



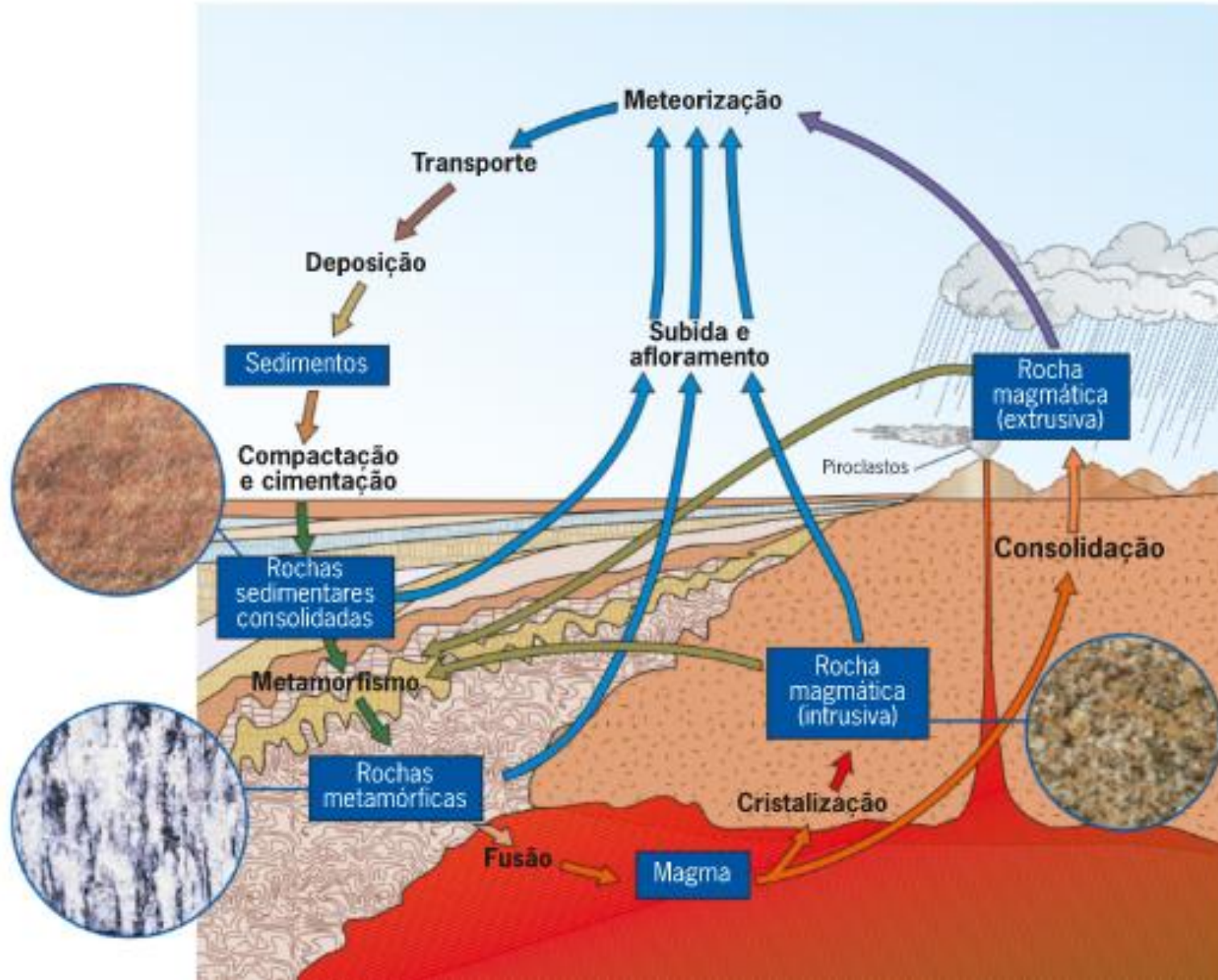
# BIOLOGIA GEOLOGIA 11º ANO

Aula nº 9

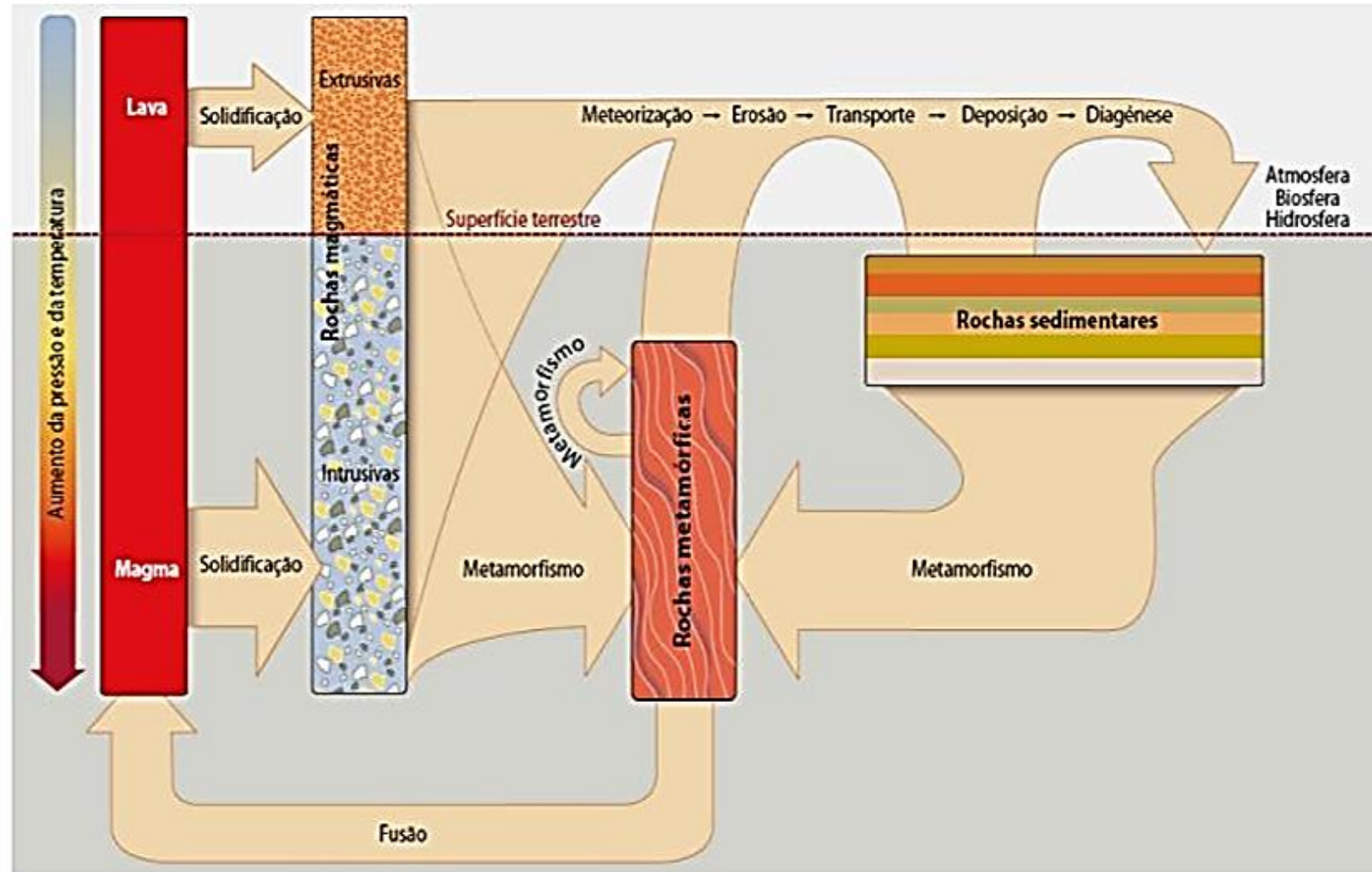
## **ROCHAS METAMÓRFICAS**

Profª Carmo Jardim

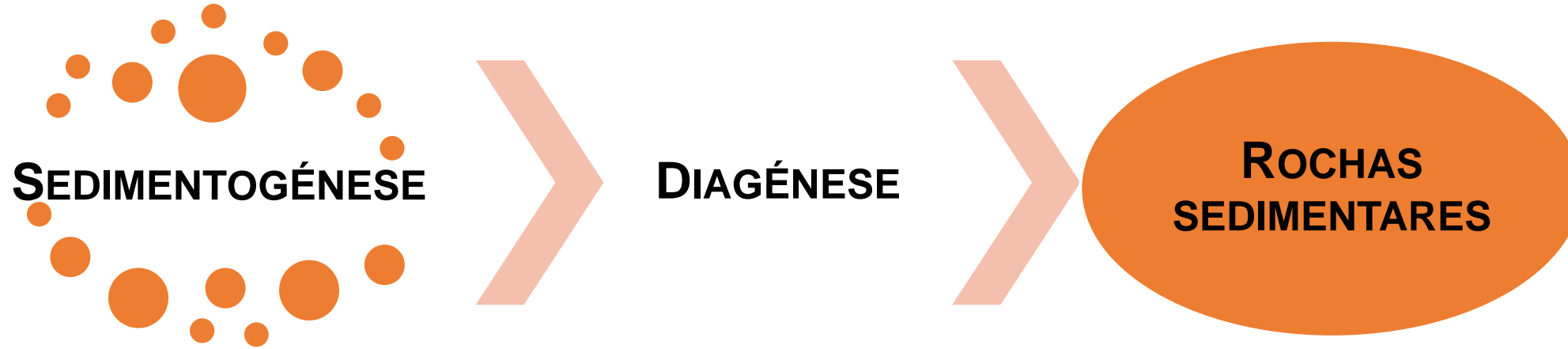
# CICLO DAS ROCHAS



# CICLO DAS ROCHAS



# CICLO DAS ROCHAS



**Geodinâmica externa**

Baixas temperaturas

Baixas pressões

**ROCHAS SEDIMENTARES**

# CICLO DAS ROCHAS



CONSOLIDAÇÃO



Geodinâmica interna

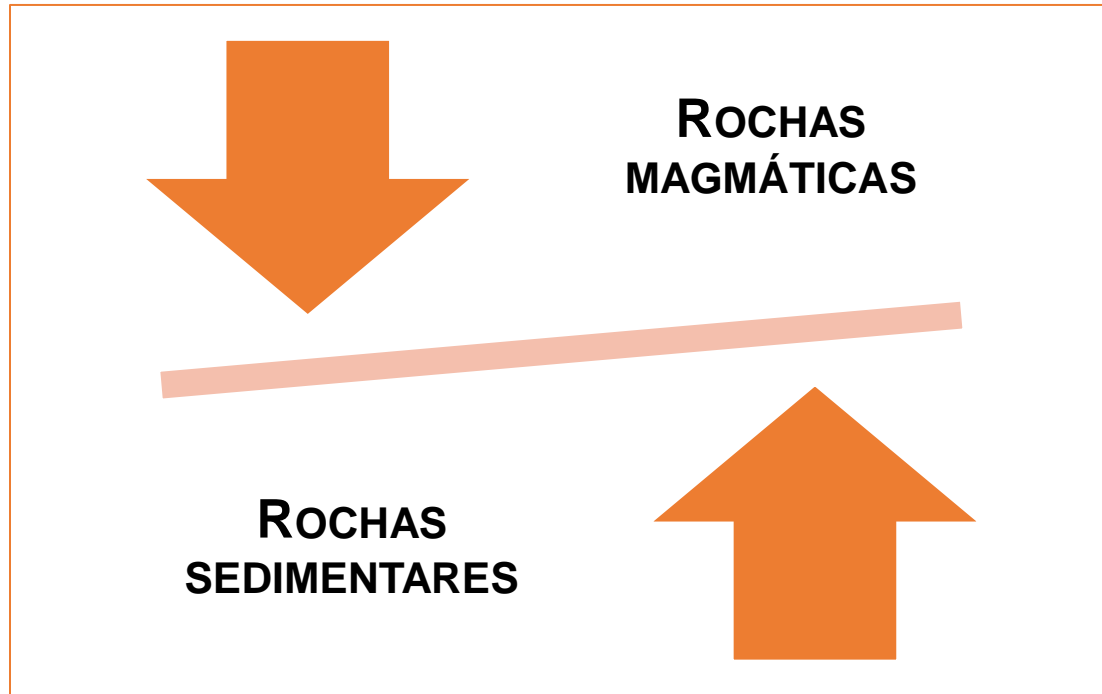
Elevadas temperaturas

Elevadas pressões



Rochas MAGMÁTICAS

# ROCHAS METAMÓRFICAS

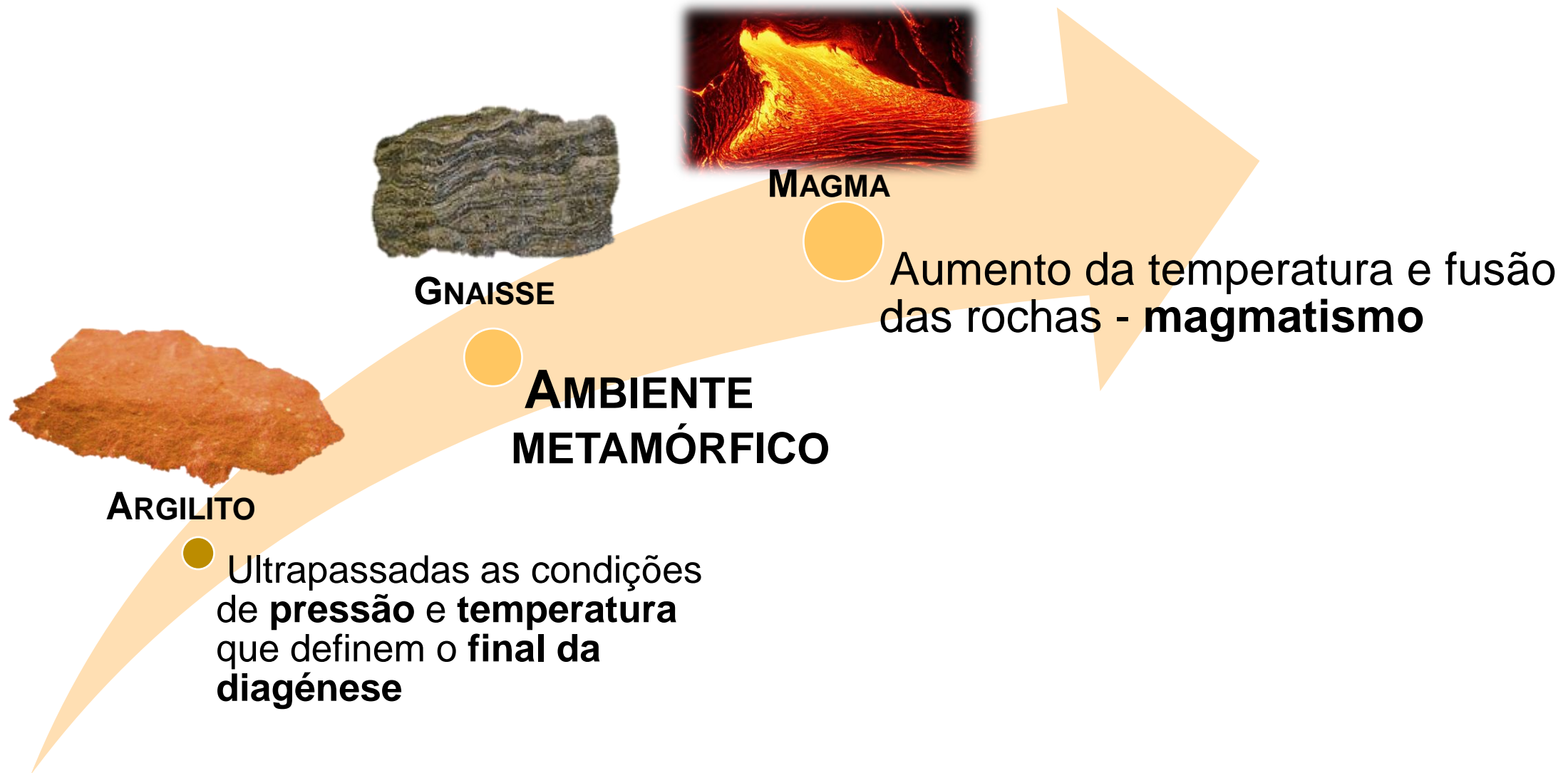


**ROCHAS  
METAMÓRFICAS**

