



# **GEOLOGIA PARA ENGENHARIA CIVIL**

## **COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA INTERNA DA TERRA – PARTE I**

Prof. Dr. Daniel Caetano

2011 - 2

# Visão Geral

1

- Origem da Terra

2

- Características da Terra

3

- Hidrosfera e Atmosfera

4

- Estudo da Terra

5

- Sismologia

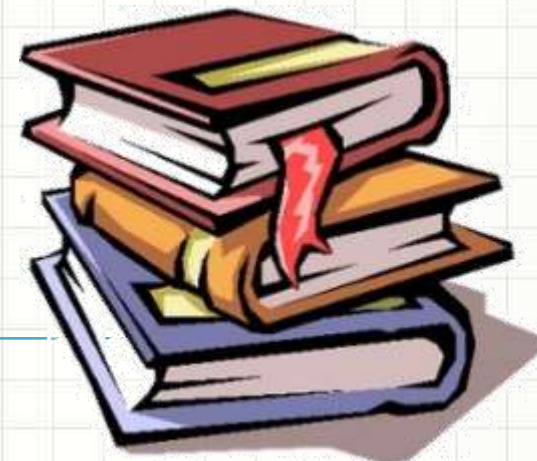
6

- Gravidade

7

- Magnetismo

# Material de Estudo



---

## Material

## Acesso ao Material

Notas de Aula

<http://www.caetano.eng.br/aulas/gec/>  
(Aula 2)

Apresentação

<http://www.caetano.eng.br/aulas/gec/>  
(Aula 2)

Material Didático

Para Entender a Terra, páginas 25 a 30

Para Entender a Terra

Biblioteca Virtual, páginas 25 a 30, 473 a 478, 527 a 546

---

# Objetivos

- Apresentar o sistema solar
- Contextualizar a Terra em seu sistema
- Apresentar os princípios do estudo do interior da Terra
- **GRUPOS?**
  - Até o fim da aula!





# ORIGEM DA TERRA

# Como se estuda geologia?

- Ciência de Campo x Laboratório
- Princípio Hutton
  - Uma espécie de “CSI”
  - Informações do presente descrevem o que ocorreu no passado
- Investigar o interior da Terra?
- Teorias mais difundidas e aceitas



# O Sistema Solar



<https://mozillademos.org/demos/planetarium/demo.html>

# Formação da Terra

- Terra: 4,5 bilhões de anos
  - Presença de elementos que sustentam a vida orgânica (baseada em carbono)
- Lua: único satélite natural
  - Formado em impacto
  - Influencia marés
  - Relevo: mares e terras altas
  - Mares: basálticos
  - Terras altas: plagioclásios (comuns)  
e anortositos (pouco comuns)







# **CARACTERÍSTICAS DA TERRA**

# Características para a Vida

- Litosfera (crosta), Atmosfera, Hidrosfera



# Características para a Vida

- Atmosfera: O, N e Ar
  - Enriquecida ao longo do tempo
  - Emissões gasosas do interior
  - Corpos cadentes (água e matéria orgânica)
- Temperatura
  - Água nos três estados: gelo, água e vapor
  - Estufa natural (*biosfera*)
  - Mantida pelo Sol e calor interior
    - Sol influencia regime de ventos e chuva



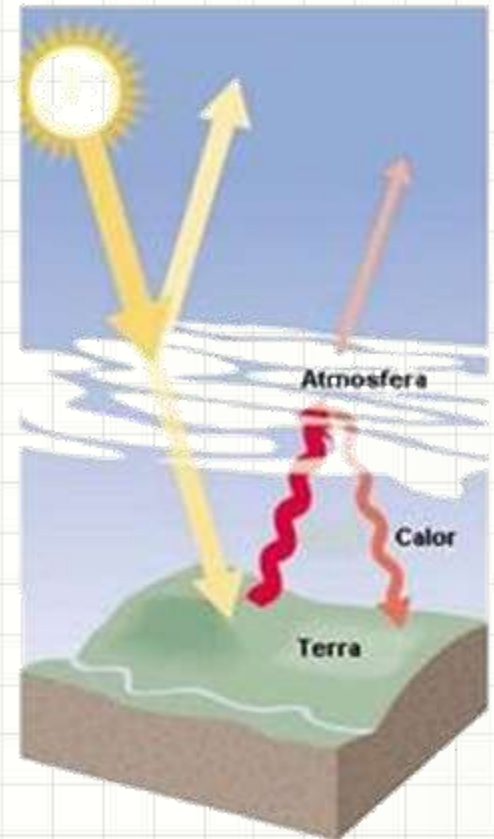
# **FORMAÇÃO DA HIDROSFERA E ATMOSFERA**

# Formação: Hidrosfera e Atmosfera

- Não existiam inicialmente
  - 4,5 Ga: formação do núcleo e desgaseificação
  - 4,3 Ga: resfriamento da crosta (continentes)
  - 3,9 Ga: redução de bombardeios meteóricos
  - 3,8 Ga: atividade biológica e sedimentos (oceanos)
- 
- Atmosfera e Hidrosfera são **secundárias**

