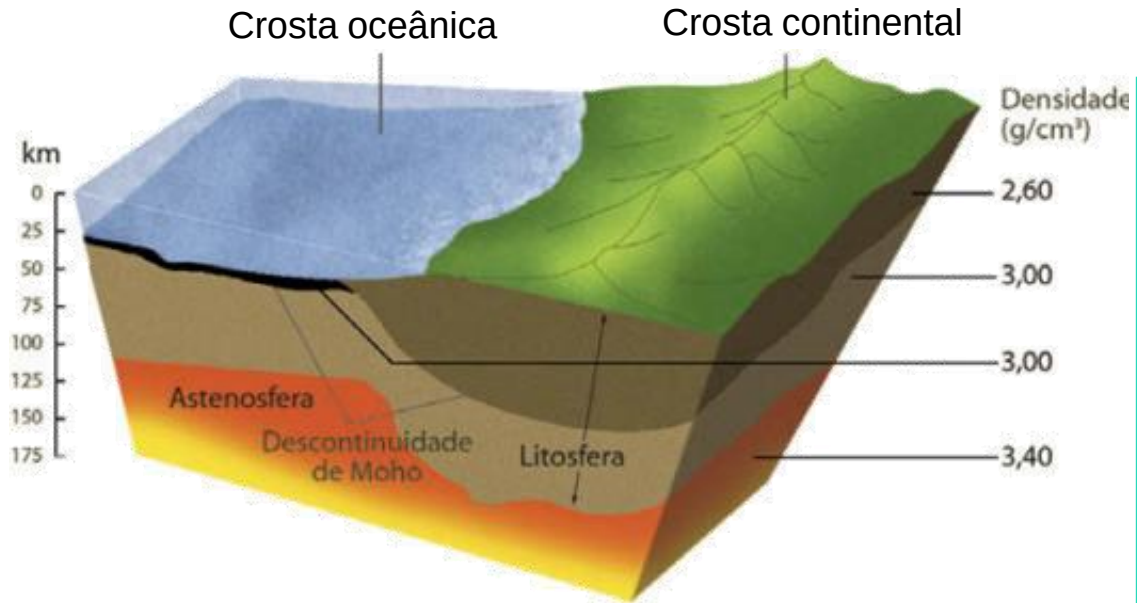
O que pode explicar estes resultados?

- As ondas refratadas deverão encontrar um meio diferente que lhes permite adquirir uma velocidade superior.

Descontinuidade de Moho



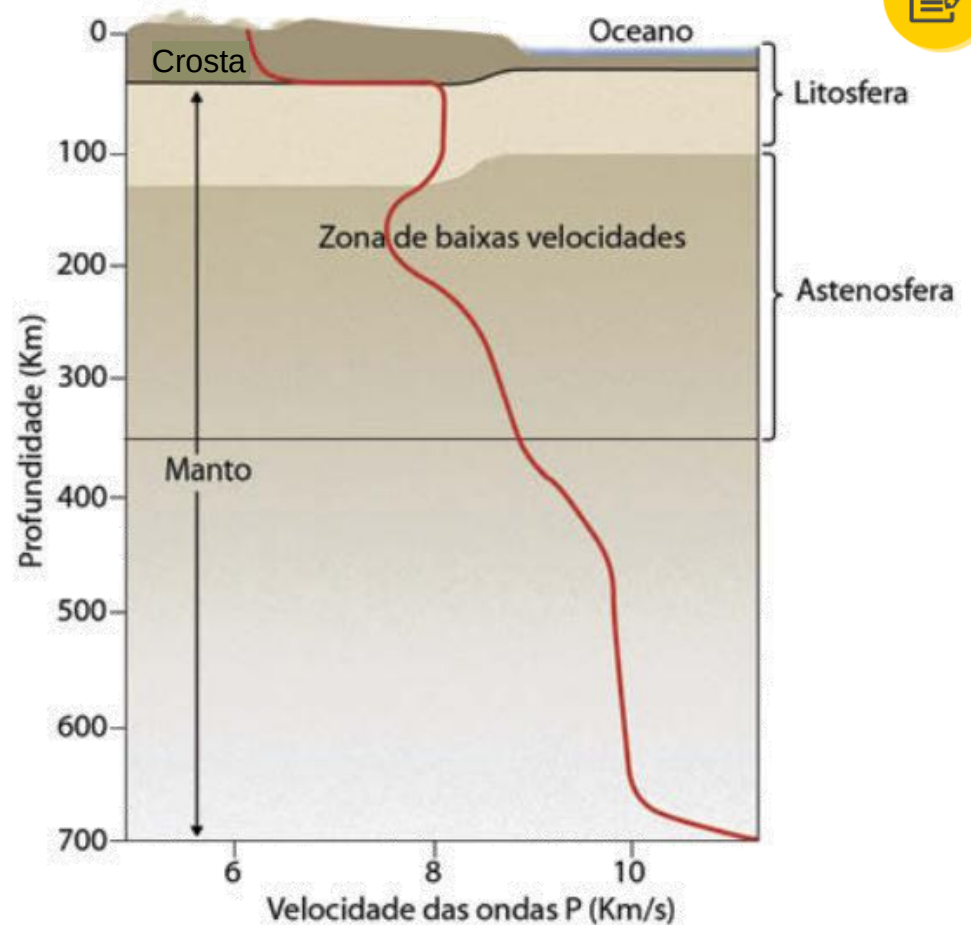
- A descontinuidade de Mohorovicic, que separa a crosta do manto, não se encontra sempre à mesma profundidade (ver animação no *link*).
- A descontinuidade de Moho encontra-se em profundidades de 5 km a 10 km na crosta oceânica, e em profundidades de 35 km a 70 km na crosta continental.
- A velocidade de propagação das ondas sísmicas é de 6 km/s na crosta continental e de 7 km/s na crosta oceânica, mais rígida.





