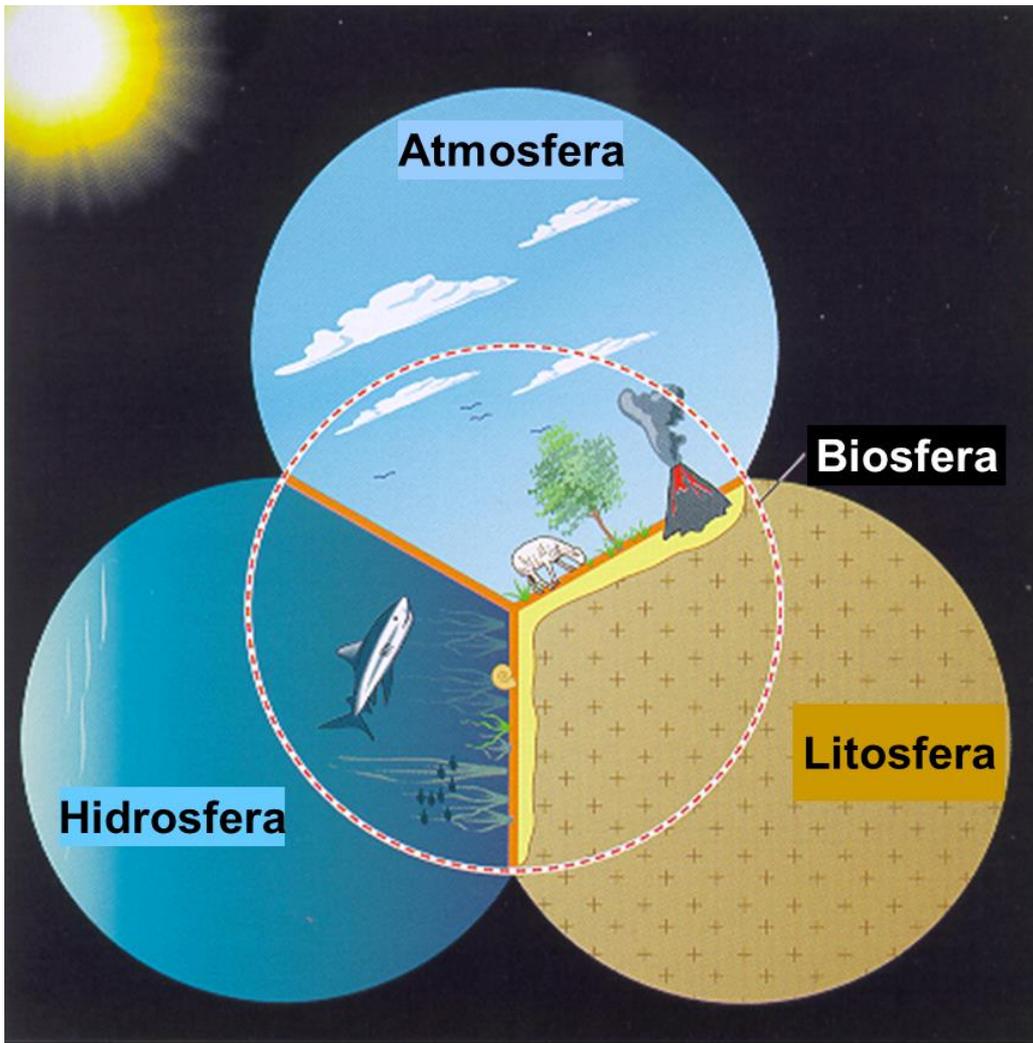
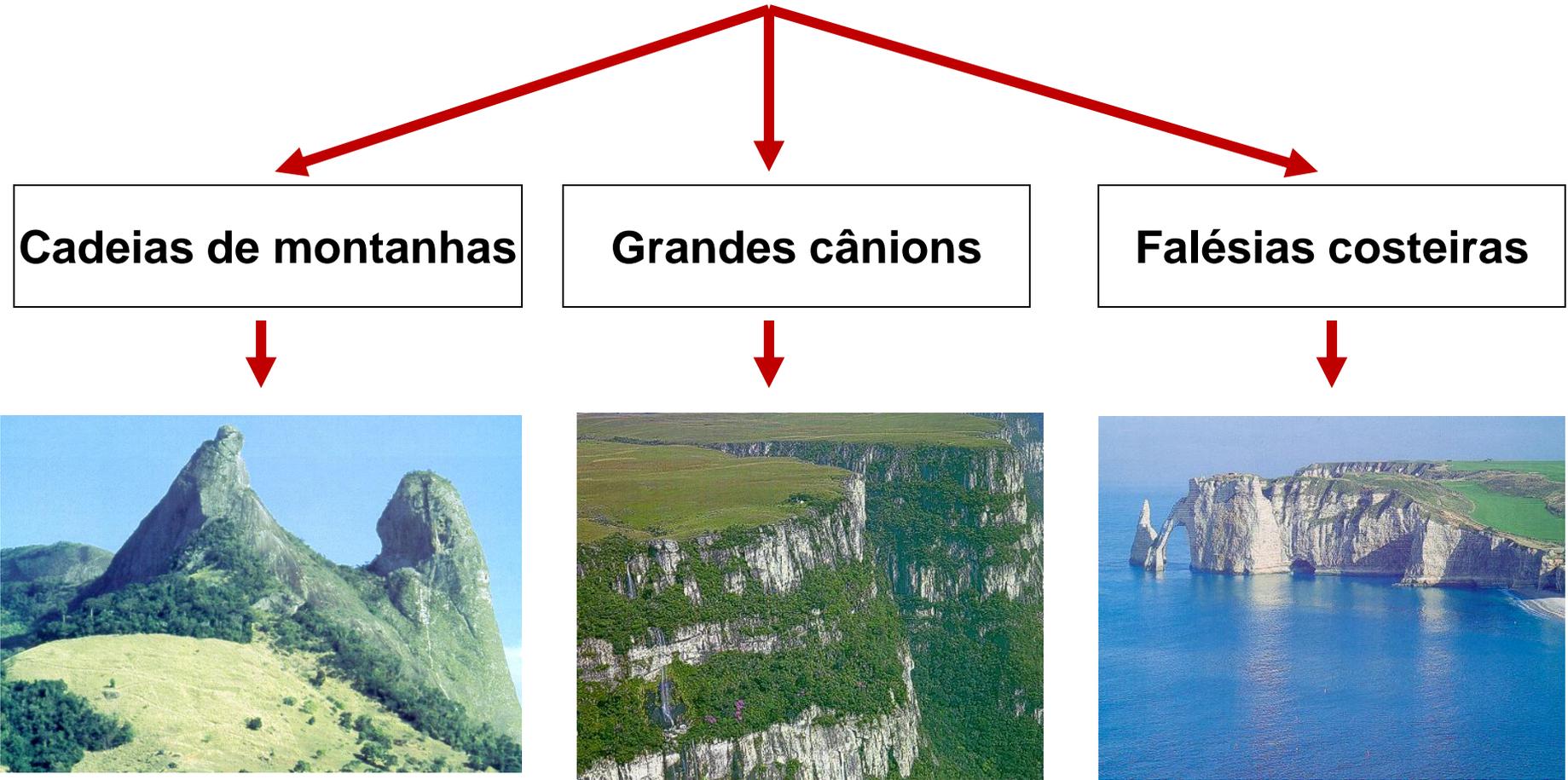