Condições **termodinâmicas** – pressão e temperatura - **diferentes** das que presidiram à sua formação.



# ROCHAS METAMÓRFICAS

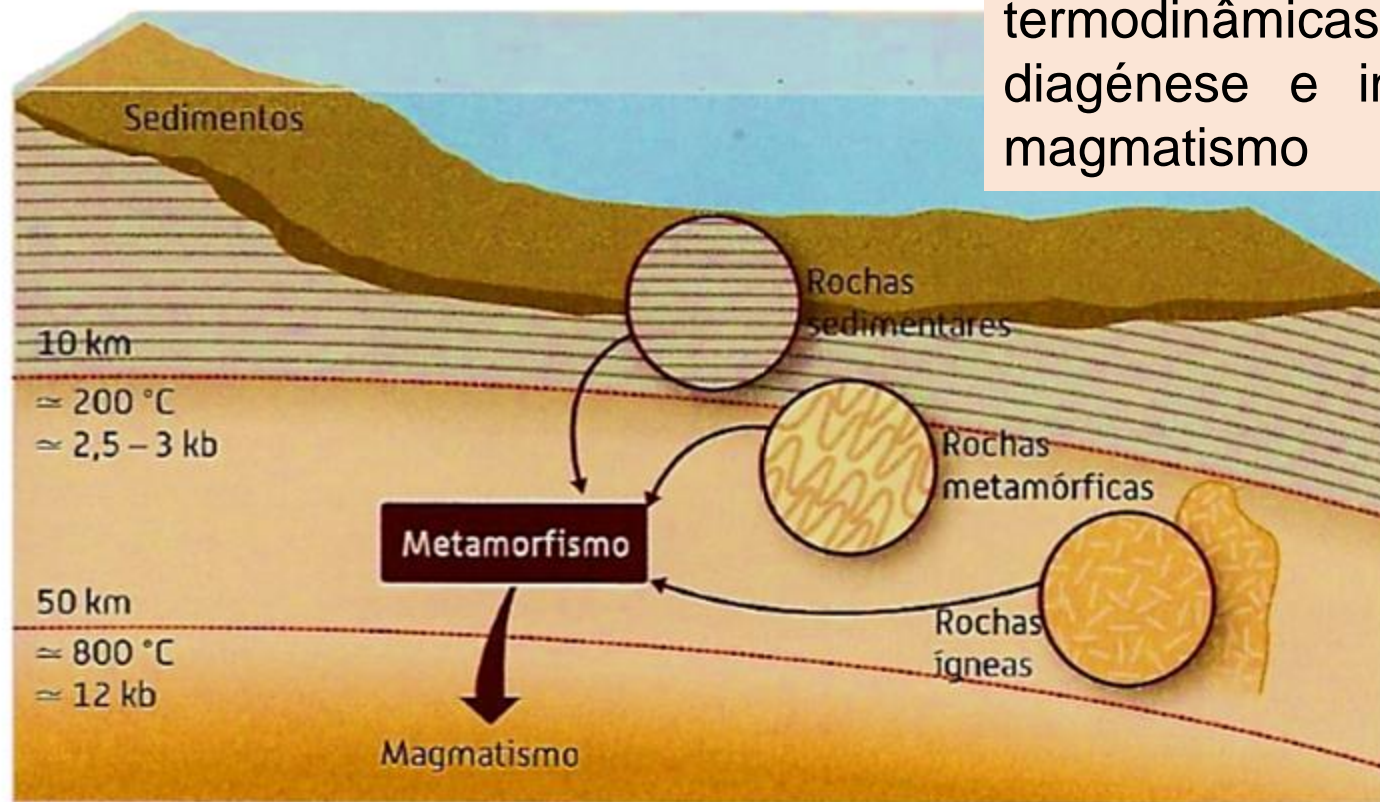




# ROCHAS METAMÓRFICAS

## METAMORFISMO

O metamorfismo ocorre, no interior da Terra, em condições termodinâmicas superiores à diagénese e inferiores às do magmatismo





# ROCHAS METAMÓRFICAS

## METAMORFISMO

Meta = Mudança; Morpho = Forma



Conjunto de adaptações **mineralógicas**, **químicas** e **estruturais** que ocorrem no estado sólido, em qualquer tipo de rocha preexistente, quando sujeita a condições de **pressão** e de **temperatura diferentes** das que presidiram à sua formação.