# Formação: Hidrosfera e Atmosfera

- Composição inicial da Atmosfera
  - Rica em  $\text{CO}_2$  (gás carbônico)
  - Rica em  $\text{CH}_4$  (metano)
- Efeito estufa: altas temperaturas
- Combustão de  $\text{CH}_4$
- Fixação do  $\text{CO}_2$  nos oceanos
  - $\text{CaCO}_3$  (Carbonato de Cálcio)





# **ESTUDO DO INTERIOR DA TERRA**

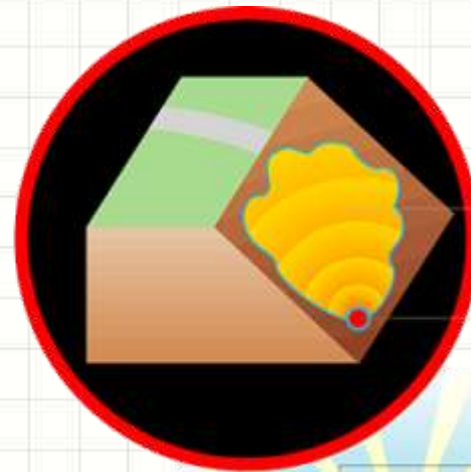
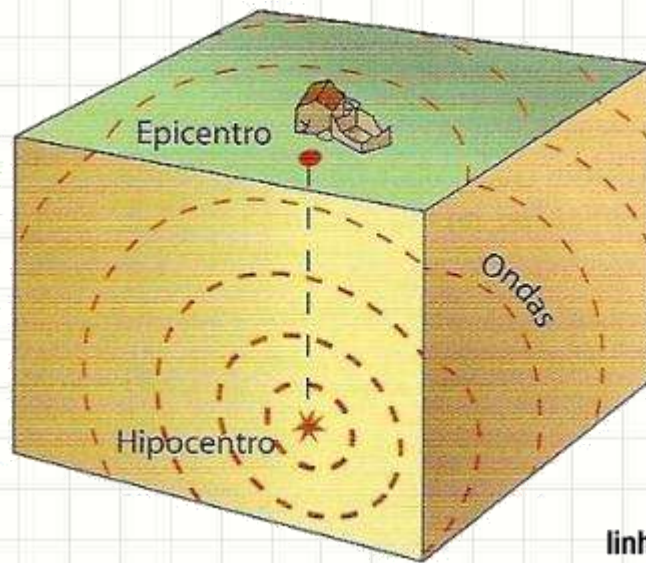
# Estudo do Interior da Terra

- Direto: Túnel
- Túnel mais profundo: 12,4km (Kola)
- Diâmetro da Terra: 6.370km
- Problema?
  - Temperatura: 30 a 40°C por km
  - Alta pressão
  - Materiais
- NOTA: calor do Sol é **irrelevante** no interior da Terra
- Estudo por meios indiretos:
  - Sismologia, gravidade e geomagnetismo



# Sismologia

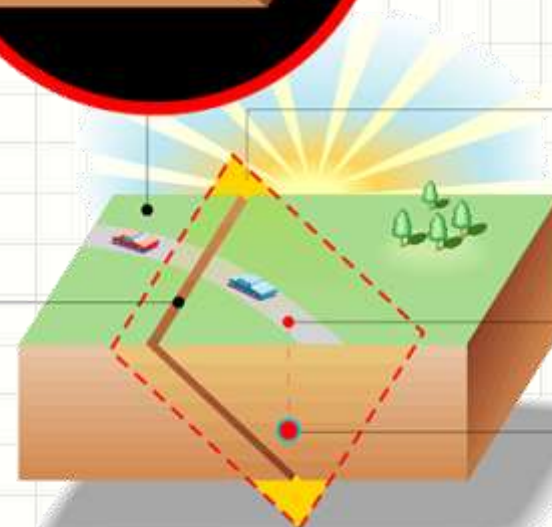
- Estudo da propagação das ondas de terremotos