Explique a variação de velocidade das ondas P na descontinuidade de Moho e entre os 100 km e os 350 km.

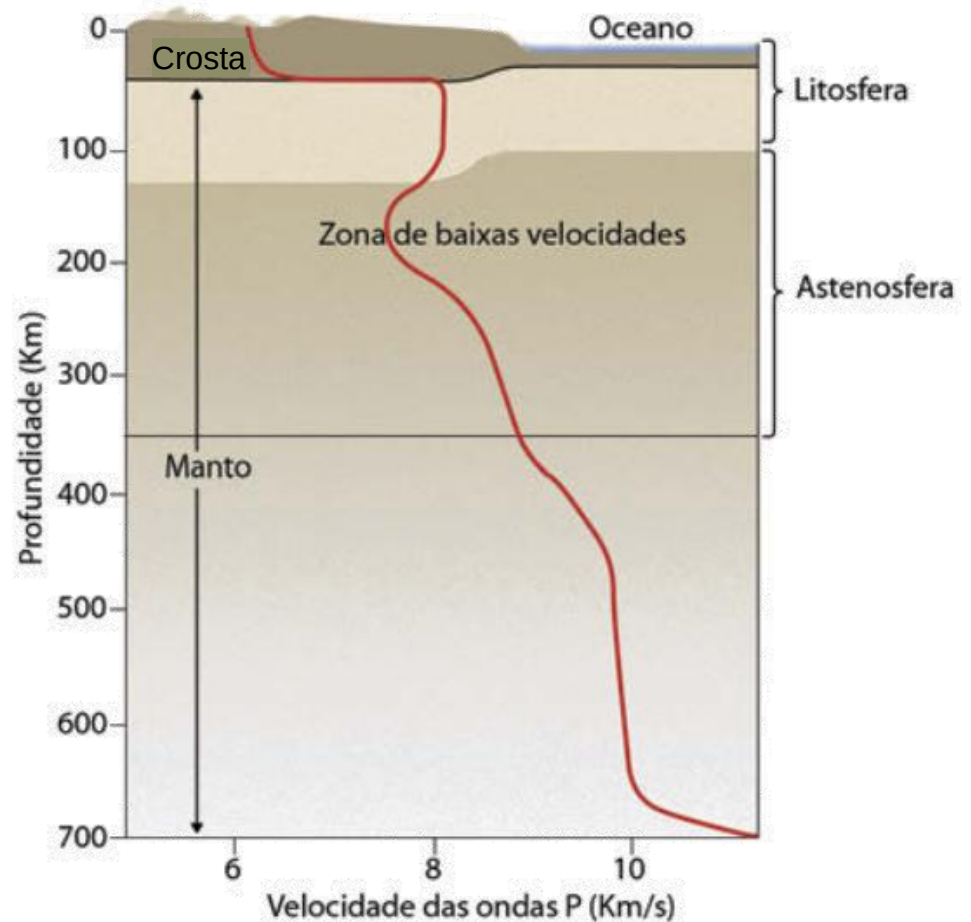
- Na descontinuidade de Moho, a variação de velocidade das ondas sísmicas deve-se à transição dos materiais da crosta para os do manto, que têm composição diferente. Entre os 100 km e os 350 km situa-se a astenosfera, uma camada do manto com menor rigidez, e portanto mais plástica, na qual as ondas se propagam com maior dificuldade.



EXERCÍCIO

Relacione os dados do gráfico com a teoria da tectónica de placas.

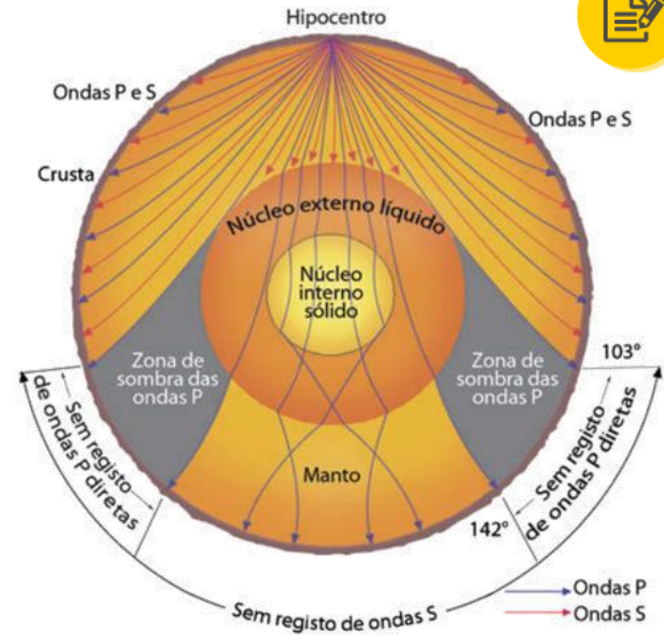
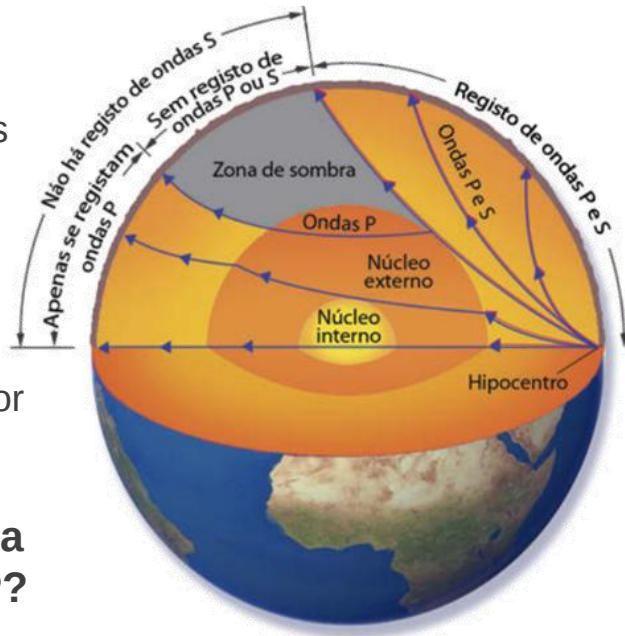
- Segundo essa teoria, as placas litosféricas movem-se devido às correntes de convecção térmica. A descoberta de uma zona de baixa velocidade das ondas sísmicas, sob a litosfera, constituiu um argumento a favor a teoria da tectónica de placas.