# A SUPERFÍCIE DA TERRA



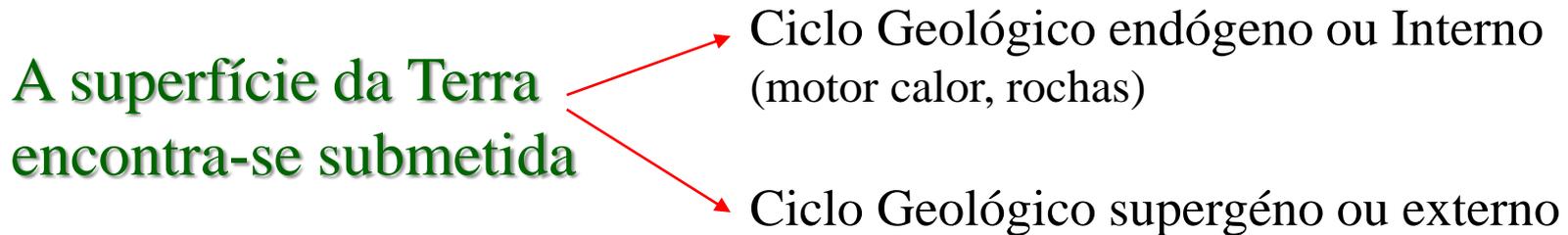
*Homem vive na interface entre a esfera sólida mais externa da Terra – Litosfera – e as esferas fluidas, líquida e gasosa – Hidrosfera e Atmosfera. A interação entre essas esferas dá origem a **Pedosfera***

# Formas de relevo observadas na superfície da Terra



**Ação das forças geológicas – internas e externas**

# INTEMPERISMO: processo fundamental na dinâmica externa da Terra



Ciclo  
endógeno

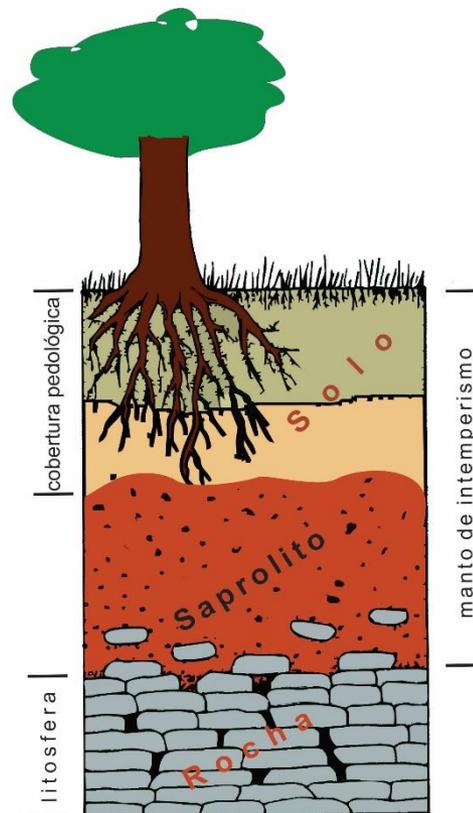
Rochas formadas sob altas pressões e temperaturas - 5 e 50 kbar e 700 a 1.200°C

Ciclo  
supérgeno

Estas rochas ficam submetidas a pressões e temperaturas ~1 kbar e 10 a 20°C em média

## *Rochas em desequilíbrio*

Minerais formadores das rochas tornam-se instáveis e sob ação do *processo de intemperismo*, se alteram dando origem a uma cobertura de materiais friáveis, móveis, de espessuras variáveis, desde alguns poucos metros, até algumas centenas de metros (em regiões tropicais). Esta cobertura é formada pelo processo do *intemperismo* e reorganizada pelo processo **pedogenético**.



**Perfil de Intemperismo**

*Intemperismo, erosão, transporte, sedimentação e pedogênese: são os principais processos que atuam na superfície da Terra*

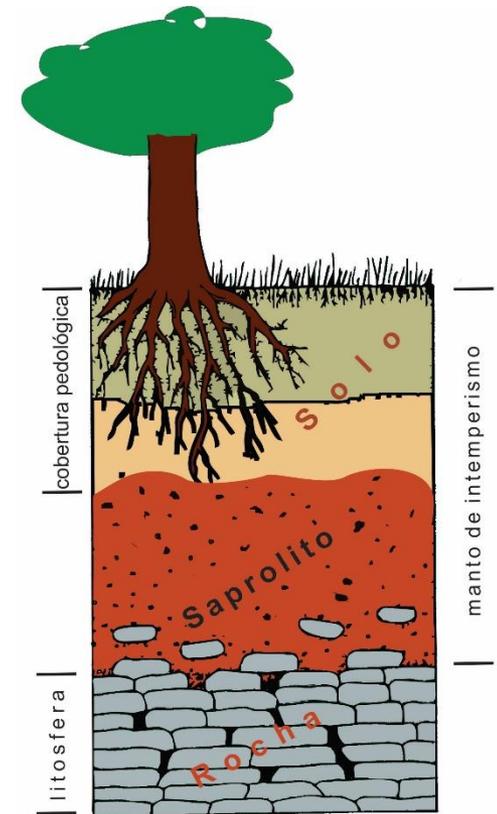
**INTEMPERISMO: processo fundamental na dinâmica externa da Terra**

# INTEMPERISMO DAS ROCHAS

*Intemperismo* é conjunto de modificações de ordem física (desagregação), química (decomposição) e biológica (desagregação e decomposição) que as rochas sofrem na superfície da Terra.

**Intemperismo físico** – provoca **desagregação da rocha**, sem modificar sua composição química e mineralógica.

Ocorre **predominantemente nas regiões semiáridas e áridas** do planeta (14% da superfície da Terra).