superfície de ruptura

hipocentro

linha da falha



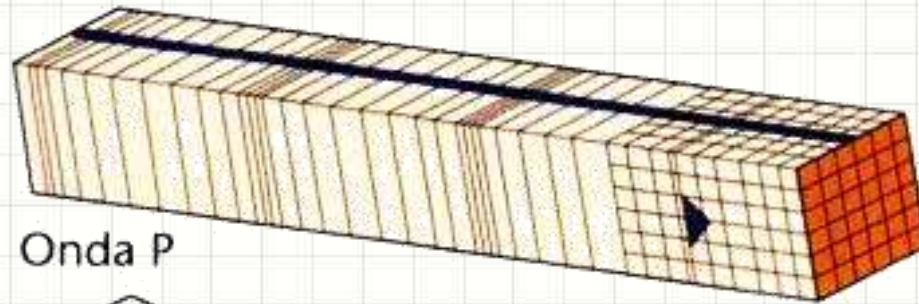
plano da falha

epicentro

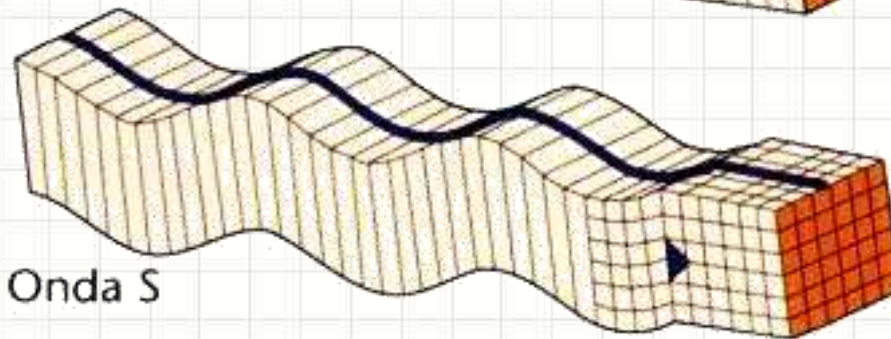
hipocentro

# Sismologia

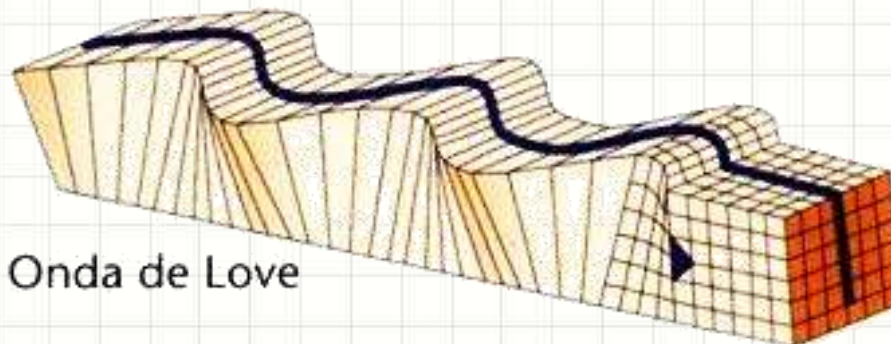
- Ondas P, S e Love



Onda P



Onda S

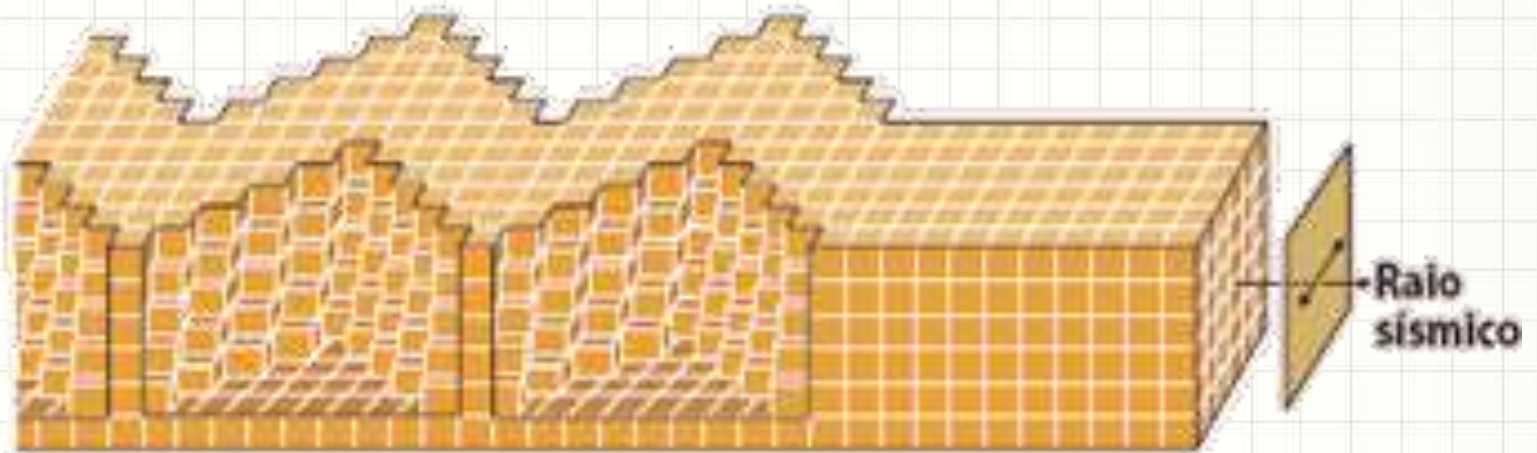


Onda de Love

# Sismologia

- Ondas Rayleigh (P+S)