Exercício

Os dados da sismologia forneceram outros resultados surpreendentes para os geofísicos. Por exemplo, as ondas P diretas nunca são detetadas na faixa entre os 103° e os 143° contados a partir do epicentro, em redor de todo o globo.

Como explicar esta zona de sombra das ondas P?



A zona de sombra deve-se aos desvios que as ondas P sofrem nas discontinuidades internas da Terra:

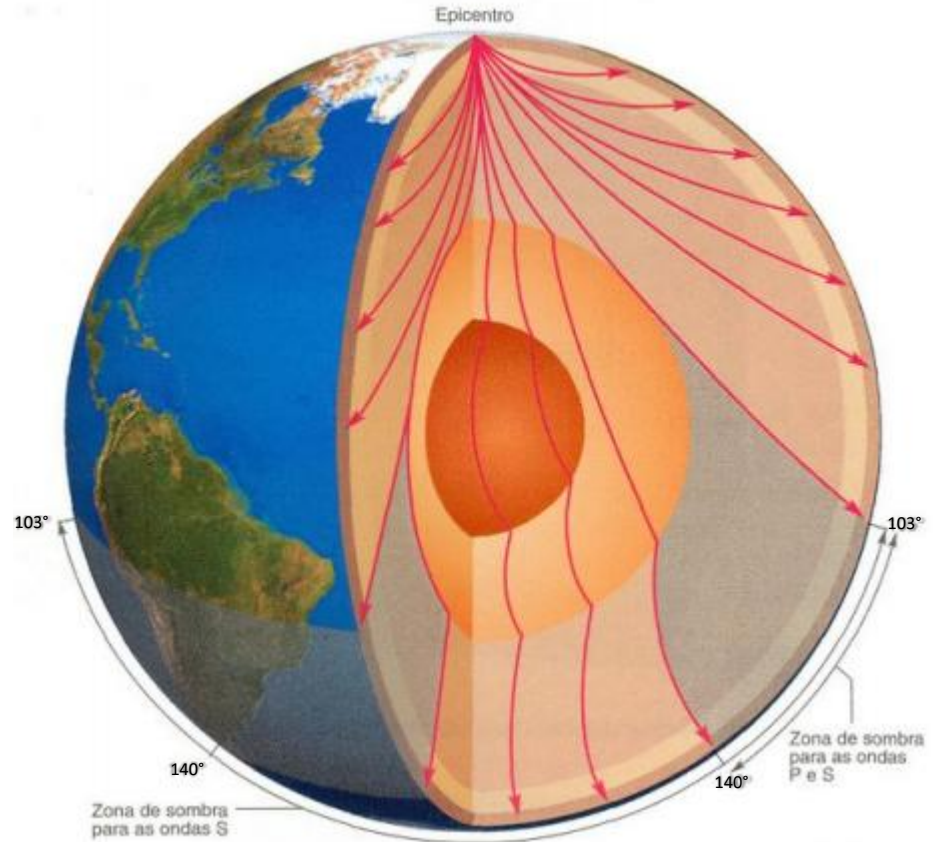
- **Descontinuidade de Gutenberg**, entre o manto e o núcleo externo, a 2900 km de profundidade.
- **Descontinuidade de Lehman**, entre o núcleo interno e o externo, a 5100 km de profundidade.



EXERCÍCIO

Preveja a extensão da zona de sombra das ondas S. Recorde que estas não se propagam em meios líquidos.

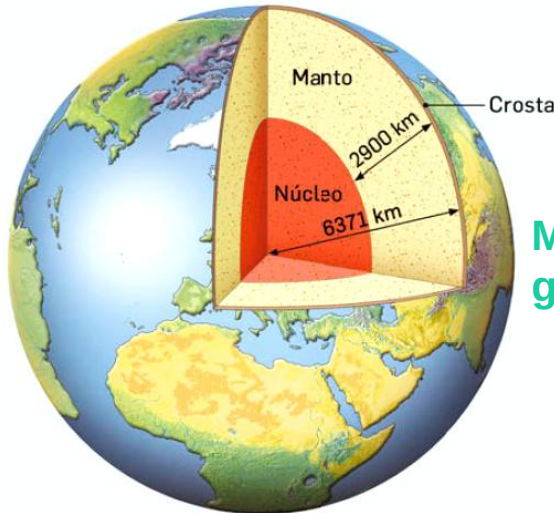
- As ondas S diretas têm uma zona de sombra correspondente a toda a área do globo terrestre abaixo dos 103° de distância epicentral.
- As ondas S não atravessam o núcleo externo, que é líquido.



