



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Relatório De Exame De Estado

## **“Sismologia”**

Discente:  
Guilima, Eulávio Manuel

Maputo, aos 05 de Dezembro de 2014

## Índice

Introdução .....	3
1. Objectivos.....	4
1.1. Objectivo Geral .....	4
1.2. Objectivos Específicos .....	4
2. Sismologia.....	4
3. Origem dos Sismos.....	5
4. Geologia Estrutural .....	6
5. Deformações Das Rochas.....	6
5.1. Tipos De Deformações.....	8
6. Distribuição Geográfica dos Sismos.....	10
7. Ondas sísmicas .....	11
8. Intensidade sísmica e Magnitude .....	14
9. Medidas a Adoptar em caso de ocorrência de Sismo.....	16
10. Resumo .....	18
11. Bibliografia .....	19

## Introdução

A terra não é constituída por um único material, mas sim é composta por três (3) camadas que são o núcleo, o manto e a crosta.

A crosta é a camada superficial, mais fina, composta de matéria rochosa menos densa que a do manto e do núcleo. As perturbações violentas que provocam grandes catástrofes naturais e dão origem a perda de muitas vidas e enormes danos materiais na crosta são causadas pelos sismos, onde estes dependendo do local que actuam podem provocar terremotos ou maremotos.

No presente relatório fez-se um estudo sobre a origem dos sismos, os conceitos básicos, magnitude, a intensidade e medidas adoptar no caso de ocorrência dos mesmos.

## 1. Objectivos

### 1.1. Objectivo Geral

- Revisão bibliográfica sobre a ocorrência dos Sismos

### 1.2. Objectivos Específicos

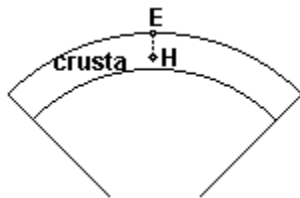
- Estudo geral dos Sismos e
- Descrever a Geologia geral e Deformações das rochas.

## 2. Sismologia

Sismologia é o ramo da geofísica que estuda os sismos suas causas e efeitos, a propagação das ondas de vibração emitidas e explosões. Por intermédio deles podemos estudar o interior da Terra.

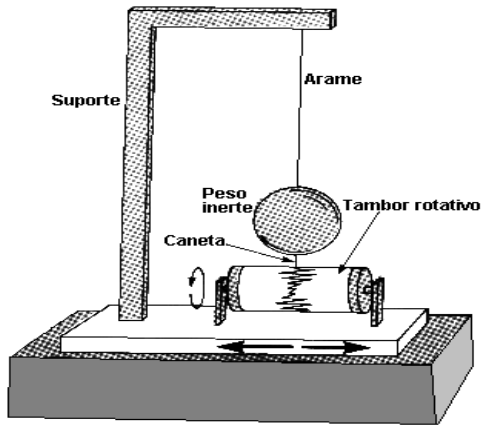
Um sismo (*tremor de terra ou abalo sísmico*) é uma perturbação violenta na crosta causada por um movimento brusco em profundidade, resultando na libertação instantânea de energia acumulada ao longo do tempo.

O ponto onde se dá essa perturbação chama-se **foco** ou **hipocentro**, e o ponto à superfície na vertical do foco chama-se **epicentro** (Fig. 1).



**Fig. 1.** Epicentro e hipocentro dum sismo

Todos os anos a Terra sofre vários sismos, mas felizmente poucos são suficientemente fortes (ou próximos de agregados populacionais) para provocar mortes. Algumas áreas são propícias a sismos, sendo as construções feitas de modo a resistirem a eles. Noutras áreas esta preocupação de construção não existe, dando origem a desastres enormes. Não há nenhuma localidade do mundo que não tenha sismos, mas em algumas regiões eles são tão fracos que só podem ser detectados por aparelhos especiais que são os **sismógrafos** (Fig. 2).



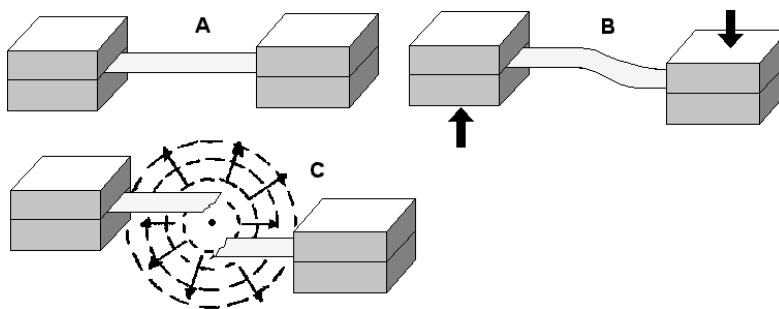
**Fig. 2.** Esquema dum sismógrafo

### 3. Origem dos Sismos

Os sismos ocorrem em profundidades várias, desde perto da superfície até 700 km de profundidade.