Ondas de Rayleigh



# Sismologia

- Medição de Propagação



- Ondas P são de propagação mais rápida

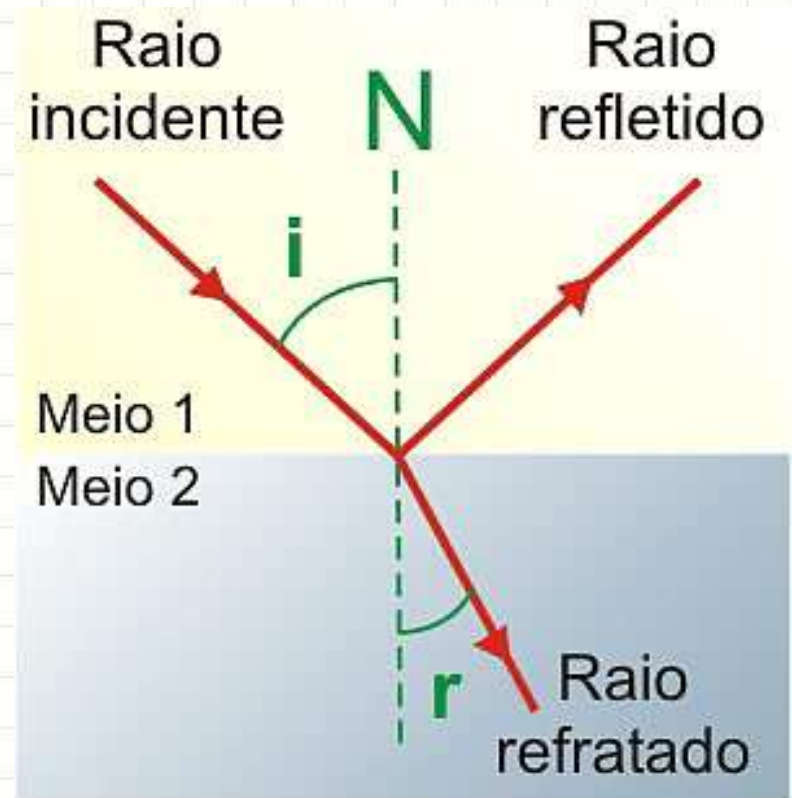
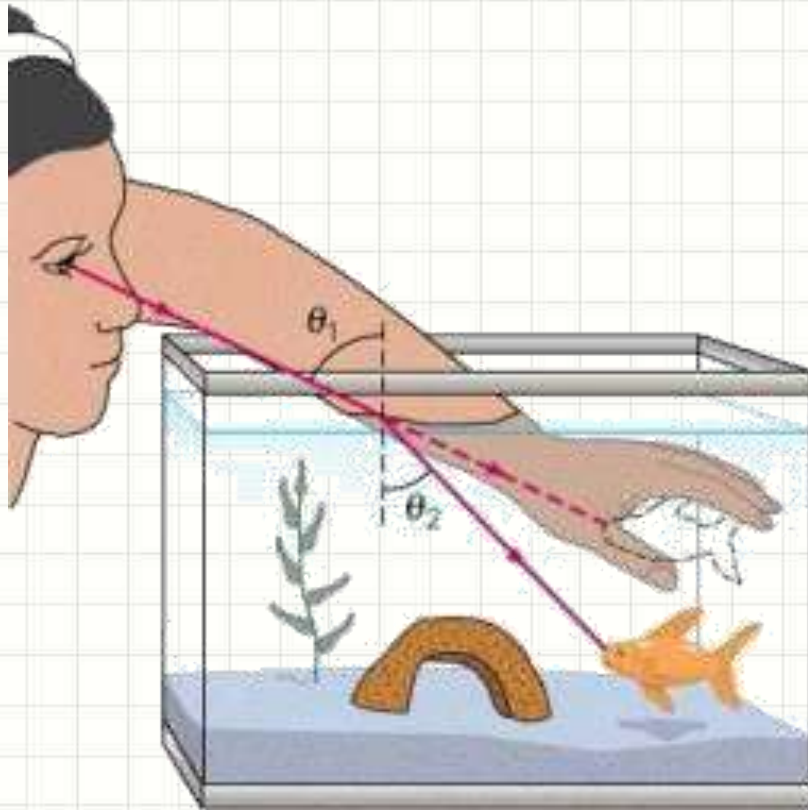
# Sismologia

- Velocidade de Propagação (física!)

Material	Velocidade (m/s)
Areia não saturada	500 a 1.200
Argila	800 a 2.000
Água	1.500
Calcário	3.000 a 6.000
Granito	5.000 a 6.000
Aço	5.000 a 5.500
Basalto	5.500 a 6.500

# Sismologia

- Direção de Propagação: Lei de Snell (física!)