**Perfil de Intemperismo**

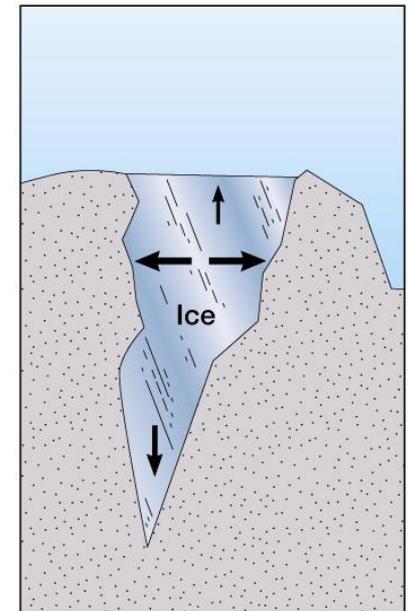
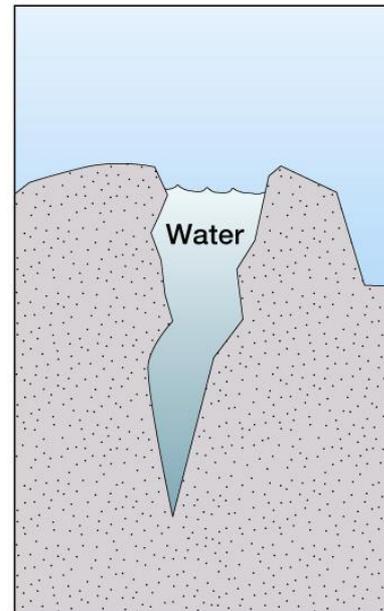
# Intemperismo Físico

Processo que causa desagregação das rochas com separação dos grãos minerais anteriormente coesos.

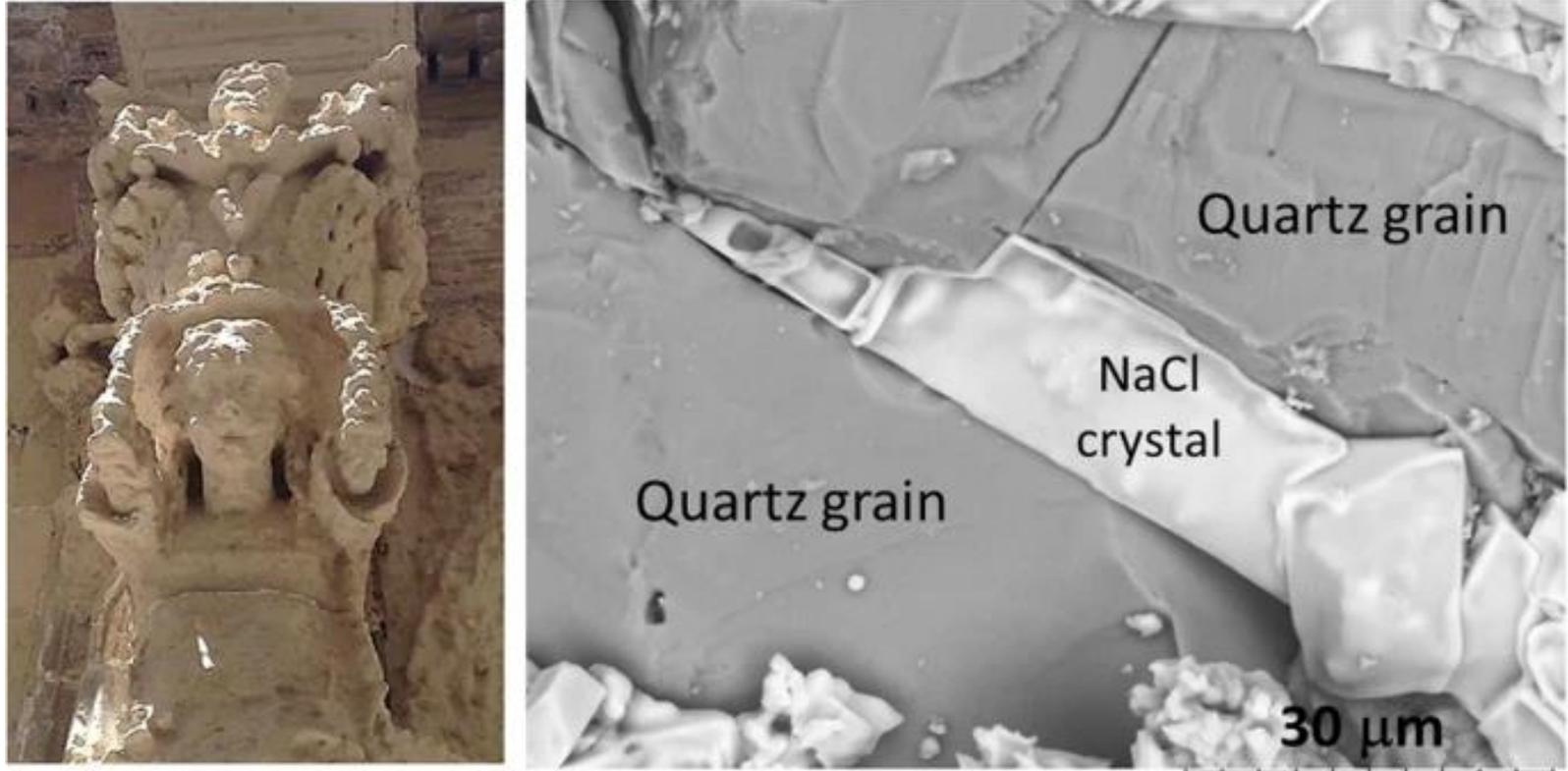
transforma  
**Rocha** → **material friável**