Estrutura interna da Terra

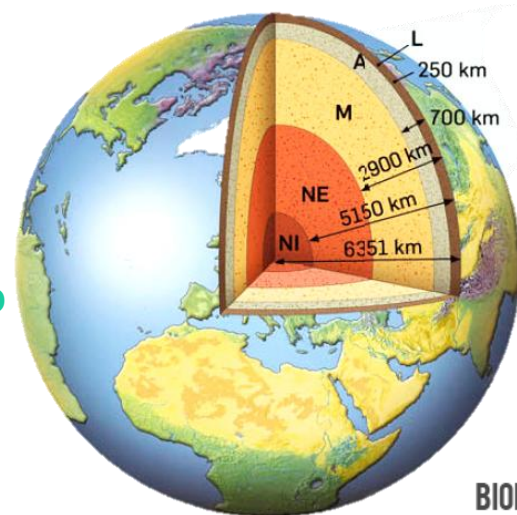
O estudo das ondas sísmicas permitiu:

- perceber que existem camadas com diferentes características no interior da Terra;
- localizar as discontinuidades que marcam a transição entre diferentes camadas;
- caracterizar as diferentes camadas.



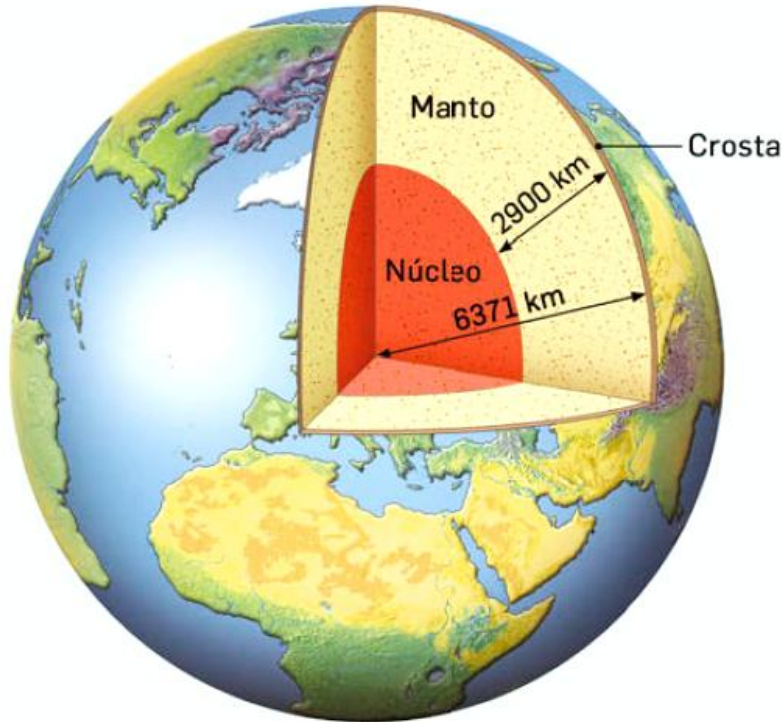
**Modelo
geoquímico**

**Modelo
geofísico**



Estrutura interna da Terra

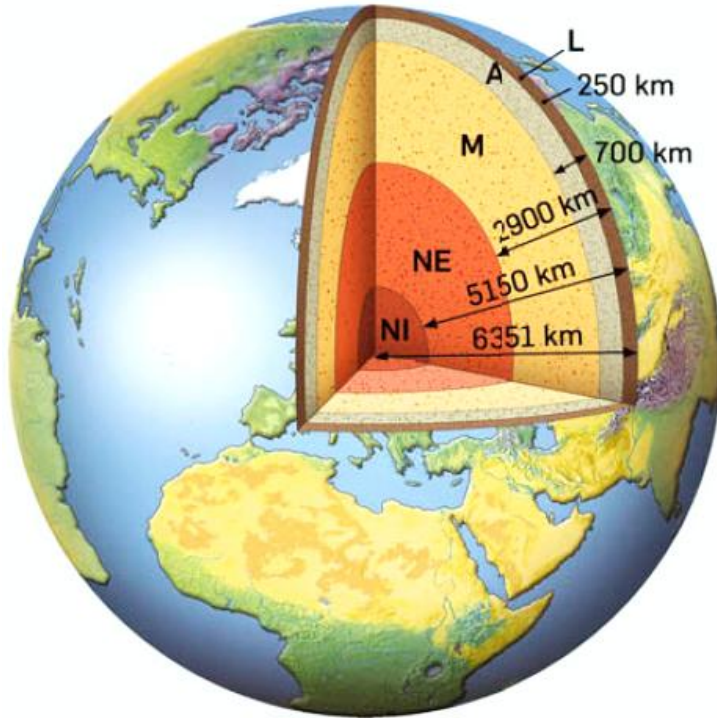
Modelo geoquímico



Camadas terrestres		Características
Crosta	Continental	Formada por grande diversidade de rochas, embora predominem as graníticas (ricas em silício e alumínio).
	Oceânica	Formada essencialmente por rochas basálticas (ricas em silício e magnésio).
Manto		Formado por rochas de elevada densidade, ricas em ferro e magnésio.
Núcleo		Rico em ferro e níquel.