# Sismologia

- Propagação de Ondas no Subsolo

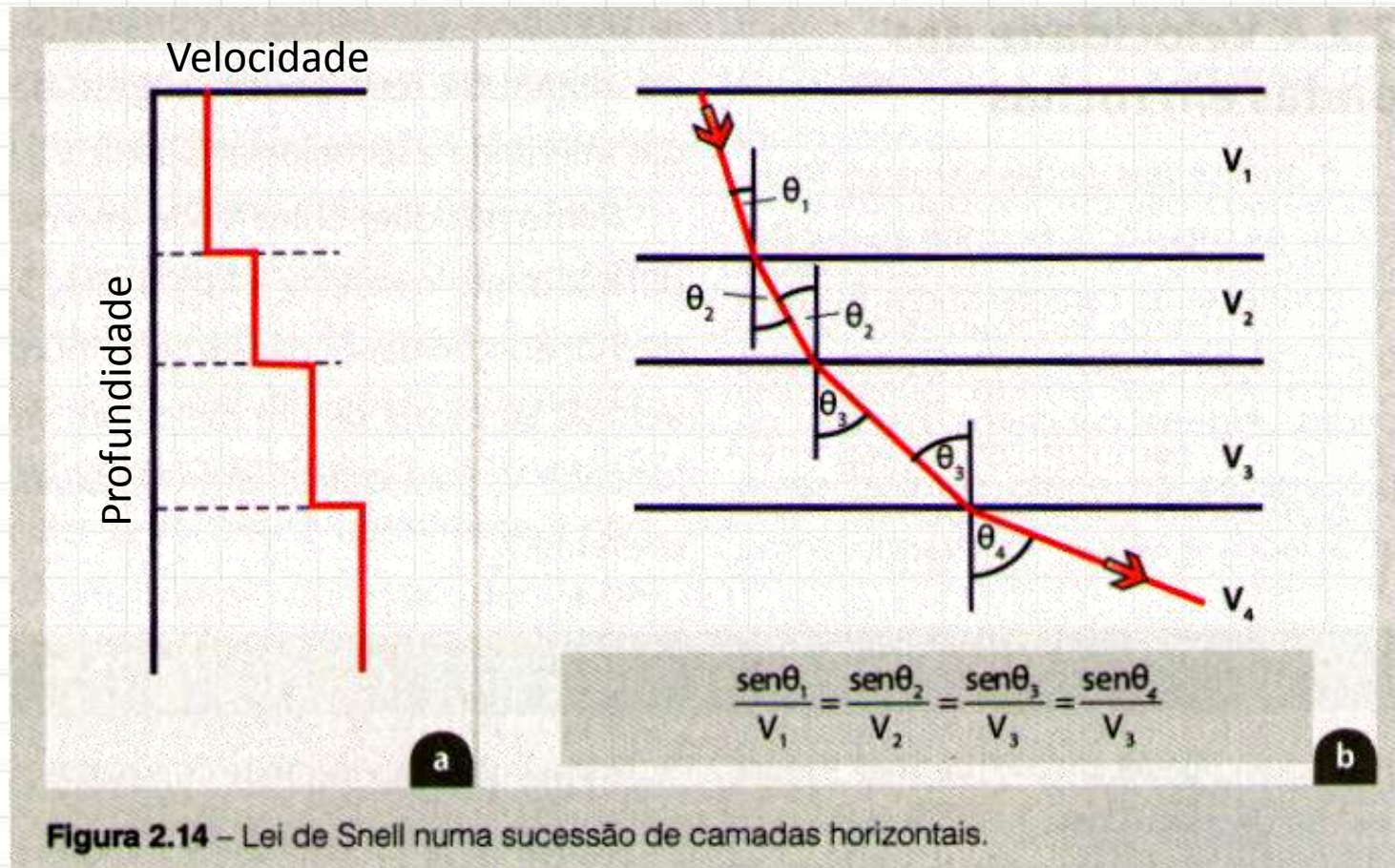
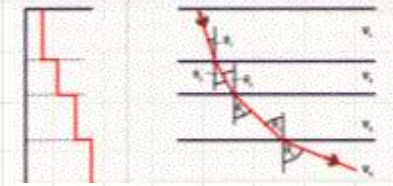
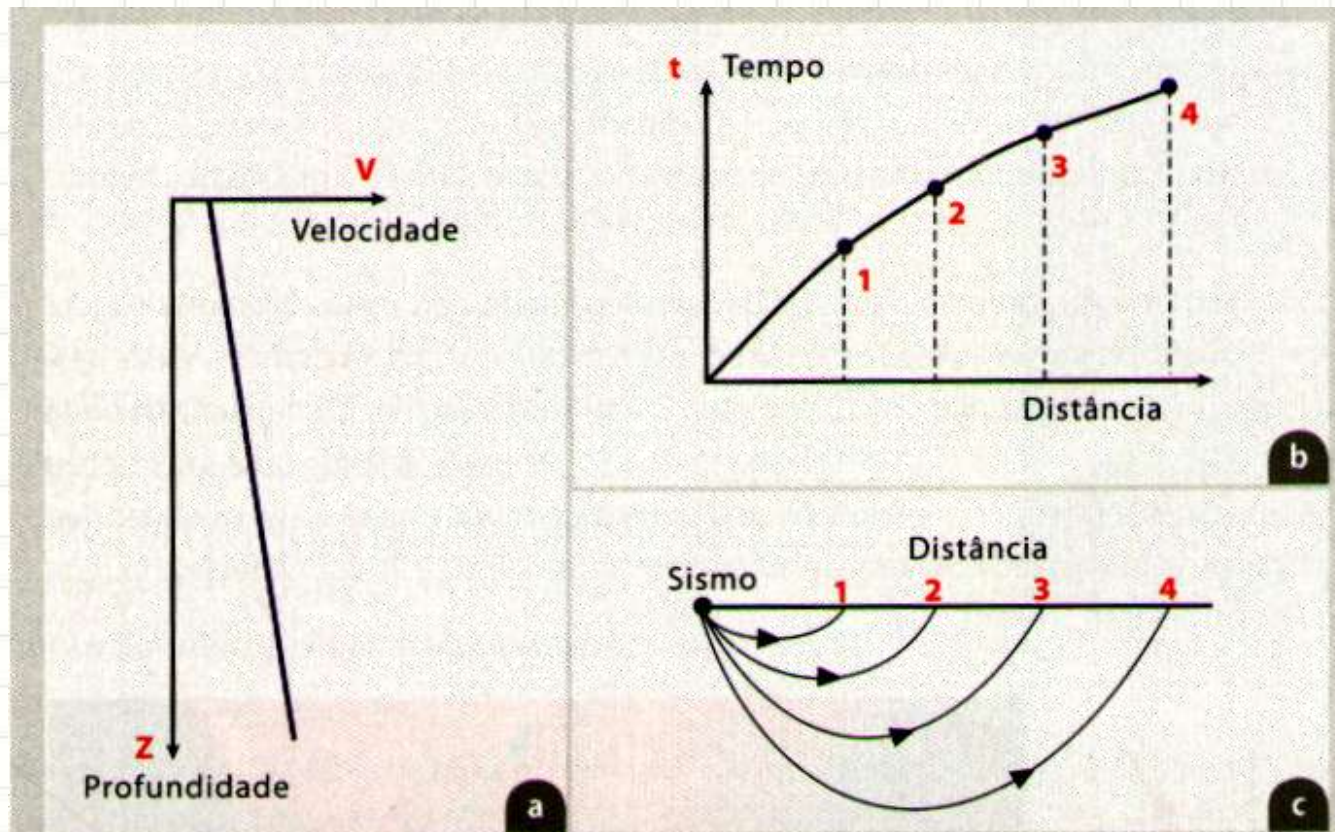