A maioria dos sismos originados perto da superfície está associada ou causada por movimentos bruscos ao longo de fracturas na crosta (falhas). As outras causas estão relacionadas com actividade vulcânica, com grandes movimentos de terras (deslizamentos), também estão associados a fenómenos geológicos locais (abatimento de cavernas).

Todas as rochas têm um certo grau de elasticidade e plasticidade como resposta às grandes pressões que sobre elas se exercem devidas aos movimentos que acontecem na crosta terrestre. Sob tais pressões, as rochas tendem a dobrarem-se. Quando o limite de elasticidade é atingido, a rocha se quebra e nesse momento há uma enorme libertação de energia que se transmite pela crosta sob a forma de ondas sísmicas. Um modelo simples do mecanismo está representado na Fig. 3.



**Fig. 3.** Experiência demonstrando a origem dos sismos

No esquema temos uma lâmina de aço presa a dois blocos de madeira (A). Se os blocos forem movidos paralelamente um ao outro (em sentidos opostos), a lâmina faz um "S", cada vez mais dobrado quanto maior for esse deslocamento (B), até que atinge o seu limite e quebra. Quando isso acontece, as duas metades das lâminas voltam à posição horizontal e as duas extremidades ficam afastadas (C).

#### **4. Geologia Estrutural**

A Geologia Estrutural é a ciência que estuda os processos de deformação da litosfera e as estruturas decorrentes dessas deformações. Têm a missão de investigar as formas geométricas que se desenvolvem em decorrência do dinamismo de nosso planeta, voltado inicialmente para deformações de grandes estruturas (Nascimento 2010).

Seus estudos focam basicamente as estruturas dos corpos rochosos de forma global no que concebe às suas estruturas (geometria e morfologia), sua movimentação (cinemática) e a origem desta movimentação (dinâmica). Muitas destas estruturas são responsáveis pelo armazenamento de petróleo, de gás mineral, de água e de minérios. São importantes também em obras de Engenharia Civil, onde o levantamento das estruturas geológicas constitui a base para grandes obras como barragens, pontes, túneis, etc.

#### **5. Deformações Das Rochas**

Um corpo rochoso, uma vez submetido à ação de uma tensão, pode sofrer uma deformação (podendo gerar uma nova forma ou nova geometria) ou uma movimentação de sua estrutura.

Um estudo dessas tensões permite compreender a distribuição e transferência de forças no interior dos corpos rochosos. Já nas deformações, tem como estudo caracterizar e medir essas deformações a fim de classificá-las.

As condições físicas que ocorrem durante as deformações são fundamentais para o comportamento do corpo rochoso. Quando as tensões a que as rochas estão sujeitas são superiores à capacidade de resistência das rochas, estas começam a deformar-se. Essa deformação depende da intensidade da força, da sua duração, da sua composição

químico/mineralógica, da estrutura da rocha, da pressão de fluidos intersticiais (pressão hidrológica), da temperatura e pressão que a rocha se encontra. Estes parâmetros criam diferentes condições que afectam o comportamento dos materiais geológicos.