Estrutura interna da Terra

Modelo geofísico

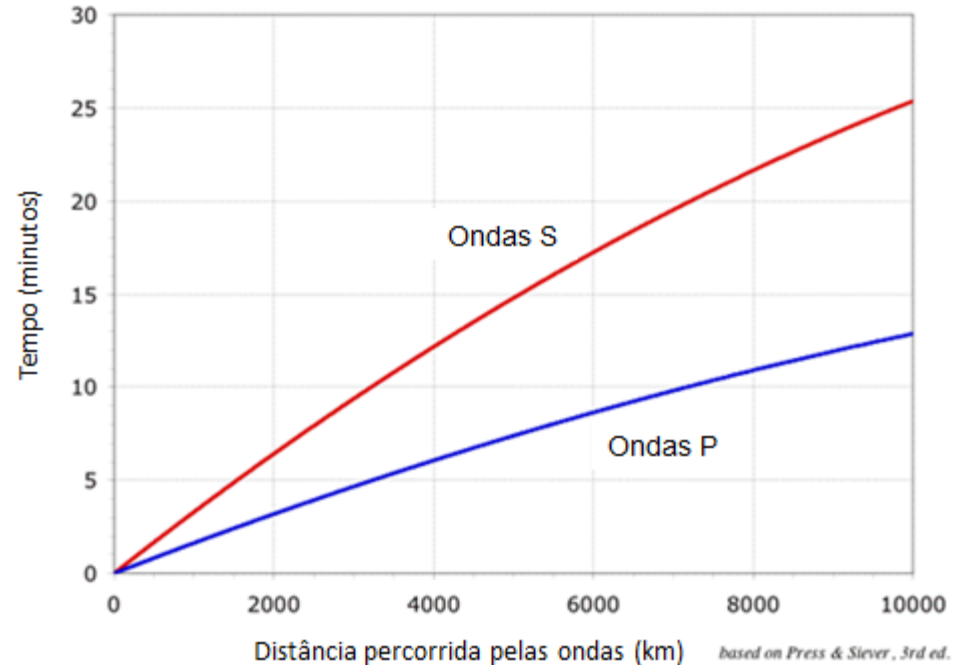


Camadas terrestres	Características
Litosfera (L)	Formada por materiais sólidos e rígidos. Encontra-se dividida em placas.
Astenosfera (A)	Formada por materiais sólidos, mas com comportamento plástico e deformável.
Mesosfera (M)	Formada por materiais sólidos e rígidos.
Núcleo externo (NE)	Formado por materiais líquidos.
Núcleo interno (NI)	Formado por materiais sólidos e rígidos.

Determinação do epicentro de um sismo

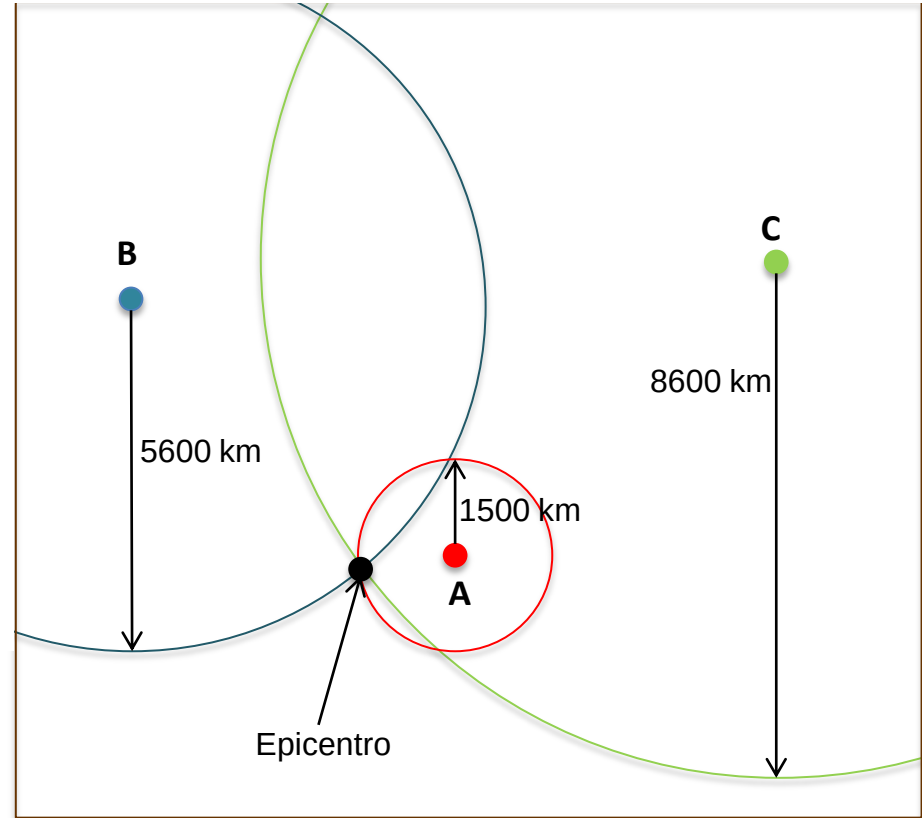


- Uma vez que as ondas P são mais rápidas do que as ondas S, quanto maior for a distância percorrida pelas ondas, maior será o tempo que as separa.
- Os geofísicos construíram gráficos que permitem saber a distância de um ponto ao epicentro, a partir do tempo que separa a chegada das ondas P da chegada das ondas S.