Figura 2.14 – Lei de Snell numa sucessão de camadas horizontais.

# Sismologia



- Propagação de Ondas no Subsolo

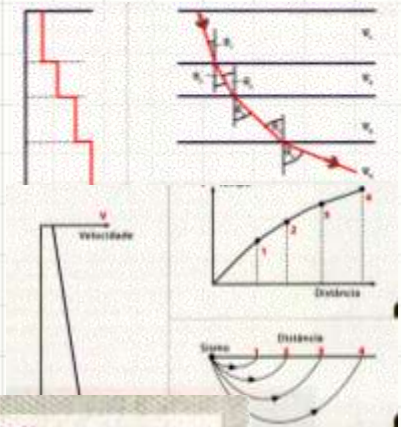


**Figura 2.15** – Quando a velocidade aumenta linearmente com a profundidade (a), os tempos de percurso formam uma curva (b), e as trajetórias dos raios sísmicos são arcos de circunferência (c).



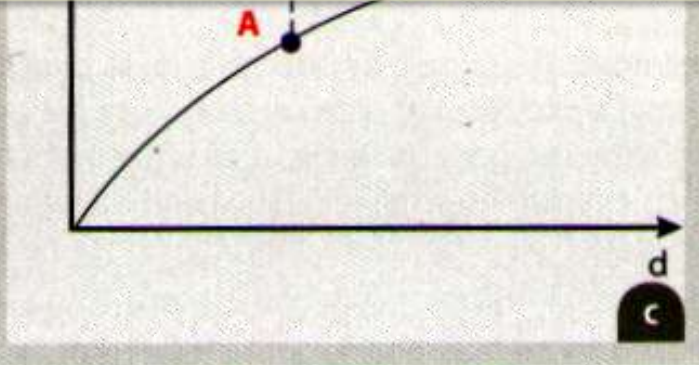
# Sismologia

- Propagação de Ondas no Subsolo



**NOTA! As mudanças de direção podem transformar ondas P em S e vice-versa!**

dade sísmica diminui, abruptamente, numa certa descontinuidade em profundidade. Com isso, as curvas de tempo de percurso acima (A e B) abaixo (c) da descontinuidade (P) são diferentes conforme mostrada no gráfico (c). A interrupção entre B e C corresponde na superfície à "zona de sombra", onde as ondas P e S são registradas.



# Gravidade

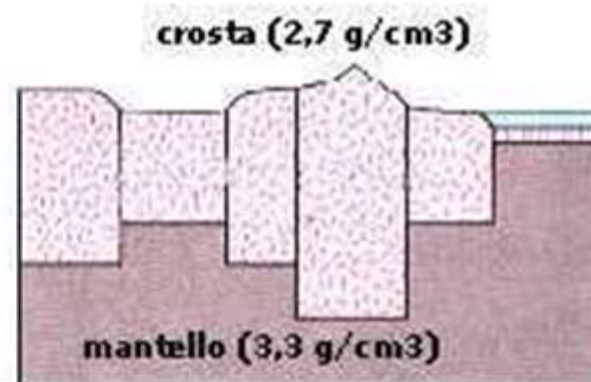
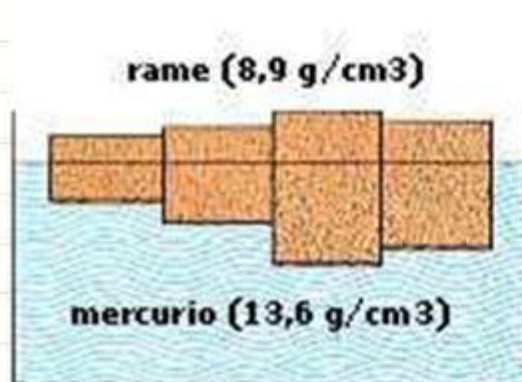
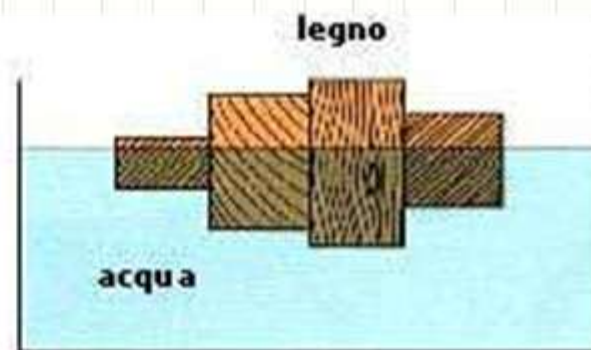
- Gravitação Universal (física!)