✓ expansão/contração térmica

✓ congelamento de água



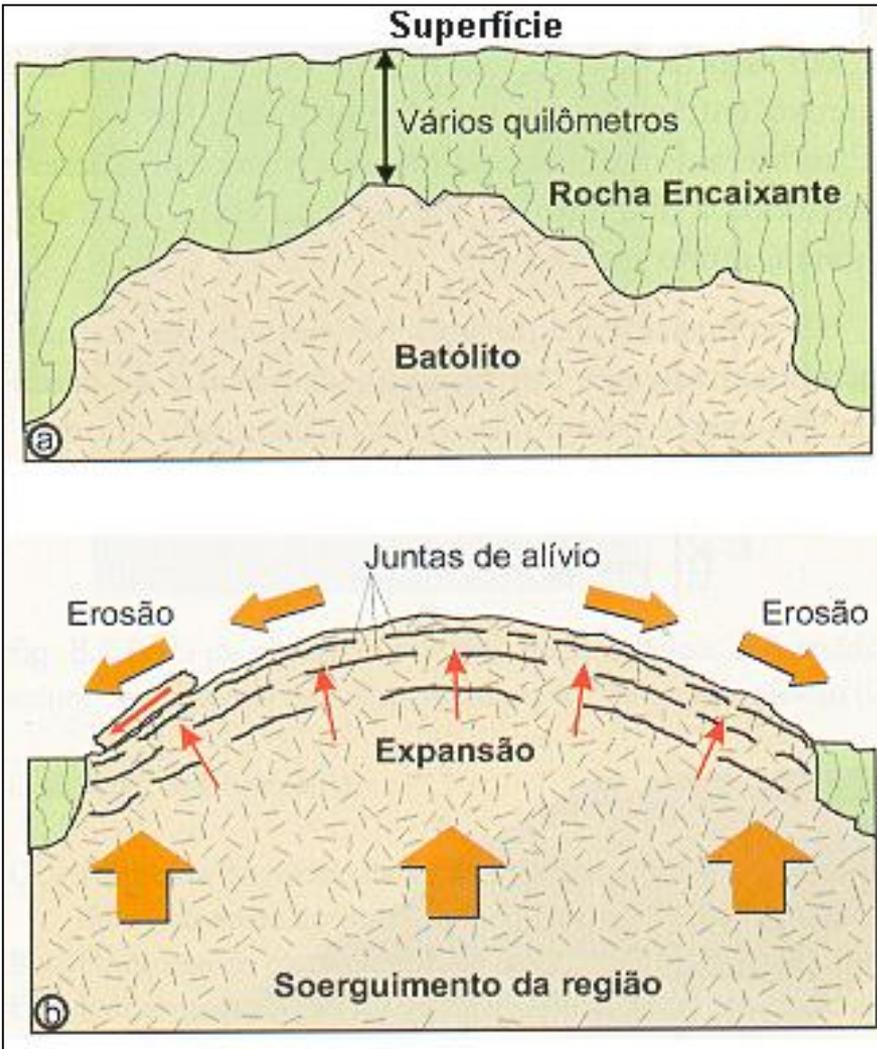
## ✓ cristalização de sais



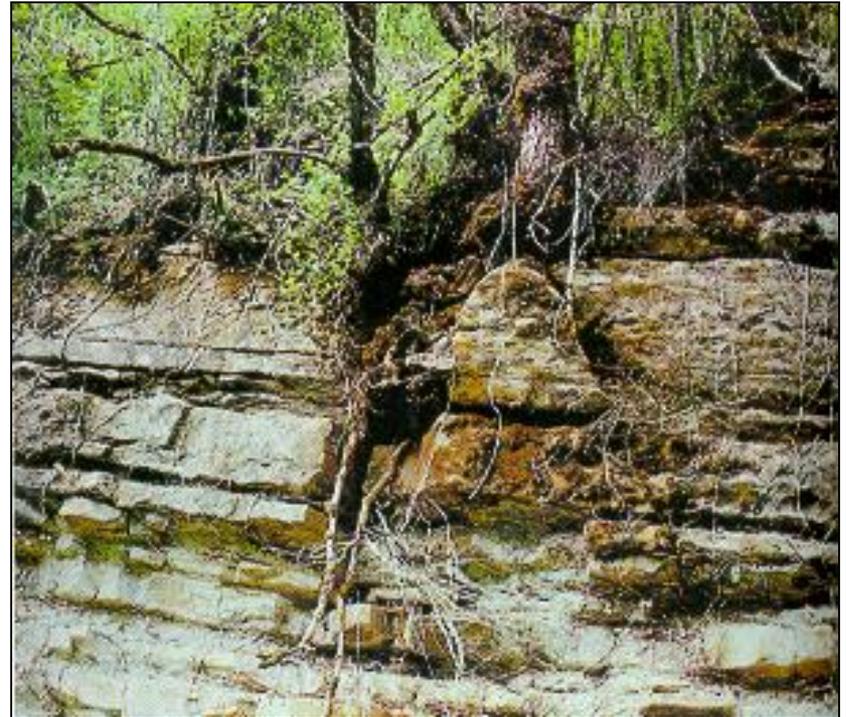
Left: Degradation of a historical stone sculpture (Lecce, Italy). Right: SEM image of NaCl crystals precipitation (white) in the pore space of sandstone after evaporation of salt solution. This image of crystallization in real porous material shows a very similar situation to our microscopy experiment of crystallization between two parallel plates. The two perpendicular microcracks could be due to salt crystallization in the pore space.

# Intemperismo Físico

## juntas de alívio de carga



# Intemperismo Físico- biológico e Químico-biológico

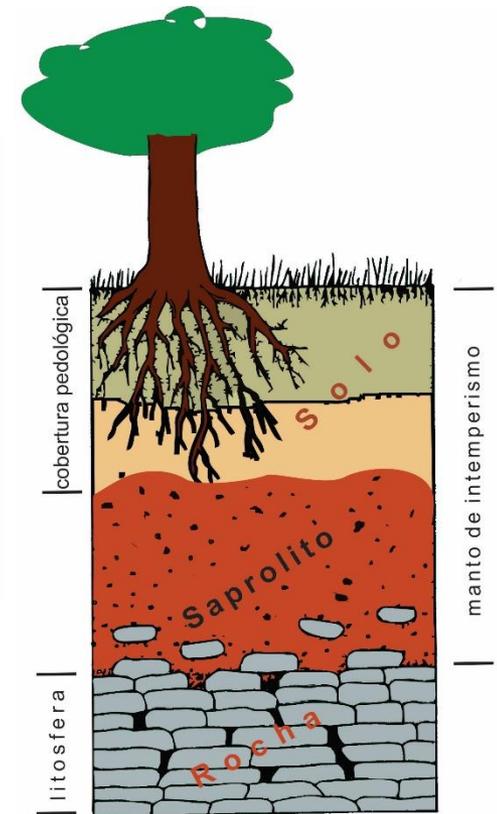


Biológico

# INTEMPERISMO DAS ROCHAS

*Intemperismo* é conjunto de modificações de ordem física (desagregação), química (decomposição) e biológica (desagregação e decomposição) que as rochas sofrem na superfície da Terra.

**Intemperismo químico** – processo **dominante na superfície**, onde as rochas se **alteram sob a ação da água** (hidrólise). Neste tipo de intemperismo os minerais formadores das rochas se **decompõem dando origem a outros minerais** (por exemplo: argilominerais, óxidos, hidróxidos, etc.)



**Perfil de Intemperismo**

Principal agente do intemperismo químico → água da chuva

$H_2O$  ou  $H^+$  e  $OH^-$

## **Intemperismo**

**Gênese dos argilominerais**

**É o origem dos solos**

**Libera elementos nutrientes e contaminantes**

**Forma reservatórios de água**

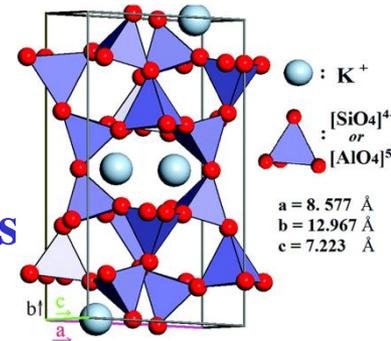
**Gera depósitos de minérios**

**Controla composição das rochas sedimentares**

# Três aspectos envolvem o estudo químico do intemperismo

## ✓ Quebra das estruturas primárias

liberação dos elementos químicos que formam os minerais  
**DESLOCAÇÕES**



## ✓ Comportamento dos elementos liberados

**MOBILIDADE NAS SOLUÇÕES**  
(pH, pK, etc)

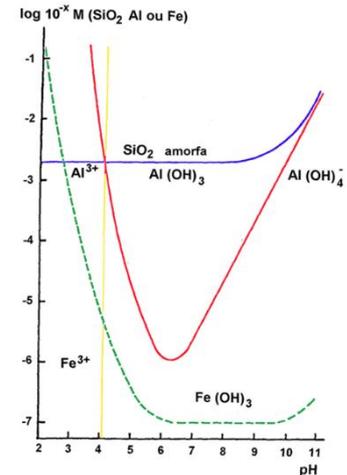


Figura 9. Diagrama de solubilidade da sílica, alumínio e ferro em função do pH nas condições superficiais. Melli (1997)