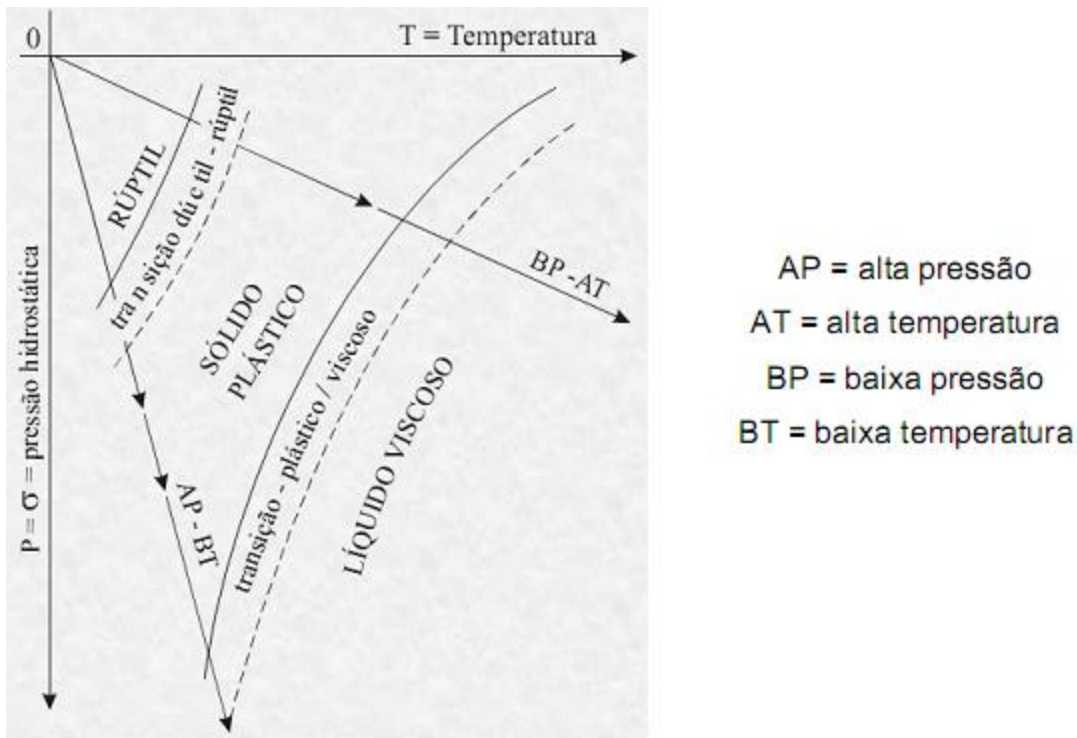
Por este motivo, as deformações podem ser dúcteis (é o material que se deforma, se quebra sob a acção de uma ou mais tensões) e rúpteis (é caracterizado por estiramentos e deformações plásticas á acção de tensões).

O Comportamento rúptil (sob pressões baixas e temperaturas abaixo do ponto de fusão dos minerais) ocorre quando os materiais, nestas circunstâncias, estão muito rígidos, a deformação pode conduzir à fractura dos blocos rochosos, originando falha.

O Comportamento dúctil (sob pressões elevadas e altas temperaturas) é onde a rocha tende a deformar-se, mas não ocorre fractura, originando dobras como resultado das tensões a que está sujeita.

A mesma rocha pode apresentar comportamento frágil numas circunstâncias, e dúctil noutras, dependendo das condições em que se encontra. No gráfico abaixo está na relação entre a temperatura e a pressão hidrostática sobre a rocha. Nela, é possível observar que com o aumento da temperatura e pressão, o material rochoso passa por algumas transições (passa de rúptil para dúctil).

Os domínios de deformação em função de pressão hidrostática e da temperatura. Linhas BP-AT / AP-AT representam o comportamento esperado em regimes de alta e baixa gradiente, respectivamente:



**Gráfico 1:** Gráfico de deformação em função da pressão e da temperatura (Nascimento, 2010).

### 5.1. Tipos De Deformações

Um corpo ao se deformar, pode sofrer distorções, apresentando comportamentos mecânicos distintos. Algumas deformações podem ser recuperáveis, isto é, sob acção de esforços podem sofrer contracção ou extensão, mas quando esses esforços são retirados, o corpo retorna a sua forma e posição original. Esse tipo de deformação é chamado de elástica.

Exemplo de deformação elástica é a expansão térmica do corpo rochoso. Com o aumento da temperatura, ocorre o alongamento (dilatação). Voltando a temperatura inicial, a rocha volta à posição inicial.

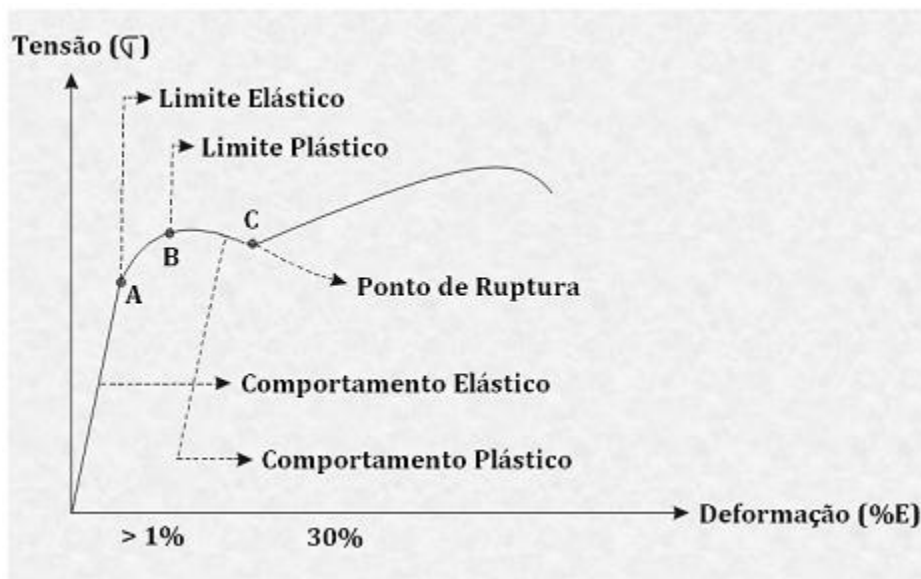
Na deformação elástica, não há ruptura das ligações químicas, apenas um alongamento dessas, pela presença de uma força adicional que se soma as forças electrostáticas existentes que estão em equilíbrio no material. Assim quando se aplica um esforço externo os átomos se deslocam de suas posições iniciais, porém ao cessar esse esforço eles retornam as suas posições de origem.