**MÁRMORE**



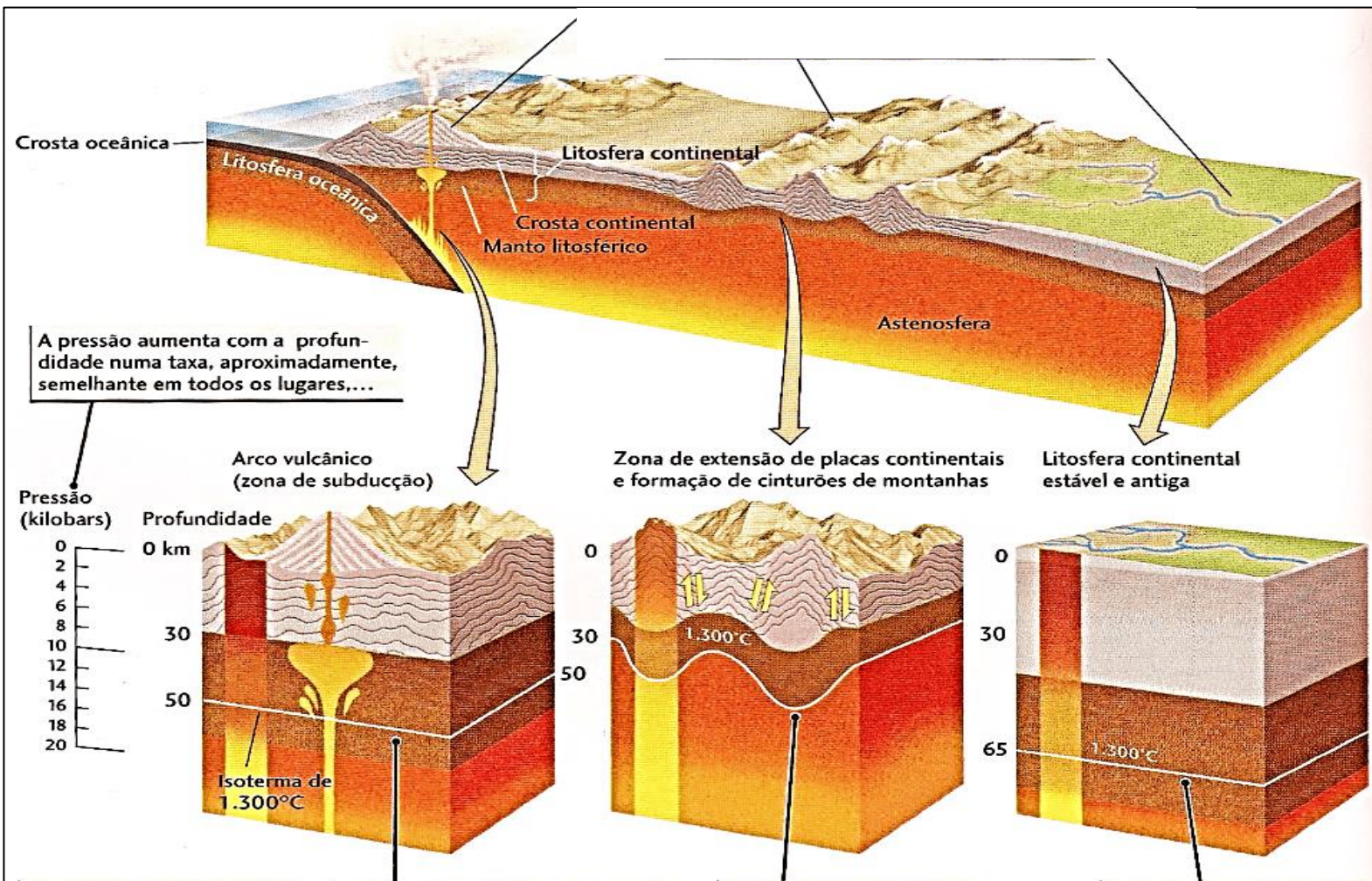
**GNAISSE**

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## METAMORFISMO – DIFERENTES CONTEXTOS

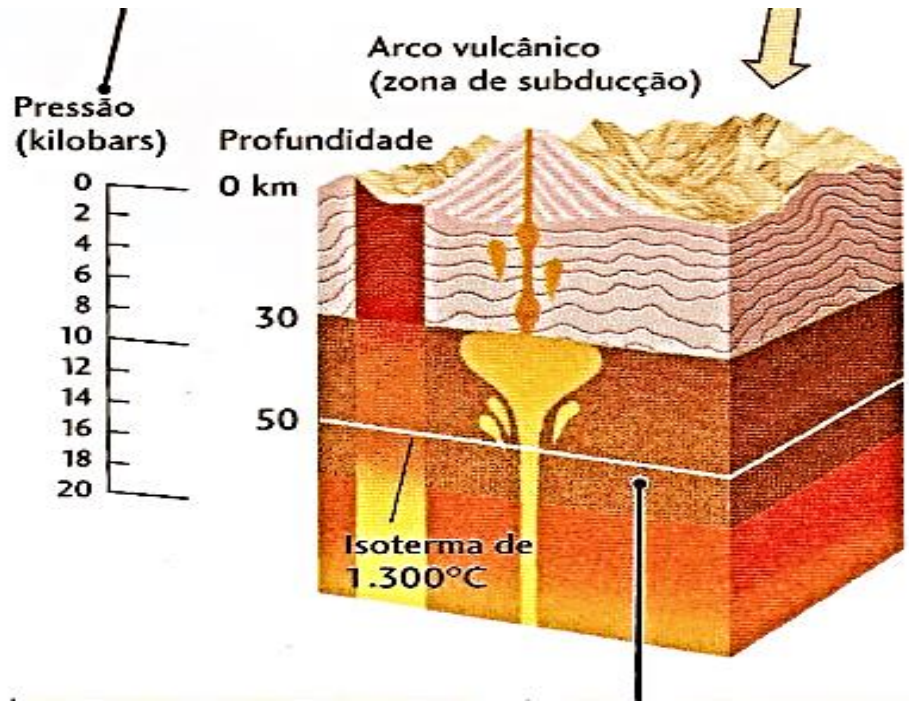
A **pressão** aumenta com a profundidade numa taxa, aproximadamente, **semelhante** em **todos** os lugares...

... mas a **temperatura** aumenta com taxas diferentes em várias regiões.



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## METAMORFISMO – DIFERENTES CONTEXTOS

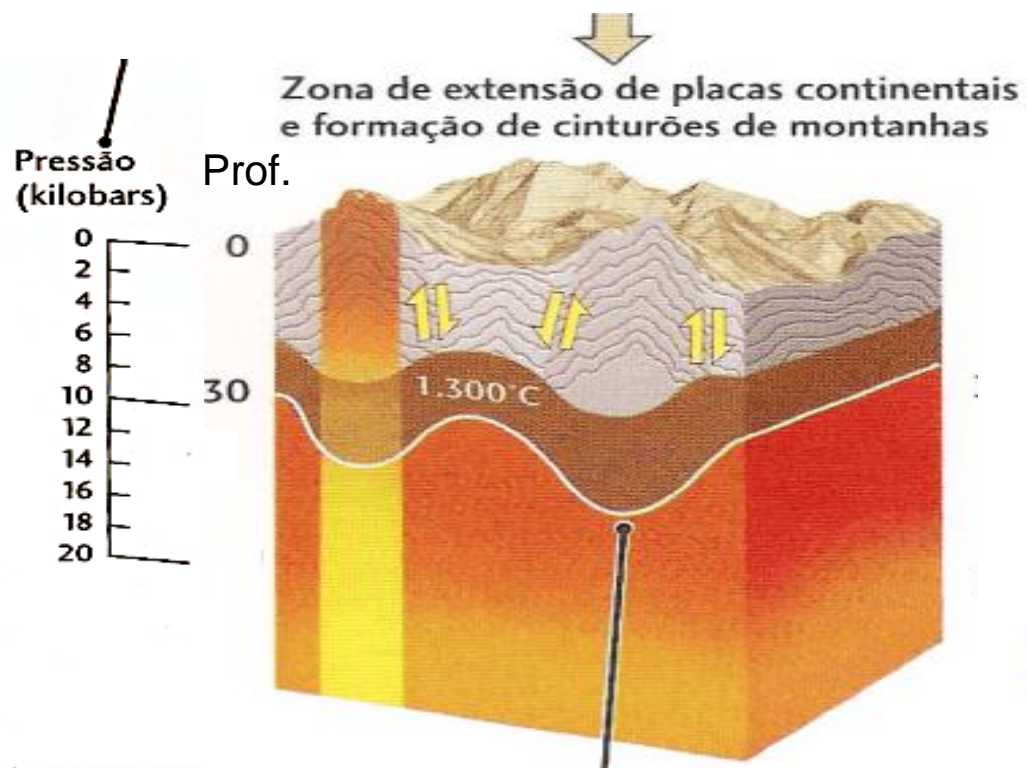


Em arcos vulcânicos, a temperatura de **1300°C** está, aproximadamente a **50km** de profundidade...