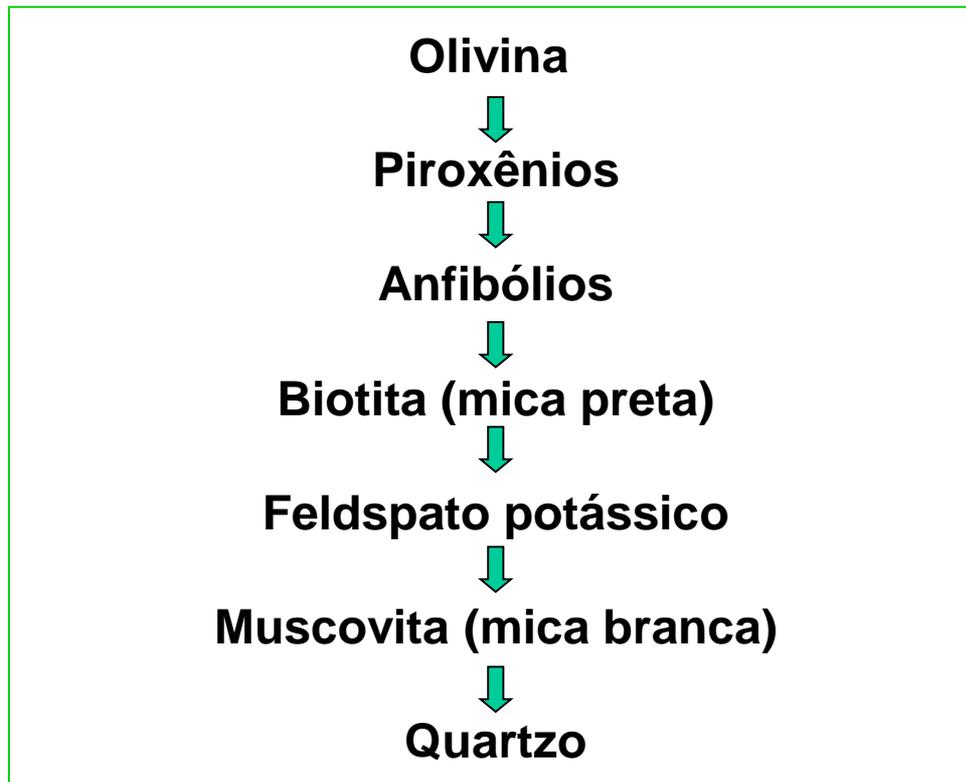
## ✓ Novas organizações estruturais

**NEOFORMAÇÃO: Neogênese**  
**Transformação**



# **Mineral I - mineral primário** – minerais formadores das rochas

em contato com as soluções de ataque, possuem solubilidades diferentes



*Cristalização de alta temperatura >1000°C*

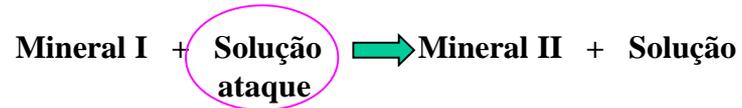
*Cristalização tardia de baixa temperatura ≤ 600°C*

Condições do meio



chuva, temp., pH, topog., fluxo

## ***Solução ataque***



percolação

chuva, temp., pH, topog., fluxo

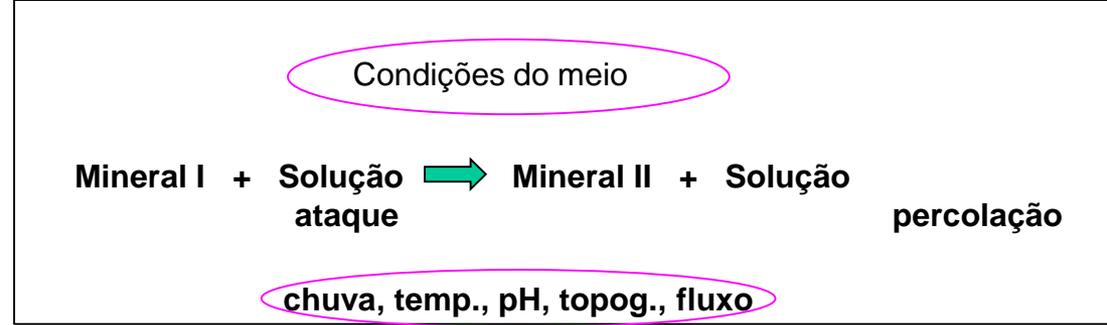
### Água da chuva

**Caráter ácido pela interação com CO<sub>2</sub> atmosférico**

**Solo - caráter ainda mais ácido**

respiração das plantas pelas raízes  
oxidação da matéria orgânica - ácidos orgânicos + CO<sub>2</sub>

# Condições do meio



Definidas por:

parâmetros climáticos: **pluviometria e temperatura**

termodinâmicos: **pH, Eh, concentração**

hídricos: **topografia, fluxo de soluções, etc.**

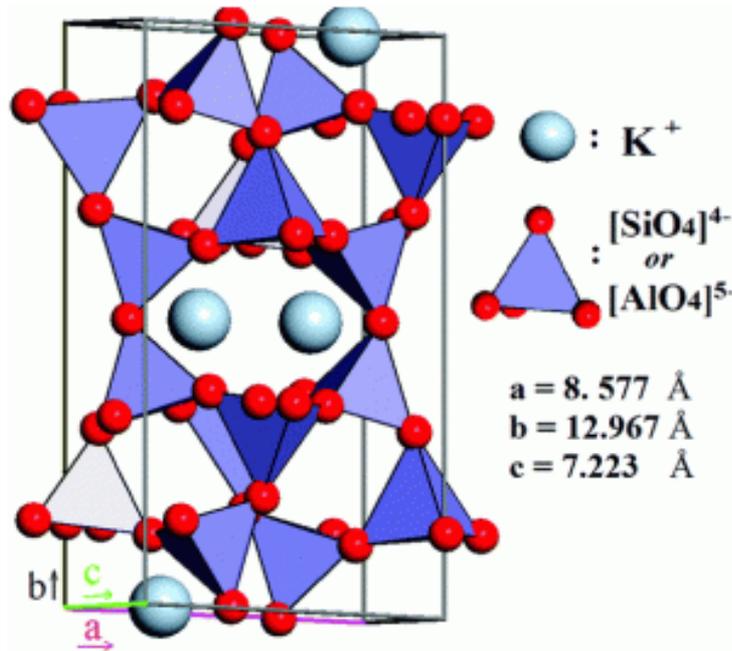
**pH – importante papel na definição do tipo de mecanismo que irá atuar no intemperismo químico**