A partir de um determinado esforço no corpo rochoso, denominado esforço limite. Caso o esforço aplicado seja retirado, a deformação é restituída apenas parcialmente e permanecendo ainda a distorção, chamada de deformação plástica.

Deformação plástica ocorre quando a tensão não é mais proporcional à deformação ocorrendo então uma deformação não recuperável e permanente. A deformação plástica corresponde à quebra de ligações com os átomos vizinhos originais e em seguida a formação de novas ligações com novos átomos vizinhos, uma vez que um grande número de átomos ou moléculas se move em relação uns aos outros; com a remoção da tensão, eles não retornam às suas posições originais, diferentemente do que acontece na deformação elástica.

O gráfico 2 demonstra como ocorre os diversos tipos de deformação acima citados. O ponto **A** indica o limite entre o comportamento elástico e o comportamento plástico. O ponto **B** é o limite elástico, ou seja, o valor de tensão máxima que o material pode atingir antes de sofrer a ruptura. O ponto **C** é o ponto de ruptura onde ocorre a quebra do material.



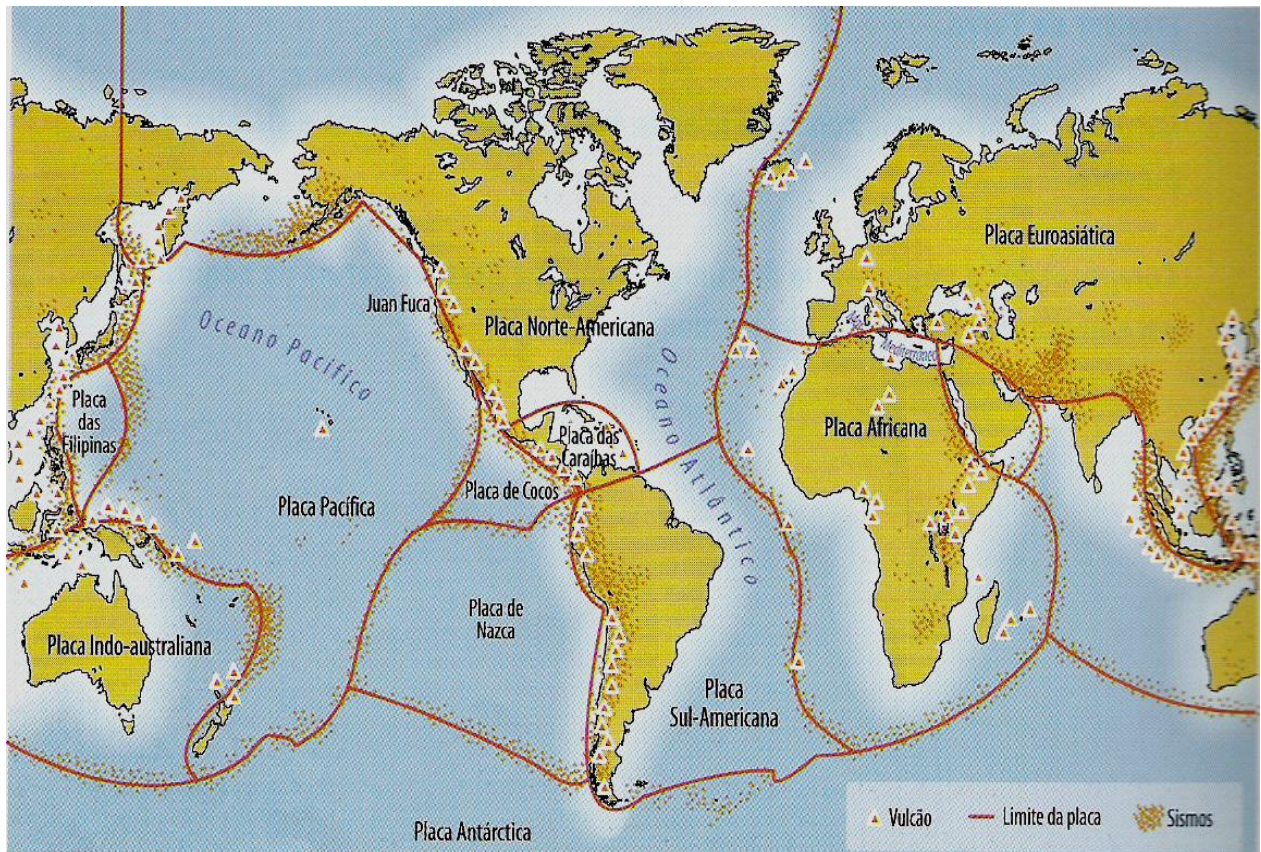
**Gráfico2:** Deformações elásticas, plásticas e de ruptura em função da tensão (Nascimento, 2010).