# ROCHAS METAMÓRFICAS

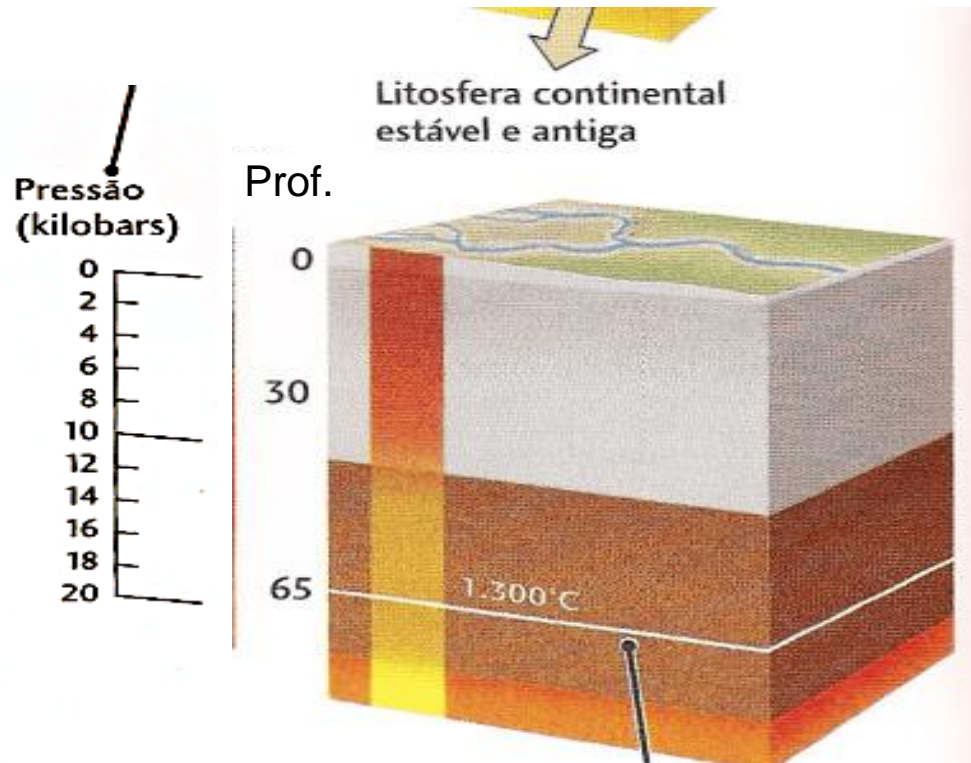
## METAMORFISMO – DIFERENTES CONTEXTOS



Em áreas de extensão e de choque de placas continentais, a temperatura de **1300°C** está, aproximadamente a **30km** de profundidade...

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## METAMORFISMO – DIFERENTES CONTEXTOS



Em áreas de crosta estável, a temperatura de **1300°C** está, aproximadamente a **65 km** de profundidade...

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## METAMORFISMO



- Ocorre em **zonas de subdução**, em áreas de **formação de cadeias montanhosas** ou na **base das bacias de sedimentação**.
- Frequentemente as rochas metamórficas encontram-se **dobradas**, o que sugere uma **gênese num estado de deformação dúctil**.



**Dobra**



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO

**Tensão**

**Calor**

**Fluidos**

**Tempo**

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TENSÃO

- As rochas metamórficas são formadas a diferentes profundidades.
- À medida que aumenta a profundidade, as rochas são sujeitas a forças geradoras de estados de **tensão**.
- Uma das forças geradoras de **tensão** é a pressão.
- No interior da Terra as rochas são sujeitas a dois tipos de tensão: **litostática** e **não litostática**.

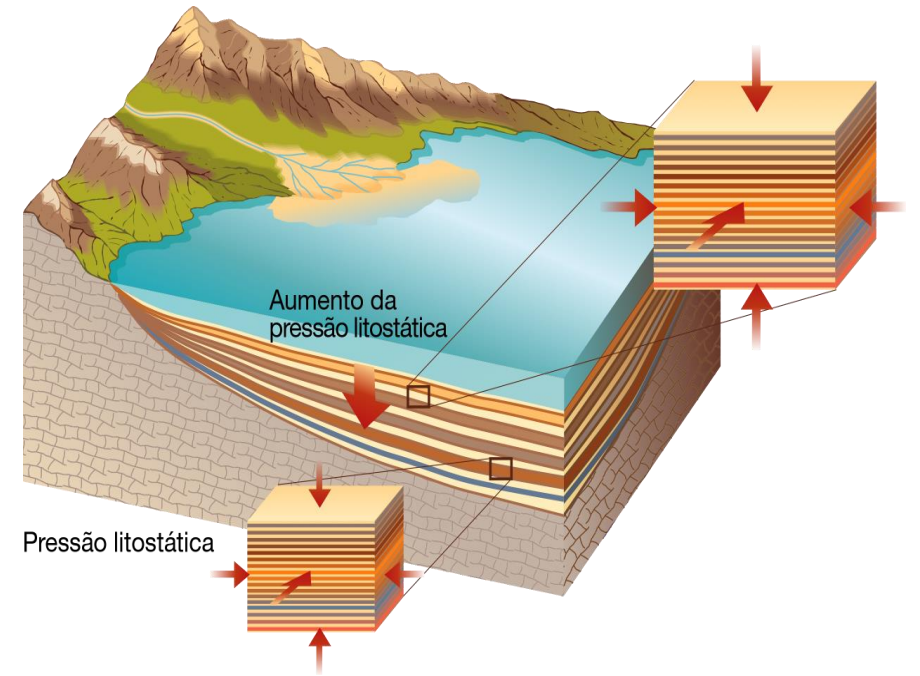


# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TENSÃO

### TENSÃO LITOSTÁTICA OU CONFINANTE

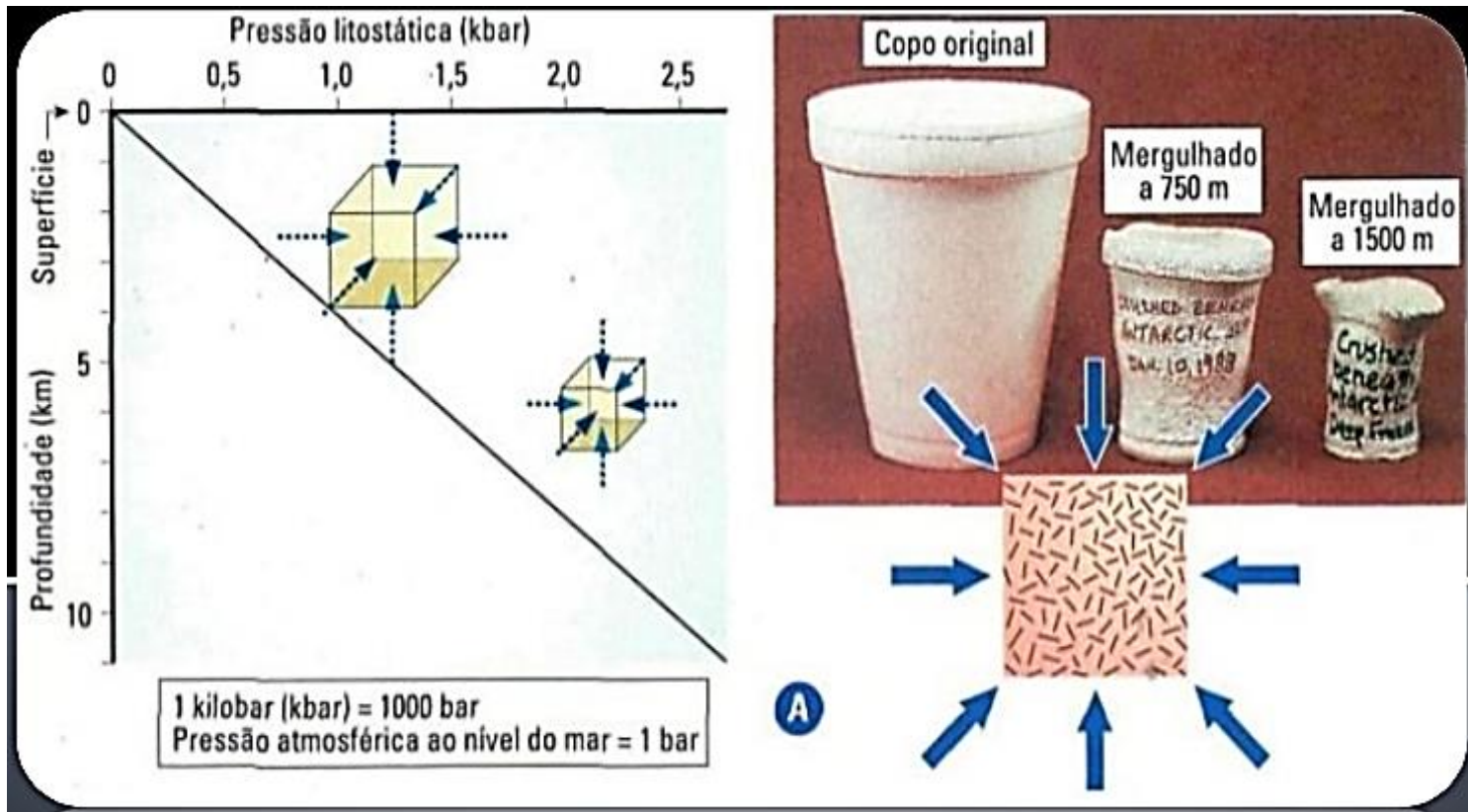
- Resulta do **peso do material das camadas superiores**.
- A partir de 3 km de profundidade a tensão exerce-se **igualmente em todas as direções**.
- O material fica sujeito a forças muito intensas **em todas as direções** que provocam a sua deformação.
- Faz **diminuir o volume** da rocha e por consequência **aumenta a sua densidade**.
- Afeta elevados volumes de rochas.