## Mineral II – mineral secundário

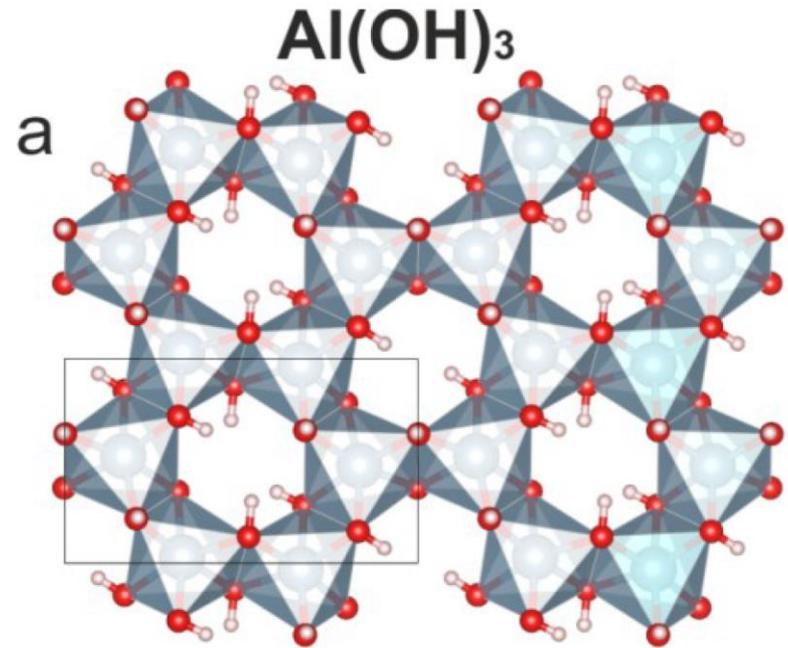


Diretamente formado na pedosfera

**neoformação** (Ex. dissolução de feldspato – gibbsita;  
dissolução de piroxênio - goethita)



Ortoclasio  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$



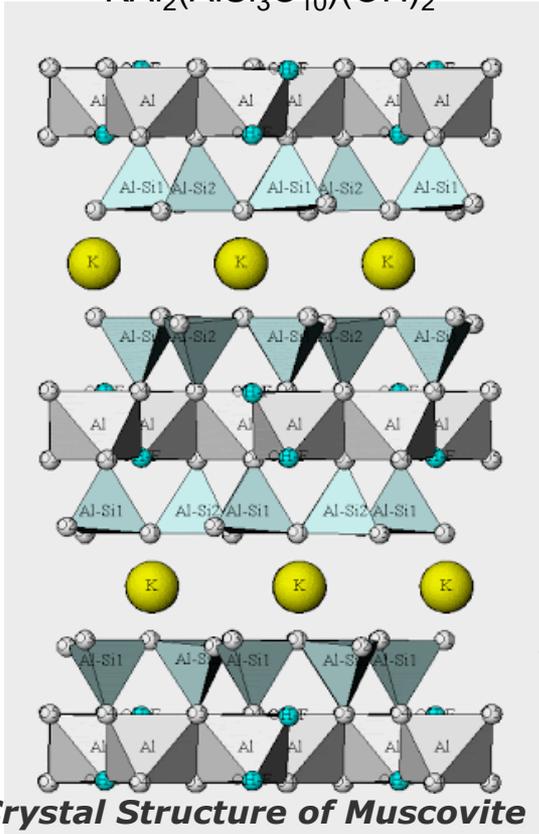
Gibbsita

# Mineral II – mineral secundário

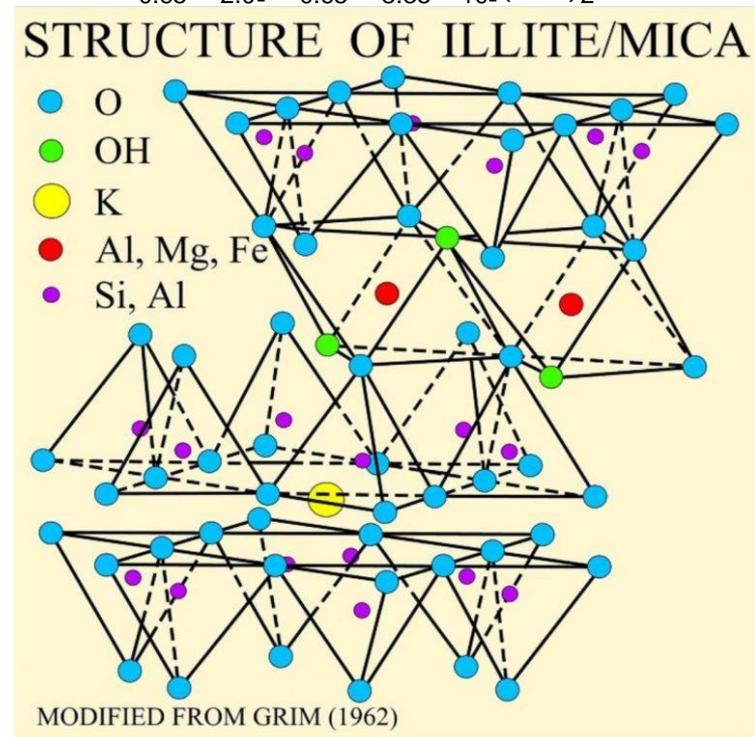


Diretamente formado na pedosfera

**transformação** (composição química modificada, preserva estrutura. Mica → argilomineral. Ex. biotita – vermiculita; muscovita - illita)



[http://www.thisoldearth.net/Mineral\\_cleavage.cfm](http://www.thisoldearth.net/Mineral_cleavage.cfm)



<https://opengeology.org/textbook/3-minerals/>



## ***Solução de percolação***

- Difere da solução de ataque. Contém os constituintes mais solúveis.
- Deixam a pedosfera e vão alimentar a hidrosfera. Podem influenciar a qualidade das águas subterrâneas e superficiais

# Reações do intemperismo químico

✓ Hidratação

✓ Oxidação

✓ Dissolução

✓ *Hidrólise*

*pH do meio:*

hidrólise sensu stricto (pH entre 5 e 9)

hidrólise ácida (pH menor que 3, e entre 3 e 5; acidólise)