## 6. Distribuição Geográfica dos Sismos

A Figura 4 mostra a distribuição geográfica dos sismos ocorridos entre 1961 e 1967. Se compararmos com limites das placas tectónicas e distribuição dos vulcões, verifica-se que há uma coincidência entre os limites das placas tectónicas, as erupções vulcânicas e os epicentros dos sismos.

Da Fig. 4, podemos ver quatro zonas de distribuição de sismos:

- **Cinturão Circum-Pacífico**, que segue as costas ocidentais das Américas, passa pelas Ilhas Aleutas, Japão, China, Indonésia e Nova Zelândia; coincide com o Anel de Fogo do Pacífico dos vulcões;
- **Crista Médio-Atlântica**, que coincide com a Dorsal Atlântica dos vulcões;
- **Cinturão Mediterrâneo-Himalaias**, que vai de Portugal e Marrocos, passando pelos Alpes, Atlas, Balcãs, Ásia Menor e Himalaias, continuando-se para leste e ligando ao Cinturão Circum-Pacífico;
- **África Oriental**, coincidindo com a Zona do Índico.



**Fig. 4.** Distribuição geográfica dos sismos, limites das placas tectónicas e distribuição dos vulcões ocorridos entre 1961 e 1967 (Balezelli, 2013).

## 7. Ondas sísmicas

A energia libertada por ocasião da ruptura de blocos no interior da crosta é transmitida a partir do foco através de movimento de ondas, por todas rochas.

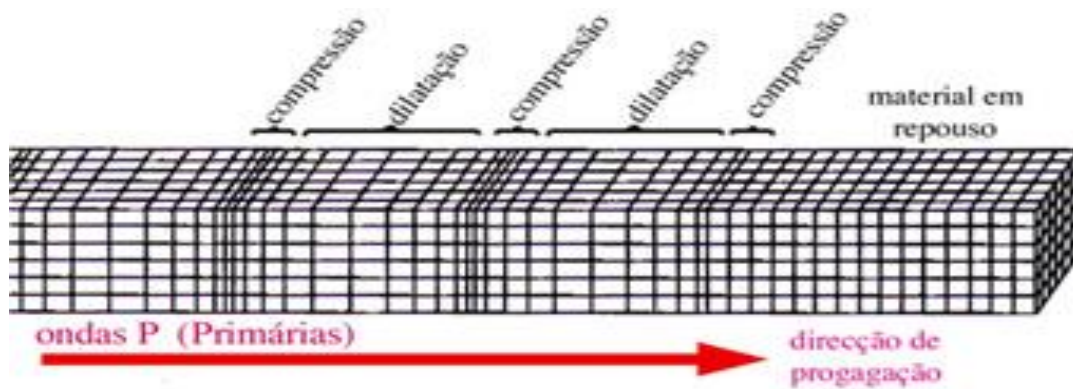
As ondas são recebidas e registadas nos sismógrafos que se encontram em contacto com outras estações, possibilitando a determinação da intensidade, foco e outras magnitudes.