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TENSÃO

### TENSÃO LITOSTÁTICA OU CONFINANTE

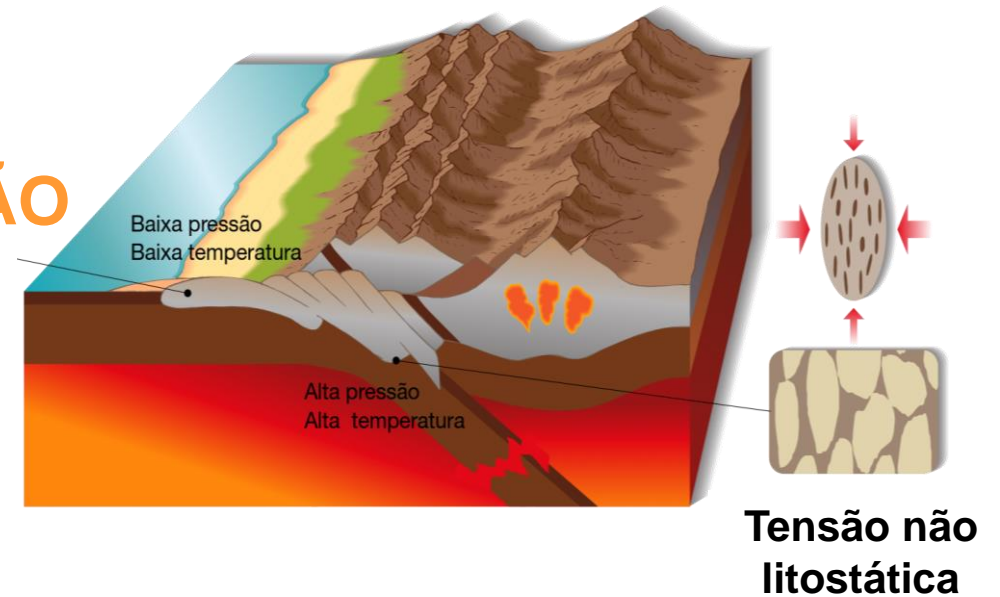


# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TENSÃO

### TENSÃO NÃO LITOSTÁTICA OU DIRIGIDA

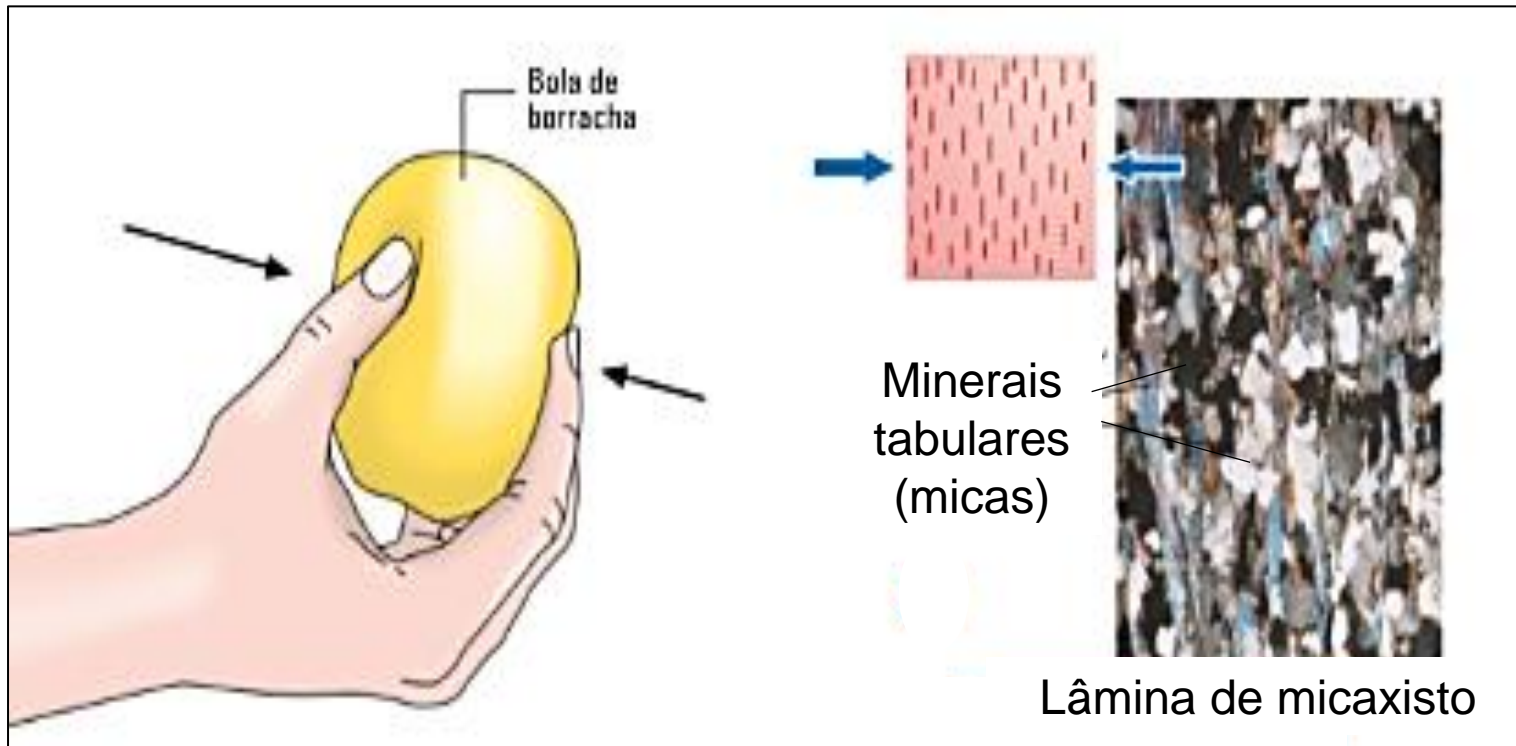
- As forças **são** exercidas apenas **numa** direção.
- Altera o aspeto macroscópico e microscópico da rocha uma vez que produz **uma orientação preferencial de certos minerais** que tendem a ficar alinhados perpendicularmente à direção da força.
- Corresponde às **pressões** exercidas por **movimentos tectónicos**: compressivas, distensivas e de cisalhamento.