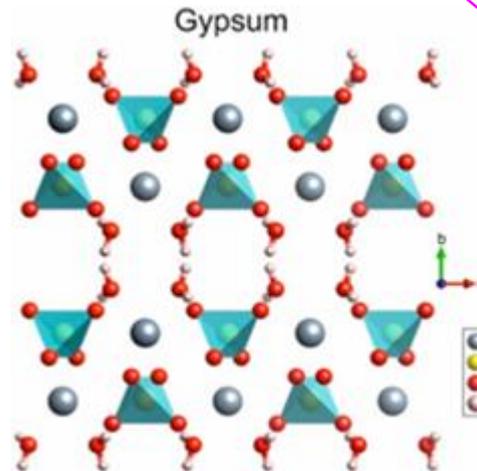
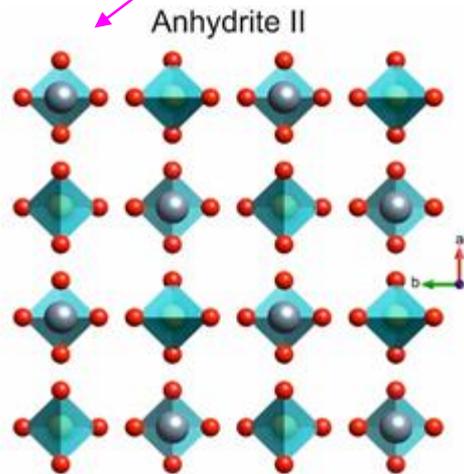
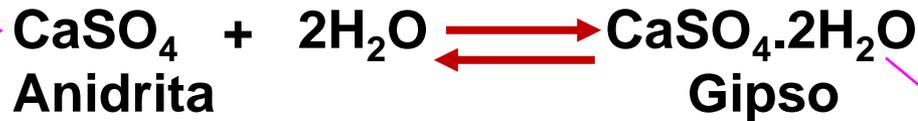
hidrólise alcalina (pH entre 9 e 10, e superior a 11; alcalinólise).

Na **hidratação** as moléculas de água entram na estrutura do mineral pela atração destas moléculas e as cargas não compensadas nas superfícies dos cristais.

## HIDRATAÇÃO

Moléculas de água  $\longrightarrow$  estrutura mineral

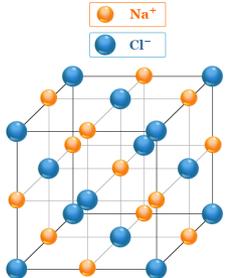
modifica estrutura  $\longrightarrow$  forma novo mineral



**aumento de volume = 26%**

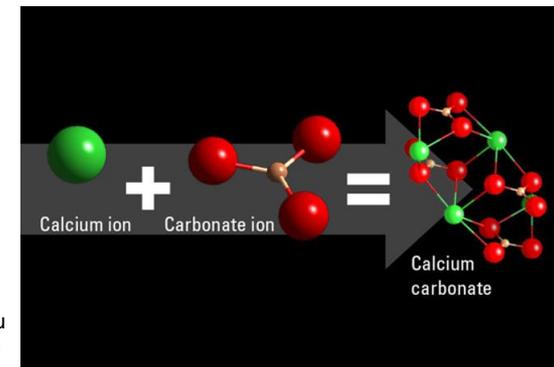
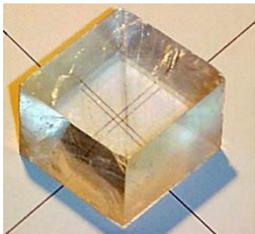
# DISSOLUÇÃO

## ✓ solubilização completa do mineral - sais (halita)



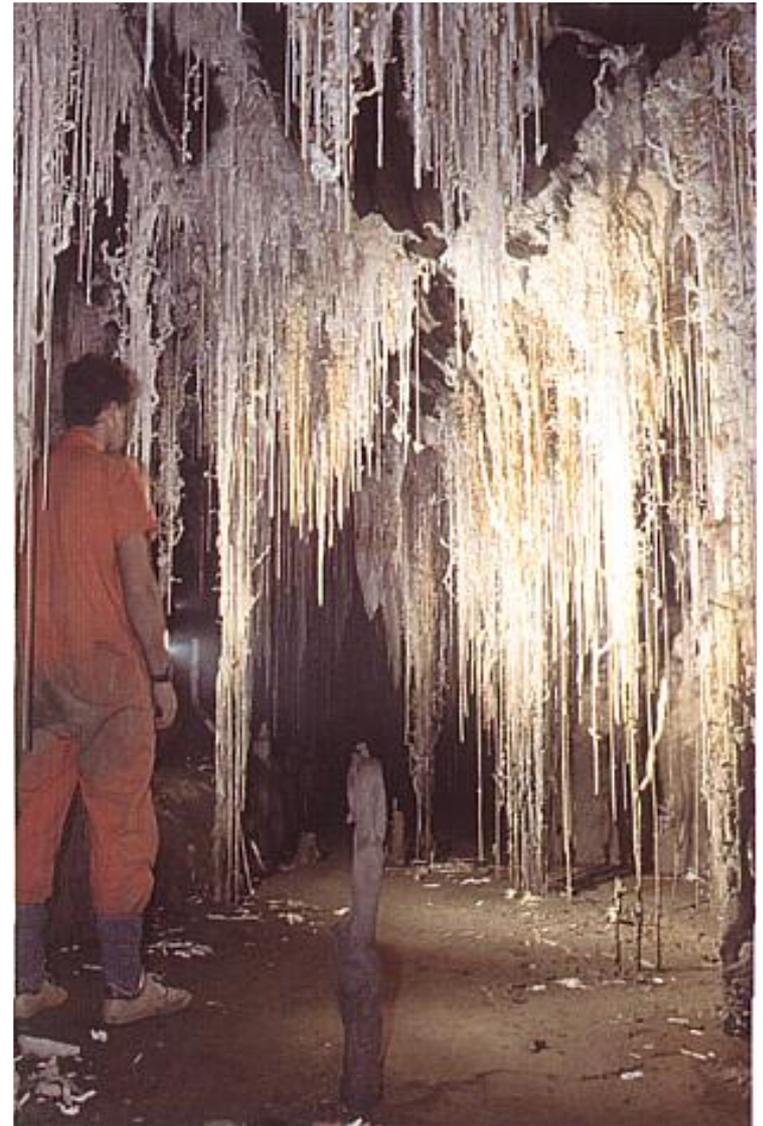
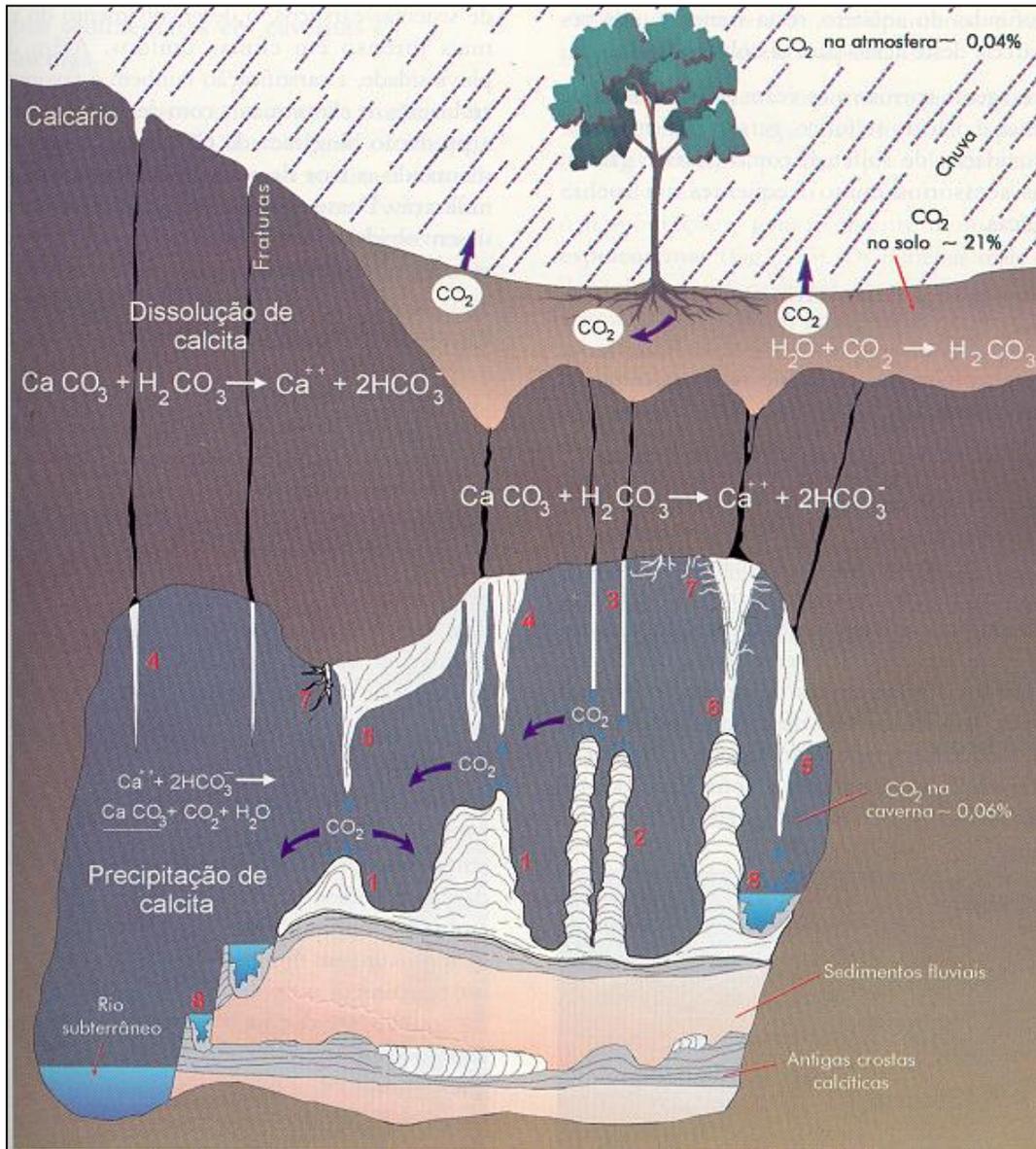
<https://www.priyamstudycentre.com/wp-content/uploads/2022/06/Sodium-chloride-uses-chemical-formula-and-crystal-structure-of-NaCl-salt.png>