As Ondas sísmicas podem ser:

- Primárias ou P
- Secundárias ou S
- Superficiais (Ondas de Love e Ondas de Rayleigh)

### Características das ondas sísmicas primárias ou P

- São ondas internas (com origem no foco e propagam-se em qualquer direcção);
- São as ondas sísmicas com maior velocidade de propagação, que comprimem e distendem a matéria;
- As partículas do meio vibram na mesma direcção de propagação da onda, sendo por isso, também, designada por onda longitudinal;
- Propagam-se em meios sólidos, líquidos e gasosos;
- Ao atingirem a superfície terrestre, parte da sua energia pode ser transmitida para a atmosfera, sob a forma de ondas sonoras (detectadas por humanos e outros animais);
- A velocidade de propagação diminui progressivamente na passagem de meios sólidos para líquidos, e destes para meios gasosos;



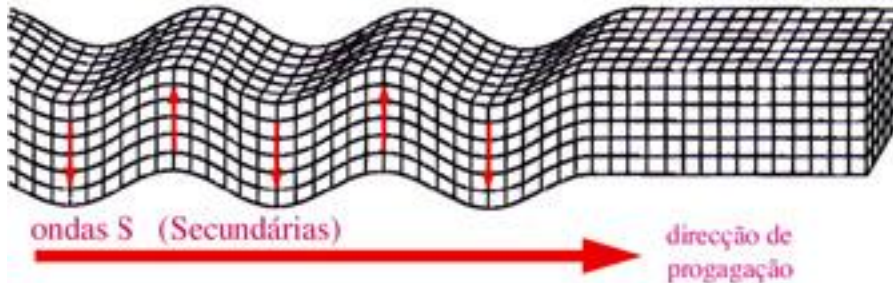
**Fig.17.** Ondas sísmicas primárias ou P (Modificado de Reynolds 2007).

### Características das ondas sísmicas secundárias ou S:

- São ondas internas (com origem no foco e propagam-se em qualquer direcção);
- São ondas sísmicas que deformam os materiais à sua passagem, sem alteração do seu volume, isto é, são ondas de corte;
- “Sacodem” a Terra e as construções de alto a baixo, como quem sacode um tapete;
- Utilizam muita energia nestes movimentos, deslocando-se com menor velocidade de que as ondas P;
- As partículas do meio vibram perpendicularmente à direcção de propagação da onda, sendo por isso, também designadas por onda transversal.



- Uma vez que incidem transversalmente nas estruturas, a sua acção sobre os edifícios é mais destruidora.
- As ondas S só se propagam em meios sólidos.

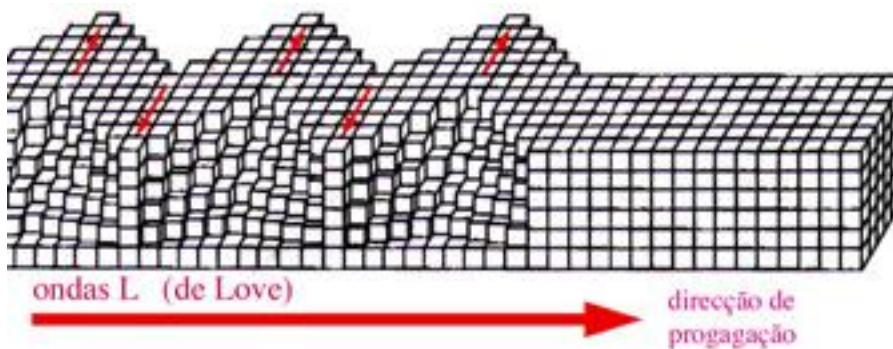


**Fig.18.** Ondas sísmicas secundárias ou S (Modificado de Reynolds 2007).

A interacção das ondas P e S com a geosfera produzem ondas de Love e ondas de Rayleigh

#### **Características das ondas sísmicas superficiais ou Love:**

- Não se propagam na água, tal como as S;
- Propagam-se horizontalmente, da direita para a esquerda, segundo movimentos de torção;
- As ondas de Love “atacam” preferencialmente os alicerces dos prédios.
- As partículas do meio vibram perpendicularmente à direcção de propagação da onda.

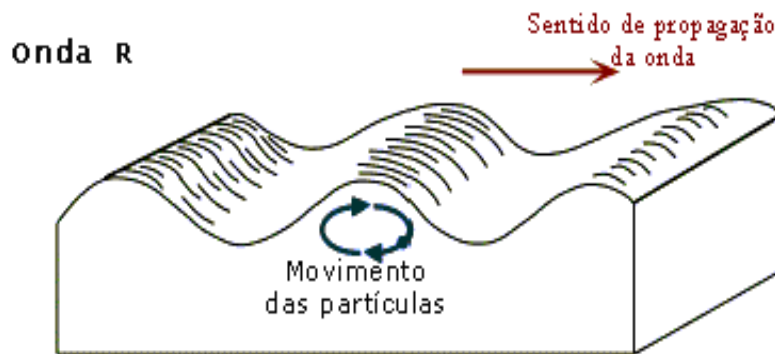


**Fig.19.** Ondas sísmicas superficiais ou Love

#### **Características das ondas sísmicas superficiais ou Rayleigh:**

- Propagam-se em meios sólidos e líquidos;

- As partículas do meio vibram perpendicularmente à direcção de propagação da onda;
- As ondas de Rayleigh agitam o solo segundo uma trajectória elíptica, semelhante às ondas do mar.