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TENSÃO

### TENSÃO NÃO LITOSTÁTICA OU DIRIGIDA

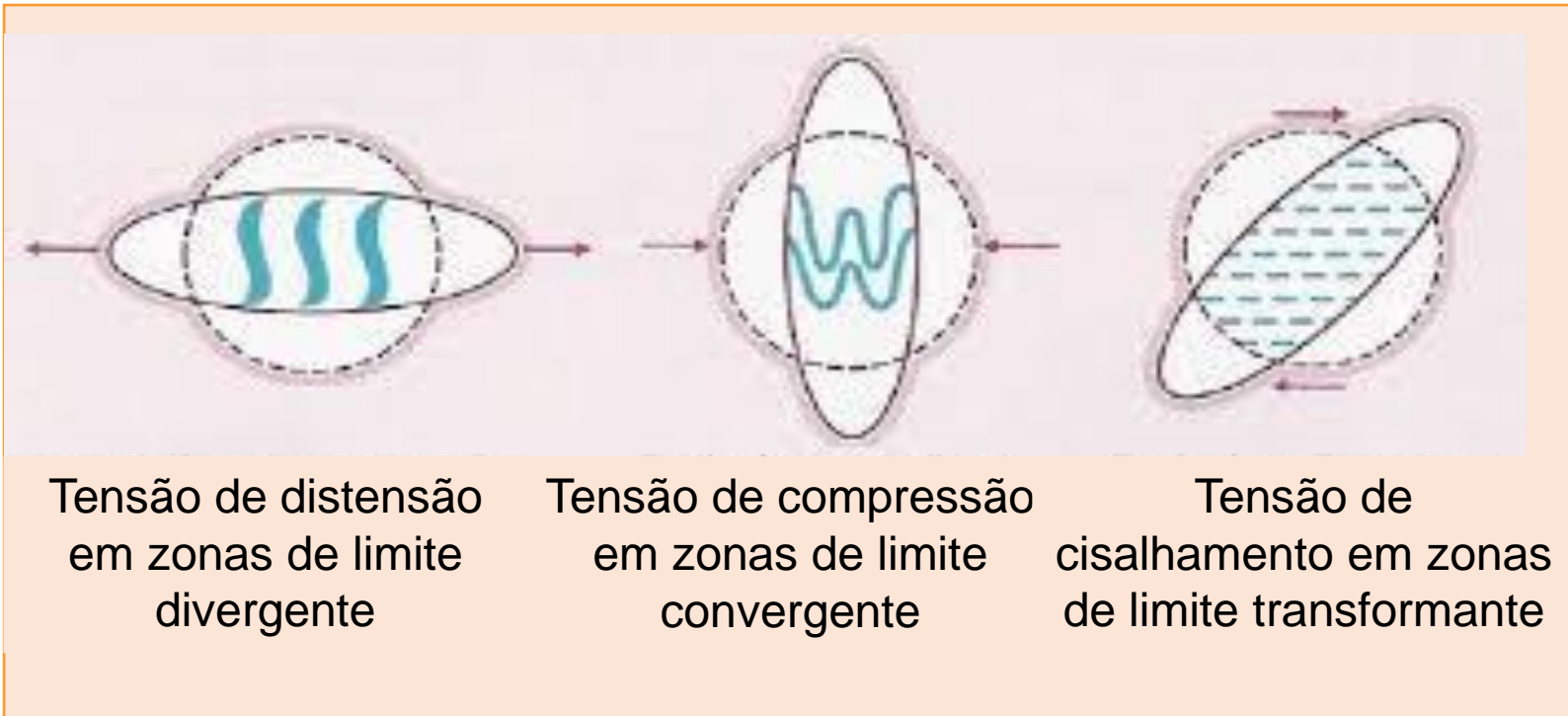




# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TENSÃO

### TENSÃO NÃO LITOSTÁTICA OU DIRIGIDA



Diferentes estados de tensão não litostática

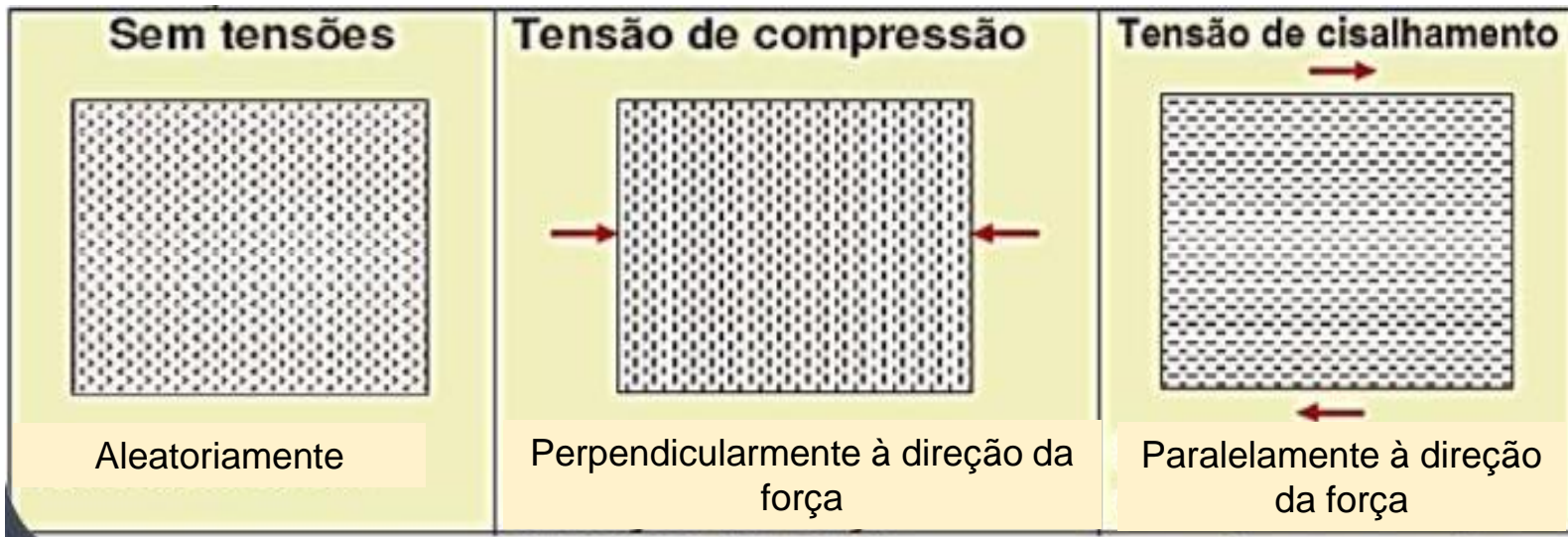
# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TENSÃO

### TENSÃO NÃO LITOSTÁTICA OU DIRIGIDA

#### Orientação de minerais tabulares em rochas metamórficas

A rocha sofre deformação (dobra ou falha) e estas tensões produzem uma **orientação preferencial** de certos minerais, ou seja, modifica o arranjo dos minerais.



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TENSÃO

### Tensão litostática

- Provocada pelo peso das camadas superiores.

### Tensão não litostática

- Provocada pelos movimentos das placas litosféricas.

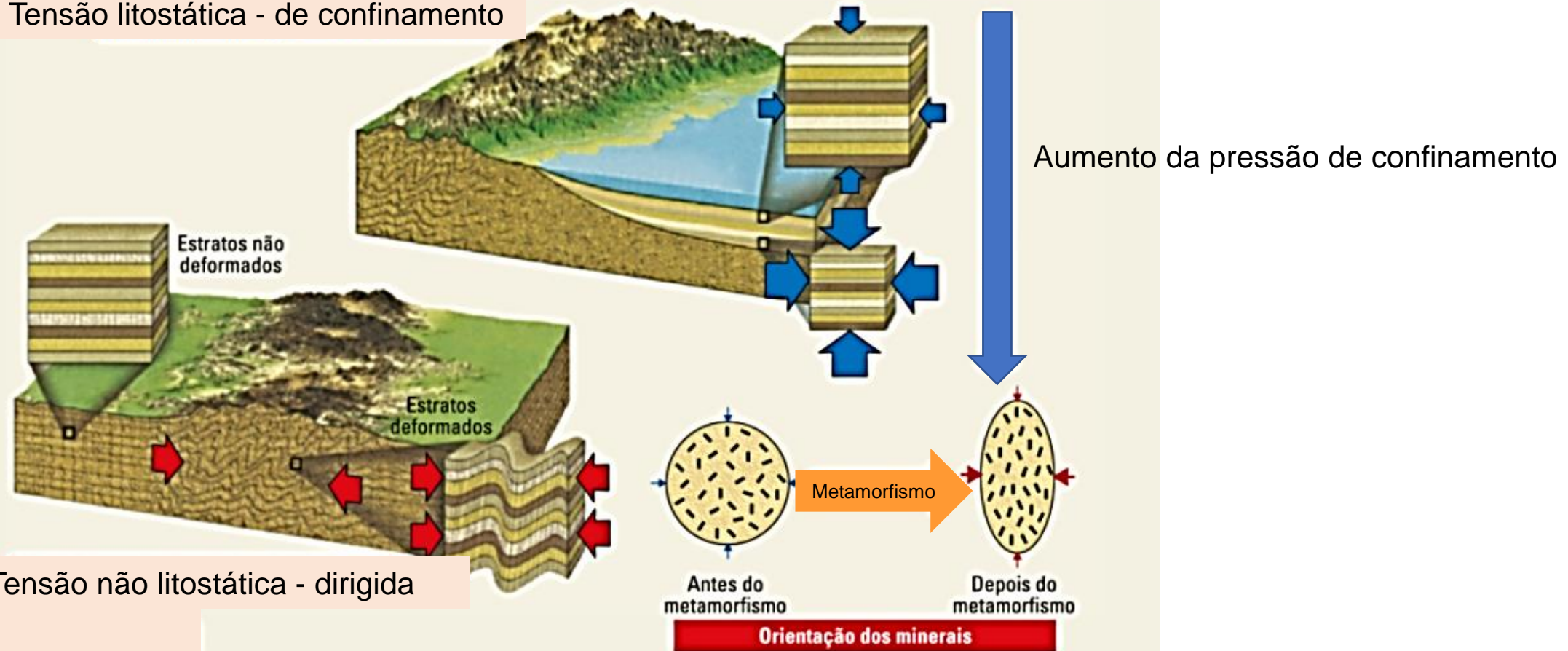
Tensão de compressão – os minerais orientam-se perpendicularmente à direção da tensão.

Tensão de cisalhamento – os minerais orientam-se paralelamente à direção da tensão.

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TENSÃO

Tensão litostática - de confinamento



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - CALOR

**As rochas sofrem aumento da temperatura**

Com o aumento da profundidade

Na proximidade de uma intrusão magmática.



**Por ação do calor, os minerais tornam-se instáveis**

Quebra de ligações químicas na estrutura cristalina

Formação de novas ligações

**Estruturas cristalinas diferentes**

**NOVOS MINERAIS**

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - CALOR

### Calor interno da Terra

- Remanescente da formação da Terra.
- Desintegração de minerais radioativos.

### Intrusões/ extrusões magmáticas

- O magma invade as rochas encaixantes e provoca reações metamórficas.
- O magma cobre as rochas superficiais e altera-as.

### Movimentos orogénicos

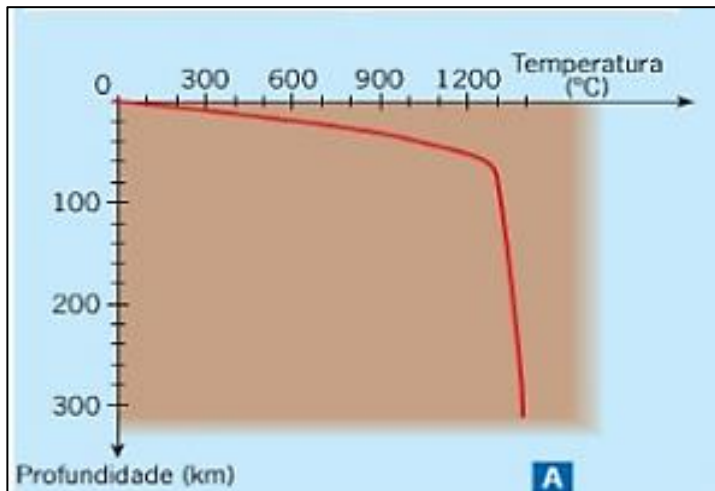
- Aumento da temperatura em limites convergentes de duas placas.