Determinação do epicentro de um sismo

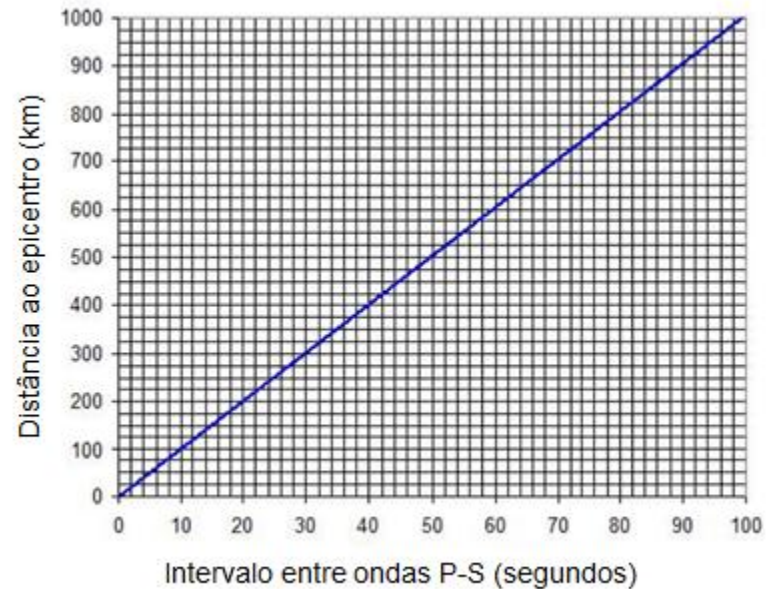
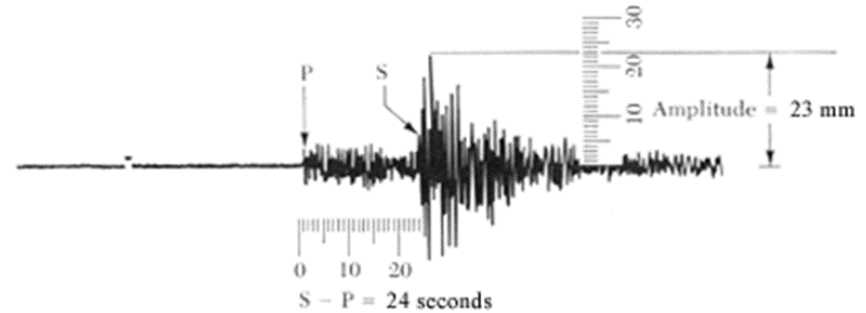
- Os dados de três estações sismológicas são suficientes para determinar o epicentro de um sismo, pelo método da triangulação.
- O intervalo de tempo entre a chegada das ondas P e S fornece a distância de cada ponto ao epicentro.
- Traça-se no mapa uma circunferência cujo raio seja, à escala do mapa, a distância epicentral.
- O ponto onde as três circunferências se encontram é o epicentro do sismo.



EXERCÍCIO

Supondo que o sismograma da figura corresponde ao registo de um sismo em Benavente, calcule a distância do epicentro a Benavente.

- De acordo com o sismograma, as ondas S chegaram com um atraso de 24 segundos em relação às ondas P.
- De acordo com o gráfico, esse tempo corresponde a 250 km, aproximadamente.
- Traçando no mapa uma circunferência cujo centro seja em Benavente e o raio corresponda a 250 km (à escala do mapa), teremos todos os pontos a essa distância de Benavente.
- Com mais duas determinações deste tipo noutras localidades, para o mesmo sismo, é possível determinar o epicentro.



Sismos e tectónica de placas

Tal como acontecia com o vulcanismo, a ocorrência de sismos está relacionada com zonas instáveis da litosfera, nomeadamente limites entre placas litosféricas.



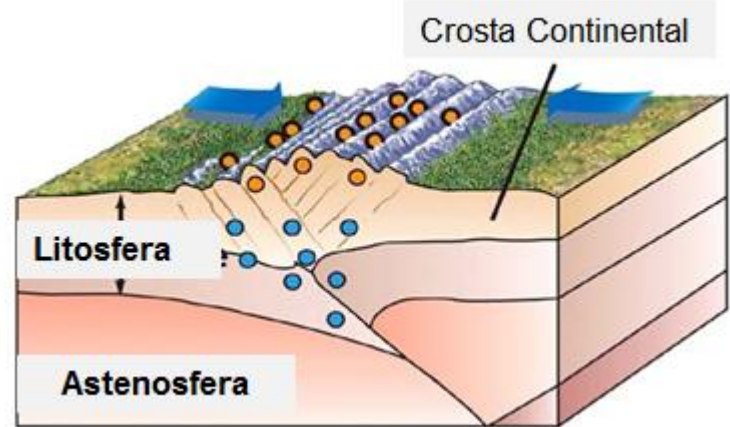
Sismos e tectónica de placas

Os sismos localizados nos limites entre placas litosféricas designam-se **sismos interplacas**.

Os **sismos intraplacas** são menos frequentes e estão geralmente relacionados a falhas ativas.