**Fig.20.** Ondas sísmicas superficiais ou Rayleigh

## 8. Intensidade sísmica e Magnitude

A intensidade sísmica é um parâmetro que permite avaliar as vibrações sísmicas sentidas num certo local, tendo em conta os efeitos produzidos em pessoas, objectos e estruturas. É determinada pelo preenchimento de um questionário padrão distribuído pelas entidades oficiais.

Para se medir a intensidade de um determinado sismo existe uma escala criada por Giuseppe Mercalli que criou uma Escala de Intensidades Sísmicas com doze (12) termos. Contudo, hoje em dia a mais aceite e utilizada é a Escala de Mercalli Modificada que consta de doze graus baseados em percepções e em acontecimentos qualitativos

### **Escala de Mercalli:**

**I** – Não se sente, mas gravado pelos equipamentos

**II** - Só é sentido por pessoas em descanso ou nos andares superiores de um prédio.

**III** - Só é sentido por pessoas dentro de casa. Candeeiros do tecto baloçam. A vibração sentida é semelhante à provocada por um camião que passa.

**IV** - Vibração semelhante à provocada pela passagem de camiões pesados. Carros estacionados baloçam. Objectos de loiça e janelas vibram. Objectos de cristal tilintam. Soalhos de madeira e vigas podem ranger.

**V** - Sente-se mesmo na rua. pode estimar-se a direcção das vibrações. Acordam pessoas que dormem. Agita líquidos em repouso, podendo mesmo entornar os copos cheios. Pequenos objectos são deslocados. As portas abrem-se e batem. Os relógios de pêndulo param ou aceleram.

**VI** - Sentido por toda a gente. Pessoas assustam-se e saem para rua. Torna-se difícil andar. Quadros caem das paredes. Móveis mexem-se ou caem. Calíça cai das paredes, azulejos racham. Pequenos sinos começam a tocar. Árvores e arbustos abanam.

**VII** - Difícil manter-se de pé. Mesmo os condutores de automóveis o sentem. Os objectos suspensos balançam. Móveis partem-se. Tijolos e azulejos mais frágeis partem-se. Chaminés mais frágeis desabam. Cai gesso das paredes, tijolos soltos, cornijas, pedras, telhas. Formam-se ondas nos lagos e tanques. As águas ficam sujas de lama. Criam-se declives e desniveis ao longo de areais e zonas de gravilha. Grandes sinos tocam. Valas de cimento ficam danificadas

**VIII** - A condução de automóveis é afectada. Construções são afectadas, algumas podem cair parcialmente. Queda dos estuques e de algumas paredes de tijolo. Chaminés torcem-se e caem, monumentos, torres, depósitos de água elevados caem igualmente. Estrutura das casas desloca-se ou chega mesmo a cair. Paredes soltas caem. Ramos das árvores partem-se. Temperatura e caudal da água das fontes e poços são alterados. Surgem brechas no solo em declives e na terra molhada.

**IX** - Pânico generalizado. Construções mais frágeis são destruídas. As construções normais são muito danificadas, algumas colapsam. Mesmo as construções mais sólidas são afectadas. Reservatórios de água danificados. Canalizações subterrâneas são afectadas. Brechas visíveis no solo. Nas zonas aluviais, areia e lama é ejectada.

**X** - A maior parte das construções é destruída juntamente com as fundações. Construções mais sólidas de madeira e pontes colapsam. Danos graves em barragens, diques e cais. Grandes deslocamentos de terra. Água de canais, rios, lagos é projectada. A areia e lama sofrem grandes deslocamentos laterais nas praias e regiões planas. Carris de caminho-de-ferro são ligeiramente torcidos.

**XI** - Carris de caminho-de-ferro muito torcidos. Canalizações subterrâneas completamente destruídas.

**XII** - Danos quase totais. Grandes massas rochosas deslocadas. As linhas de nível são alteradas. Objectos são lançados ao ar.

A magnitude é um outro parâmetro que permite avaliar um sismo e é proporcional à quantidade de energia libertada no hipocentro de um sismo, sendo determinada pela amplitude do registo das ondas sísmicas no sismograma.

Ao contrário da escala de intensidades que é qualitativa a escala que mede as magnitudes é quantitativa, uma vez que a magnitude calcula-se a partir de dados fornecidos pelos sismogramas. A escala de magnitudes mais utilizada é a Escala de Richter.