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - CALOR

Calor interno da Terra



Grau geotérmico

Intrusões / extrusões magmáticas



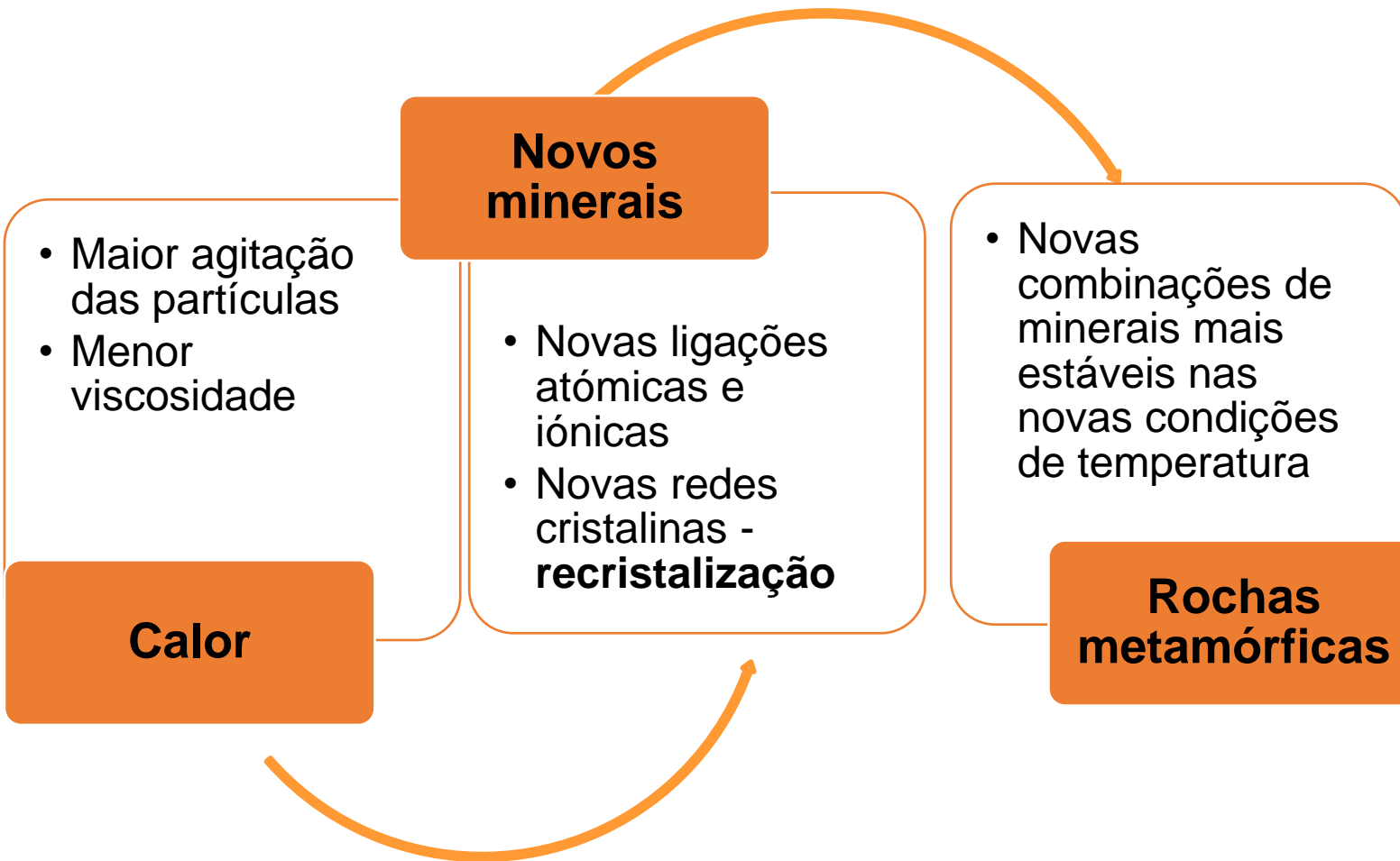
Movimentos orogénicos



# ROCHAS METAMÓRFICAS

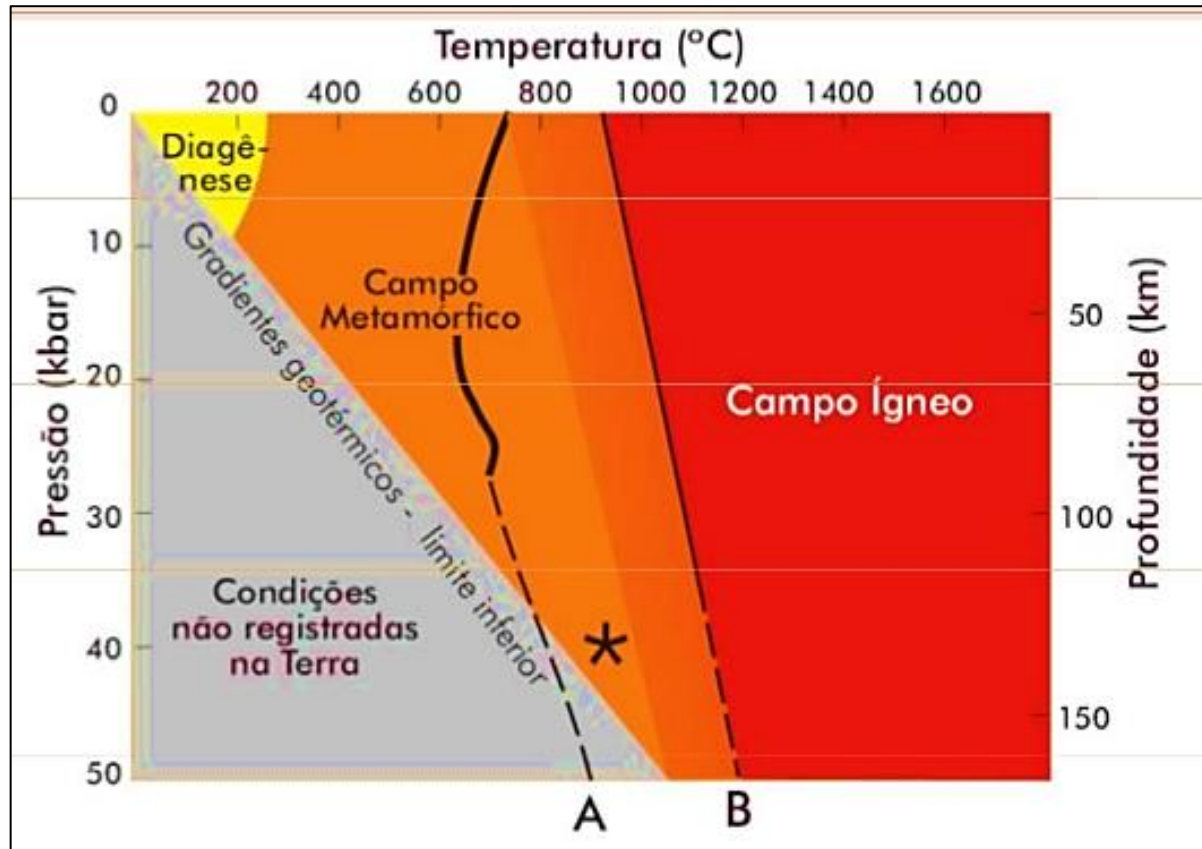
## FATORES DE METAMORFISMO - CALOR

A partir de **200°C**, o calor interno da Terra altera a **composição mineralógica** e a **textura** das rochas.



# FATORES DE METAMORFISMO

## TENSÃO E CALOR



**Metamorfismo em diagrama de P e T**  
Atualmente encontram-se rochas metamórficas expostas à superfície da crosta terrestre que se formaram em condições de pressão e temperatura elevadas, indicadas pelo asterisco.

**A** – Curva de fusão para granitos sob condições hidratadas (com água)

**B** – Curva de fusão para granitos sob condições anidras (sem água)

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - FLUIDOS

- Entre os **fluidos circulantes** inclui-se:
  - Água aquecida a elevadas pressões.
  - Fluidos resultantes da fusão de material rochoso.
  - Fluidos formados durante a diferenciação magmática.
- Têm origem na **desidratação de certas rochas** durante o metamorfismo ou são **libertados por magmas** próximos.
- Circulam entre os cristais, e em particular a água quente dissolve iões de certos minerais e transporta-os para outros locais, onde podem vir a reagir com outros constituintes das rochas.



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - FLUIDOS

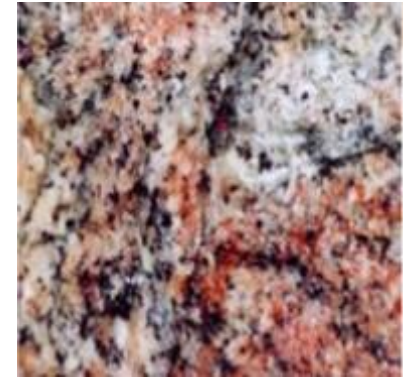
Os **fluidos** que circulam nos poros das rochas, transportam átomos e iões que provocam a quebra das ligações das redes cristalina.



A composição química e mineralógica das rochas é alterada - **recristalização**



**Novos minerais,** compatíveis com o metamorfismo



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## FATORES DE METAMORFISMO - TEMPO

O metamorfismo é um processo muito lento

Quanto **maior** for o **tempo** de exposição aos fatores de metamorfismo,

**maior** é o **grau** de metamorfismo,

**mais tempo** existe para se estabelecerem equilíbrios entre os **novos minerais**.





# ROCHAS METAMÓRFICAS

## MINERALOGIA DAS ROCHAS METAMÓRFICAS

**As rochas são estáveis nas condições de formação**

O mesmo se aplica aos seus minerais



**Alteração das condições podem levar a modificações nos minerais**

Instabilidade na composição mineralógica e no arranjo dos minerais



**Novas condições termodinâmicas**

Recristalização – diferentes associações minerais e/ou diferentes texturas

Alterações mineralógicas  
nas rochas metamórficas...

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## MINERALOGIA DAS ROCHAS METAMÓRFICAS

### Podem permanecer – minerais estáveis

- Não se alteram com as novas condições de pressão e temperatura. Ex: **quartzo, calcite**.

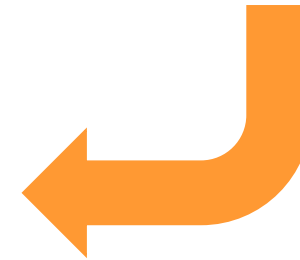
### Podem reaparecer

- Durante a recristalização como resultado das reações entre diferentes minerais da rocha inicial. Ex: **feldspatos, biotite**.