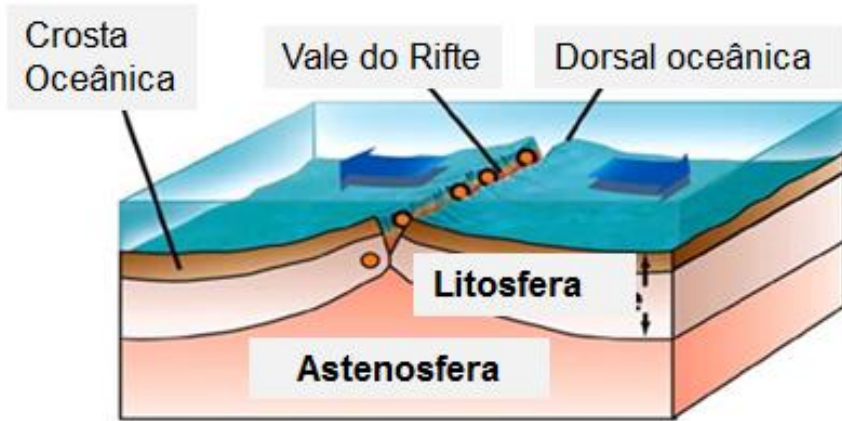
Sismos e tectónica de placas



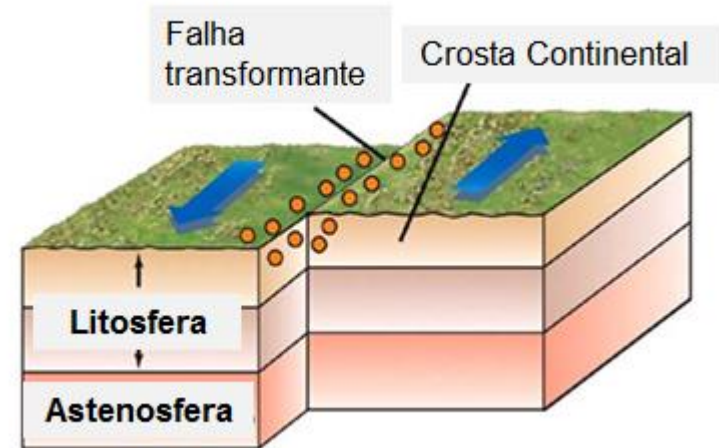
- Nos **limites convergentes** com zonas de subducção ocorrem sismos superficiais na zona de contacto entre placas e sismos progressivamente mais profundos na zona de subducção.

- Nos **limites convergentes** de litosfera continental, as forças exercidas sobre as rochas levam à formação de falhas e à ocorrência de sismos superficiais e profundos.

Sismos e tectónica de placas



- Nos **limites divergentes** ocorrem sismos superficiais na zona de afastamento entre placas, ao nível do rifte.



- Nos **limites conservativos**, os movimentos ao longo das falhas transformantes originam normalmente sismos superficiais.

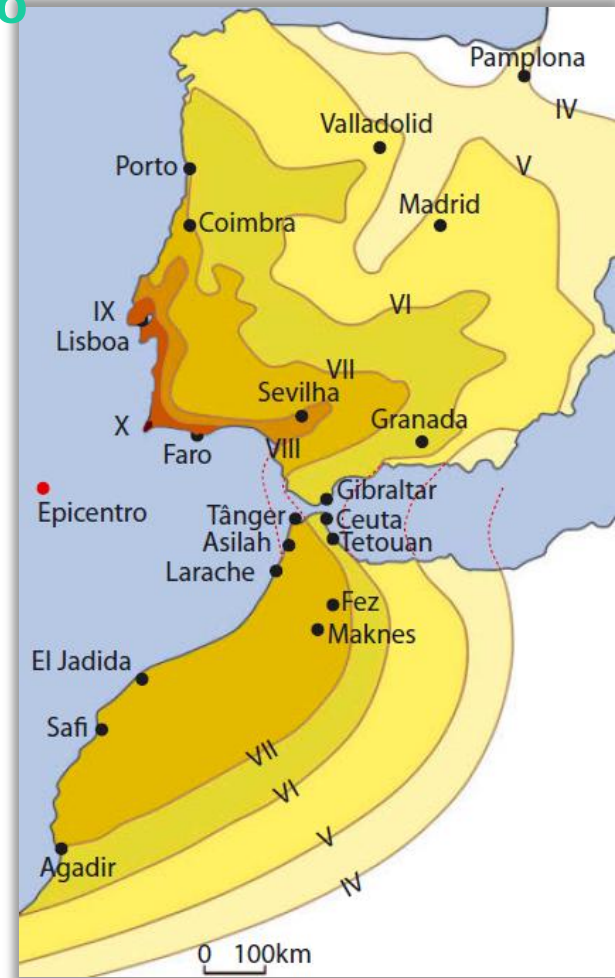
Prevenção de risco sísmico e vulcânico

Uma vez que a atividade sísmica e a atividade vulcânica estão relacionadas com a dinâmica interna da Terra, os geofísicos podem dar um importante contributo para a prevenção dos riscos associados a estes fenómenos.