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

- Gravimetria
  - Gravidade muda de lugar para lugar
  - Como?
- Terra como diversas pequenas partículas
  - Partículas mais próximas influem mais
  - Gravidade cai quando densidade próxima é baixa!

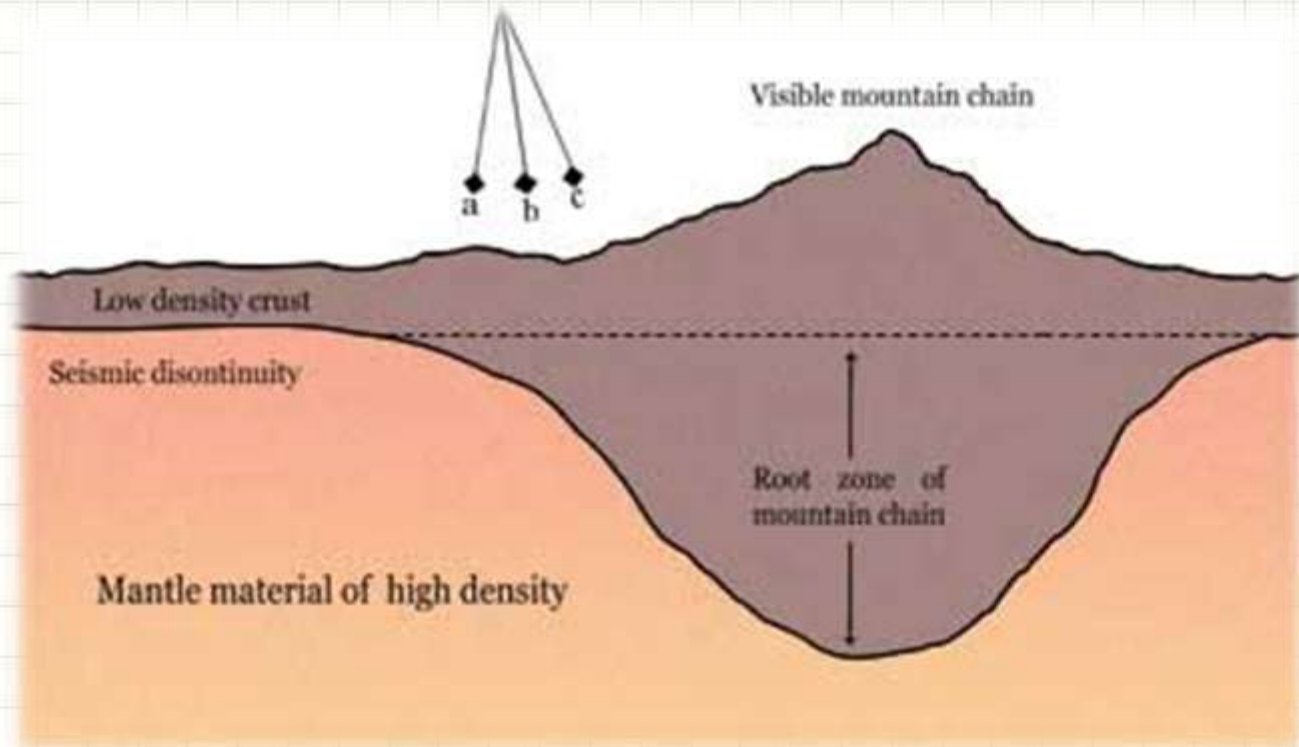
# Gravidade

- Isostasia + Gravitação
  - Permite medir a espessura da crosta



# Gravidade

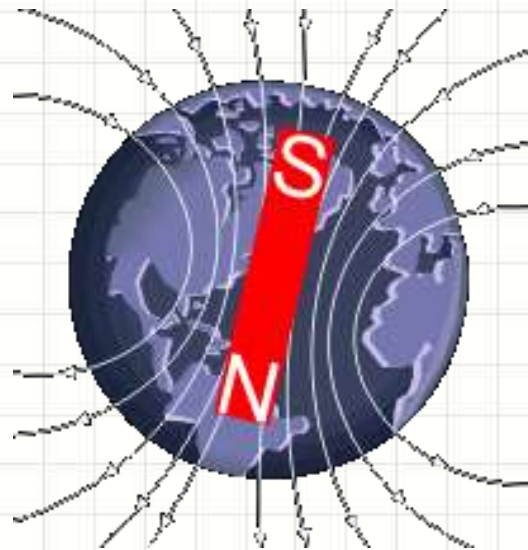
- Isostasia + Gravitação
  - Permite medir a espessura da crosta