### Podem recristalizar

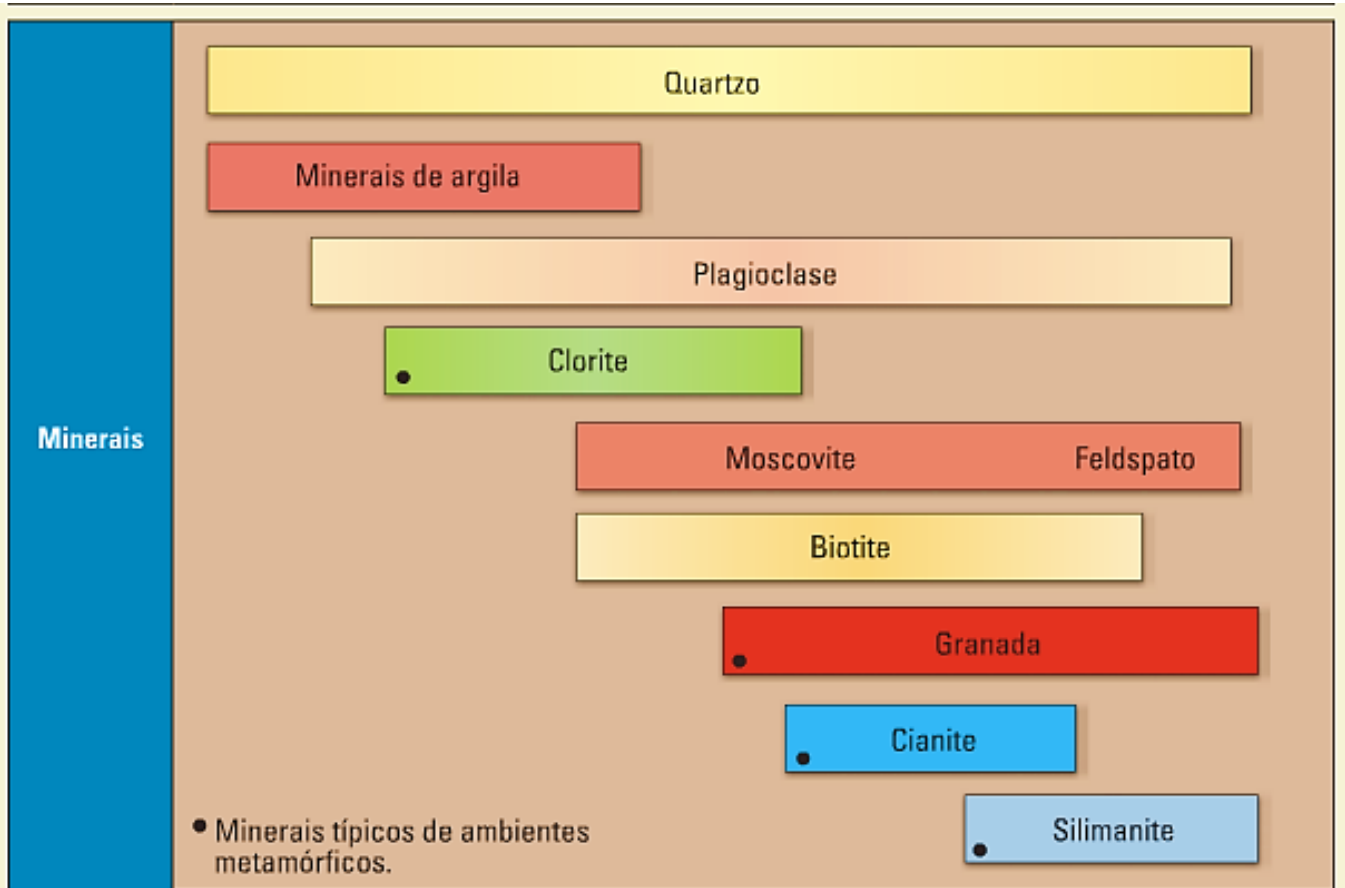
- Formação de minerais característicos das rochas metamórficas. Ex: **distena, andaluzite, silimanite, granada**

Minerais iniciais...



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## MINERALOGIA DAS ROCHAS METAMÓRFICAS



### MINERAIS METAMÓRFICOS:

- **Comuns às rochas ígneas** – quartzo, feldspatos, moscovite...
- **Comuns às rochas sedimentares** – calcite, dolomite...
- **Exclusivos das rochas metamórficas** – clorite, granada, cianite, silimanite...

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## MINERALOGIA DAS ROCHAS METAMÓRFICAS

Fatores de metamorfismo influenciam:



Recristalização dos minerais:

- Reorganização dos elementos de um mineral original numa combinação mais estável, nas novas condições P e T



- Alteração da **composição química** dos minerais iniciais formando-se **novos minerais (neoformação)**... ou...
- ...alteração da **estrutura cristalina** de um mineral **sem** variação da **composição química** - **Polimorfismo**

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## MINERALOGIA DAS ROCHAS METAMÓRFICAS

### MINERAIS ÍNDICE

São minerais que se formam num intervalo muito restrito de **pressão e temperatura**.

Permitem:

- Distinguir rochas metamórficas de outro tipo de rochas.
- Caracterizar as condições de P e T presentes quando a rocha se formou – **paleobarómetros e paleotermómetros**.
- Identificar os **diferentes graus** de metamorfismo.



Andaluzite



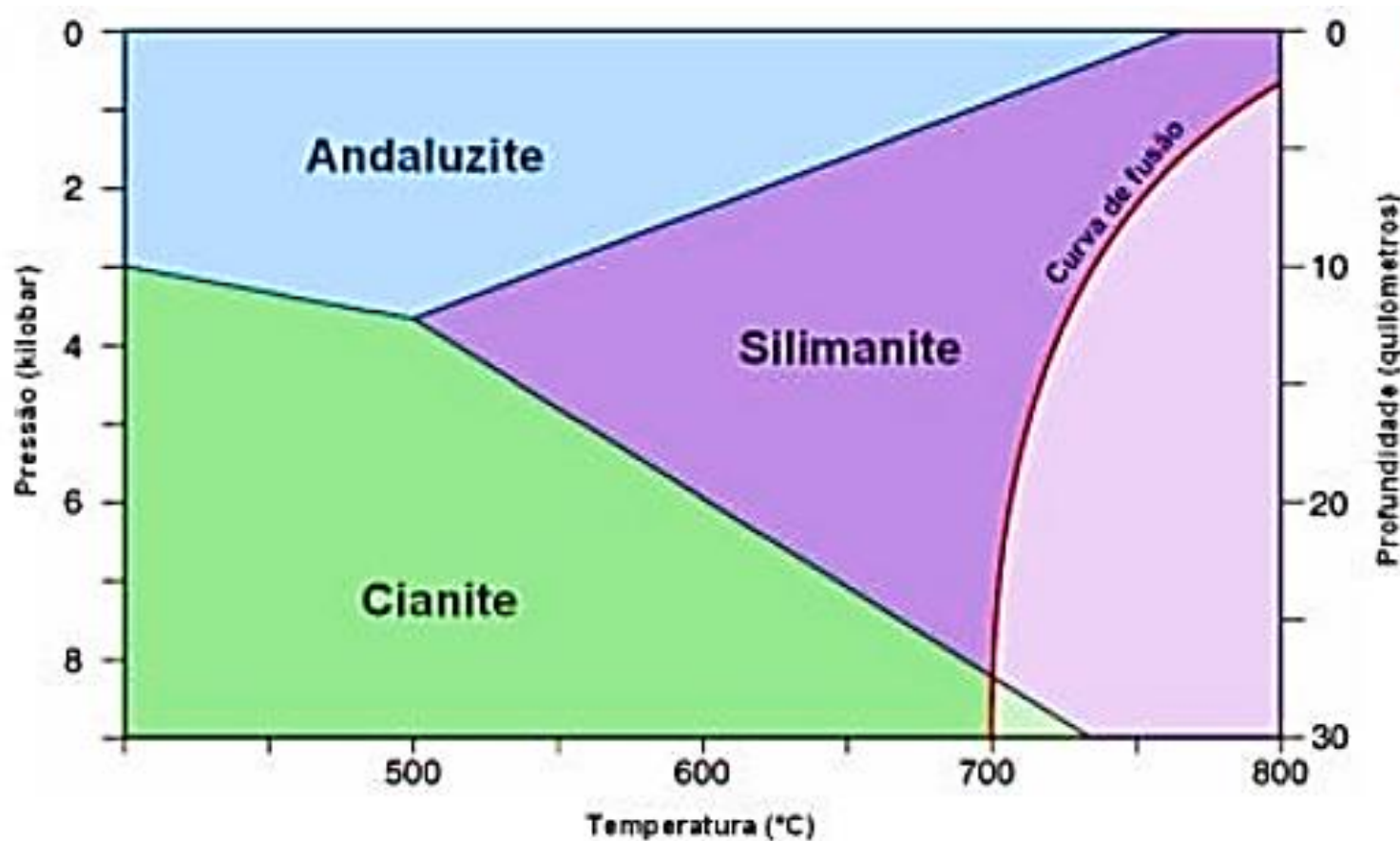
Silimanite



Cyanite

# ROCHAS METAMÓRFICAS

## MINERALOGIA DAS ROCHAS METAMÓRFICAS



### Polimorfos de $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

**Andaluzite** – baixa pressão e baixa a média temperatura.

**Cianite** – elevada pressão.

**Silimanite** – elevada temperatura.

### MINERAIS ÍNDICE



# ROCHAS METAMÓRFICAS

## GRAU DE METAMORFISMO

Intensidade das transformações

Quanto mais próximo da fonte de calor

Quanto mais elevadas as condições de P e T

Quanto mais tempo os agentes atuarem

Maior o grau de metamorfismo – maiores modificações mineralógicas e texturais da rocha

# METAMORFISMO

## GRAU DE METAMORFISMO

Grau de metamorfismo	Minerais-índice
Baixo	Clorite, moscovite e biotite
Intermédio	Granada e estaurolite
Elevado	Silimanite



Quartzo com clorite



Granada



Estaurolite



Silimanite

Rochas de **elevado grau de metamorfismo** apresentam frequentemente cristais de **elevadas dimensões** já que estes minerais, após se formarem, permanecem estáveis nessas condições.

# METAMORFISMO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. A andaluzite, a silimanite e a distena são minerais polimorfos, pois apresentam...
  - A. diferente composição química e a mesma estrutura cristalina.
  - B. diferente composição química e diferente estrutura cristalina.
  - C.** a mesma composição química e diferente estrutura cristalina.
  - D. a mesma composição química e a mesma estrutura cristalina.