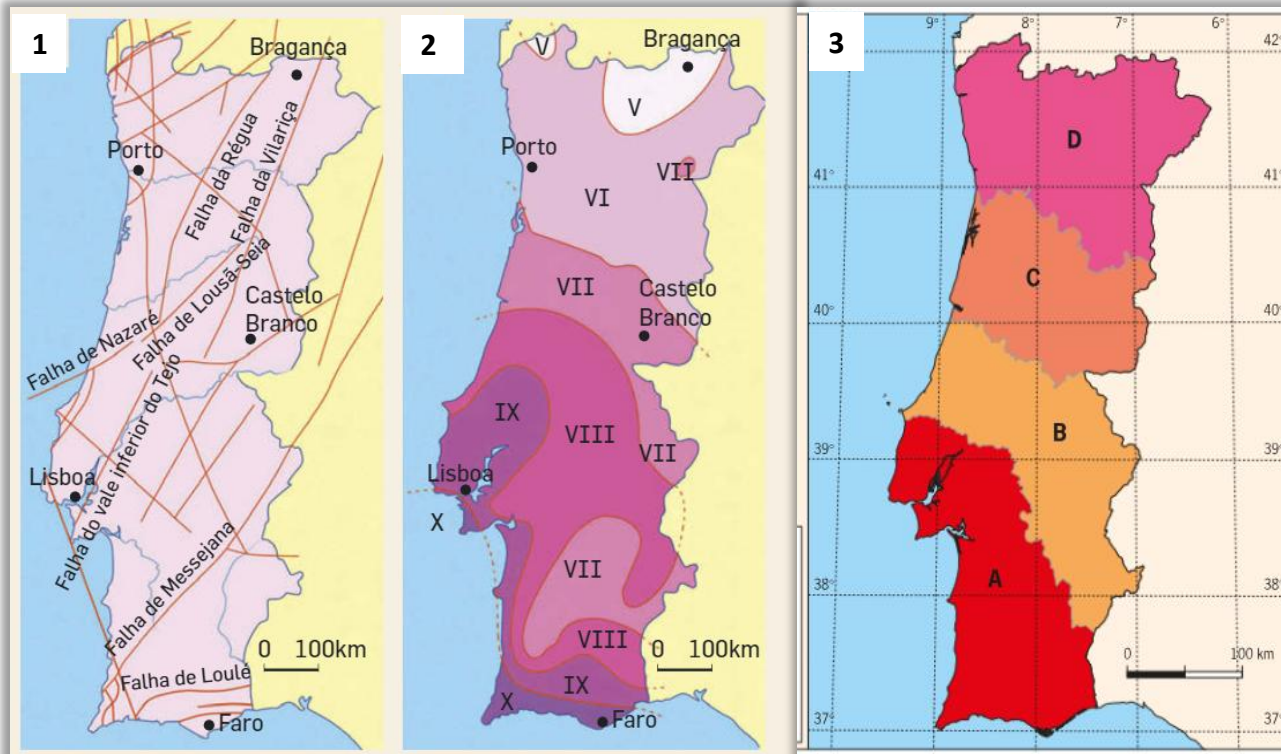
Recorda

- A intensidade de um sismo avalia-se pelos estragos provocados e pela forma como as pessoas sentiram o sismo. Expressa-se pela **Escala Macrossísmica Europeia**.
- As **isossistas** são linhas que unem pontos de igual intensidade sísmica.

Carta de isossistas do sismo de Lisboa, de 1755.



Prevenção de risco sísmico e vulcânico



1 – Falhas ativas e prováveis em Portugal continental.

2 – Mapa de intensidades máximas históricas para Portugal continental.

3 – Mapa das zonas sísmicas de Portugal continental, desde a perigosidade mais elevada (A) até à menor (D).

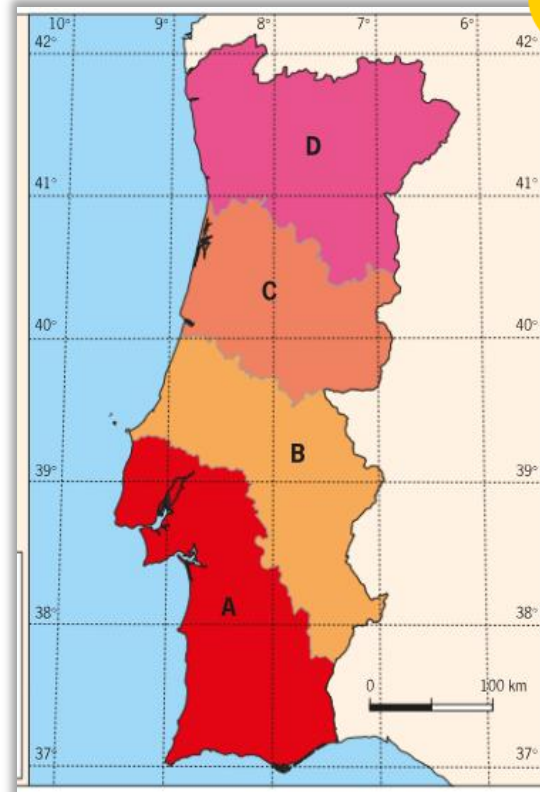
Para as diferentes regiões do país, os geofísicos reúnem dados acerca do contexto tectónico, das falhas ativas conhecidas e das intensidades dos sismos conhecidos. Esse cruzamento de dados permite tomar medidas de prevenção adequadas.

Zonagem sísmica e perigosidade vulcânica

Continente – O mapa mostra maior perigosidade sísmica a sul e sudoeste do território, em grande parte porque a falha Açores-Gibraltar (um limite conservativo entre placas) se situa a sudoeste do Cabo de São Vicente. Não se conhece risco de erupção vulcânica em Portugal continental.

Açores – As ilhas do arquipélago são incluídas na zona A, com exceção das ilhas das Flores e do Corvo, que são incluídas na zona D. Estas duas ilhas, ao contrário das restantes, estão mais afastadas do ponto triplo, designação atribuída ao ponto de confluência das placas Euroasiática, Africana e Norte-americana. Este contexto explica também o risco de erupção neste arquipélago.

Madeira – As suas ilhas incluem-se na zona D, uma vez que o arquipélago se situa no interior da placa Africana.



Mapa das zonas sísmicas de Portugal continental, desde a perigosidade mais elevada (A) até à menor (D).

Prevenção de risco sísmico e vulcânico



Informe-se sobre risco sísmico nos Açores

<https://www.prociv.azores.gov.pt/sensibilizacao/riscos/>



Informe-se sobre a prevenção de riscos na Madeira

<https://www.procivmadeira.pt/pt/>.



Informe-se sobre os sismos em Portugal Continental

<http://www.prociv.pt/pt-pt/RISCOSPREV/RISCOSNAT/SISMOS/Paginas/default.aspx>

E em todo o território nacional

<https://www.ipma.pt/pt/geofisica/sismicidade/>