- Considerar efeito da rotação!  $g = a_{cp} + a_g$

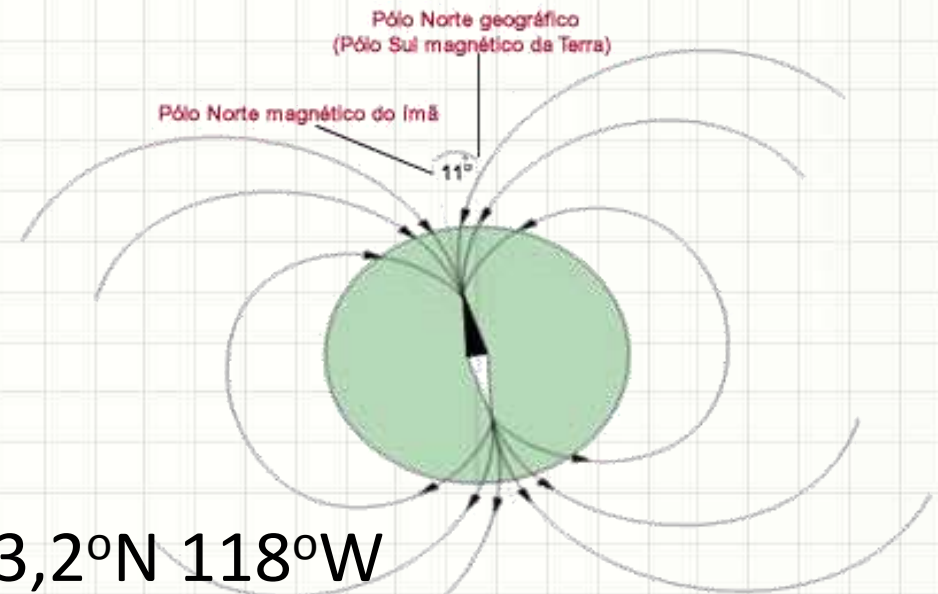
# Geomagnetismo

- Terra único planeta que se sabe ter magnetismo
  - Movimento: crosta x núcleo
- Polos Magnéticos  $\neq$  Geográficos



# Geomagnetismo

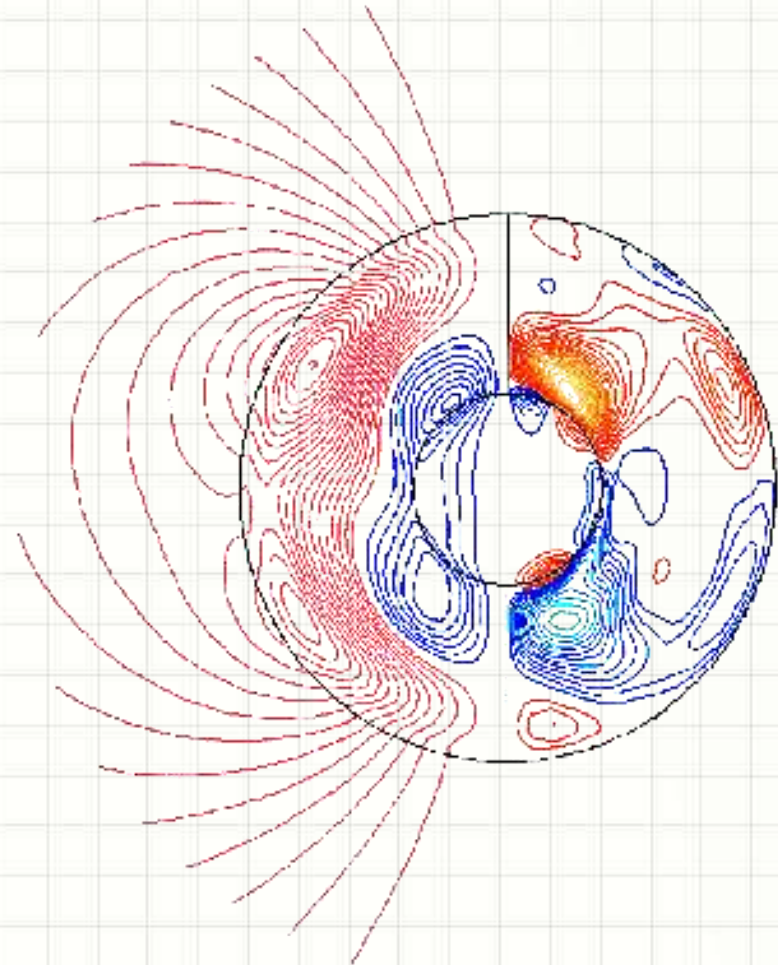
- Polos Magnéticos  $\neq$  Geográficos
  - Importante para engenheiro civil!
  - Documentos: referencia é polo geográfico!
  - $11,5^\circ$  de diferença!



- Ano de 2005
  - Norte Magnético:  $83,2^\circ\text{N } 118^\circ\text{W}$
  - Sul Magnético:  $64,5^\circ\text{S } 137,8^\circ\text{E}$

# Geomagnetismo

- Anomalias devem ser consideradas
- Paleomagnetismo





# **ENTREGA DOS GRUPOS DE TRABALHO**





**CONCLUSÕES**

# Resumo

- A Terra faz parte do Sistema Solar
- Formação há 4,6 bilhões de anos
- Características para existência da vida
- Interior da Terra conhecido indiretamente
  - Sismologia
  - Gravimetria
  - Paleomagnetismo
- **TAREFA PARA PRÓXIMA AULA**
  - Trabalho A disponível no SIA!

# Próxima Aula



- O que se sabe sobre o interior da Terra?
  - Como os elementos vistos na aula de hoje se encaixam?



**PERGUNTAS?**



**BOM DESCANSO  
A TODOS!**