**Tabela das magnitudes sísmicas e seus efeitos**

<b>Magnitude</b>	<b>Efeitos</b>
<2	É sentido perto do epicentro, mas registado em instrumentos de alta sensibilidade
2.0 – 2.9	Difícilmente perceptível nas proximidades do epicentro. Não afecta as construções
3.0 – 3.9	Sentido por algumas pessoas
4.0 – 4.9	Sentido pela maioria das pessoas, afecta as construções próximas do epicentro, provoca pequenos estragos
5.0 – 5.9	Forte, moderadamente destruidor, deslocações do mobiliário
6.0 – 6.9	Destruidor em regiões populosas, derrube de paredes
7.0 – 7.9	Desastroso. Danos severos, destruição de edifícios
>8	Catástrofe, destrói as comunidades perto do epicentro

Os sismos com magnitude inferior a dois (2), geralmente não são sentidos, embora sejam registados. Apenas os sismos com magnitude superior a cinco provocam danos materiais.

## **9. Medidas a Adoptar em caso de ocorrência de Sismo**

Antes do Sismo

- Informa-se acerca dos sismos e seus efeitos.
- Prepara a tua casa de forma a torná-la mais segura.
- Ensina todos os familiares a desligar a electricidade e a fechar a água e o gás.
- Ter sempre à mão uma lanterna eléctrica, um rádio transístor portátil e pilhas de reserva.



- Ter em local certo um extintor e um estojo de primeiros socorros, para se saber exactamente onde estão caso sejam necessários.
- Armazenar água e alimentos enlatados para dois ou três dias.

#### Durante o Sismo

- Se estiveres na rua mantém-te afastado de edifícios que possam desabar.
- Protege-te no vão de uma porta interior bem alicerçada.
- Nunca utilizes os elevadores durante ou após um sismo (podem não ser seguros).
- Se estás num local com muita gente, não te precipites para a saída, nem corras para a rua.

#### Após o Sismo

- Não faças lume nem liguês interruptores.
- Corta a água e o gás e desliga a electricidade.
- Calça sapatos e protege a cabeça. Prepara agasalhos.
- Não te precipites para a escada nem para a saída.
- Acalma os outros.
- Colabora com as equipas de socorro.
- Presta os primeiros socorros se houver feridos.

## 10. Resumo

Sismo é uma perturbação violenta na crosta causada por um movimento brusco em profundidade, resultando na libertação instantânea de energia lentamente acumulada ao longo do tempo. O ponto onde se dá essa perturbação chama-se foco ou hipocentro, e o ponto à superfície na vertical do foco chama-se epicentro.

Os sismos ocorrem em profundidades várias, desde perto da superfície até 700 km de profundidade.

A maioria dos sismos originados perto da superfície é associada ou causada por movimentos bruscos ao longo de fracturas na crosta (falhas). As outras causas estão relacionadas com actividade vulcânica, com grandes movimentos de terras (deslizamentos)

Denomina-se falha uma fractura que tenha ocorrido nas rochas com um consequente deslocamento dos blocos resultantes.

A energia libertada por ocasião da ruptura de blocos no interior da crosta é transmitida a partir do foco através de movimento de ondas, por todas rochas, onde estas ondas podem ser primárias, secundárias e superficiais.

A intensidade sísmica é um parâmetro que permite avaliar as vibrações sísmicas sentidas num certo local, tendo em conta os efeitos produzidos em pessoas, objectos e estruturas. É determinada pelo preenchimento de um questionário padrão distribuído pelas entidades oficiais. A escala de intensidade utilizada é a Escala de Mercalli

A magnitude é um outro parâmetro que permite avaliar um sismo e é proporcional à quantidade de energia libertada no hipocentro de um sismo. A escala de magnitudes mais utilizada é a Escala de Richter

## 11. Bibliografia

1. Balezelli,A. (2013). Estrutura e Dinâmica Interina da Terra. Acedido em 20 de Agosto de 2014 na Web site <http://www.slideshare.com>
2. Nascimento,E. (2010).Elementos Estruturais das Rochas, Tese de Licenciatura em Engenharia Civil. Escola Politécnica De Pernambuco – Universidade de Pernambuco, Recife. 97pp.
3. Popp,J.H. (1999). Geologia Geral.5ª Edição. Editora Santuário. Rio De Janeiro.
4. Reynolds, j. M. (2007). An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley and Sons Ltd. England.
5. Zobin,V.M. (2012). Introduction to volcanic seismology. Second Edition. Elsevier. London.