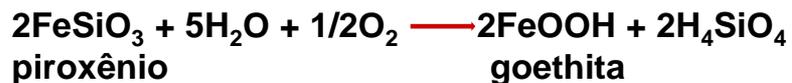
## ✓ minerais de alta solubilidade (calcita)



<https://www.google.com.br/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.huananm.com%2Fen%2Fproducts.html&psig=AOvVaw2kdn8P56De5YrEHt3stkDc&ust=1682350969974000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCKD2vParwP4CFQAAAAAdAAAAABAD>

✓ rochas calcárias → relevos cársticos  
(cavernas, dolinas)

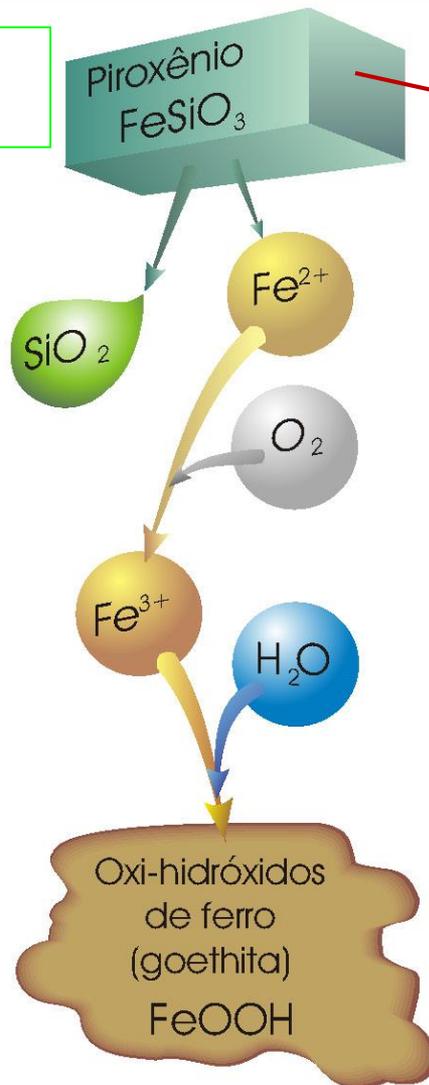




Piroxênio rico em ferro, libera sílica e íons ferrosos para a solução.

Ferro ferroso é oxidado pelas moléculas de oxigênio, formando ferro férrico.

Ferro férrico combina com água precipitando produtos ferruginosos.



## OXIDAÇÃO

✓ **Minerais formados por elementos com mais de um estado de oxidação (Fe, Mn, etc.)**

**Fonte:** Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

# ***HIDRÓLISE***

✓ Processo que afeta os **silicatos**

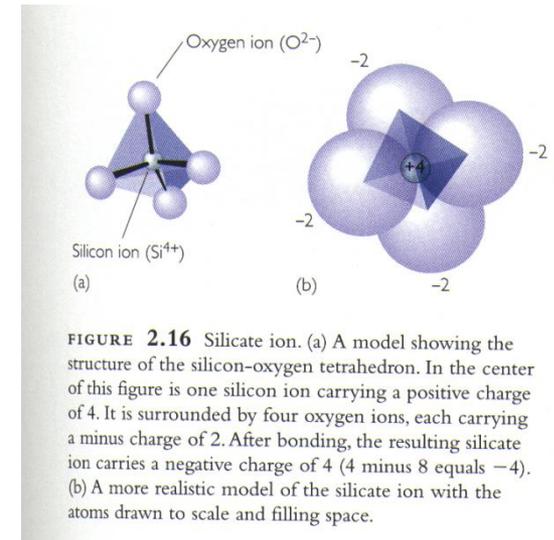
✓ água ionizada =  $H^+$ ,  $OH^-$

✓  $H^+$  entra na estrutura dos silicatos

desloca para a solução cátions  $\longrightarrow K^+$ ,  $Na^+$ ,  
 $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$

✓ Si e Al (isolados, polímeros) (estrutura rompida) **são liberados**

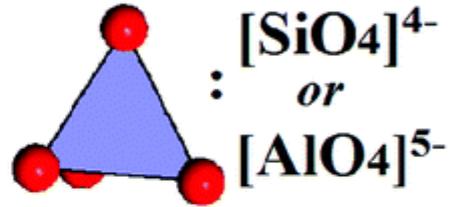
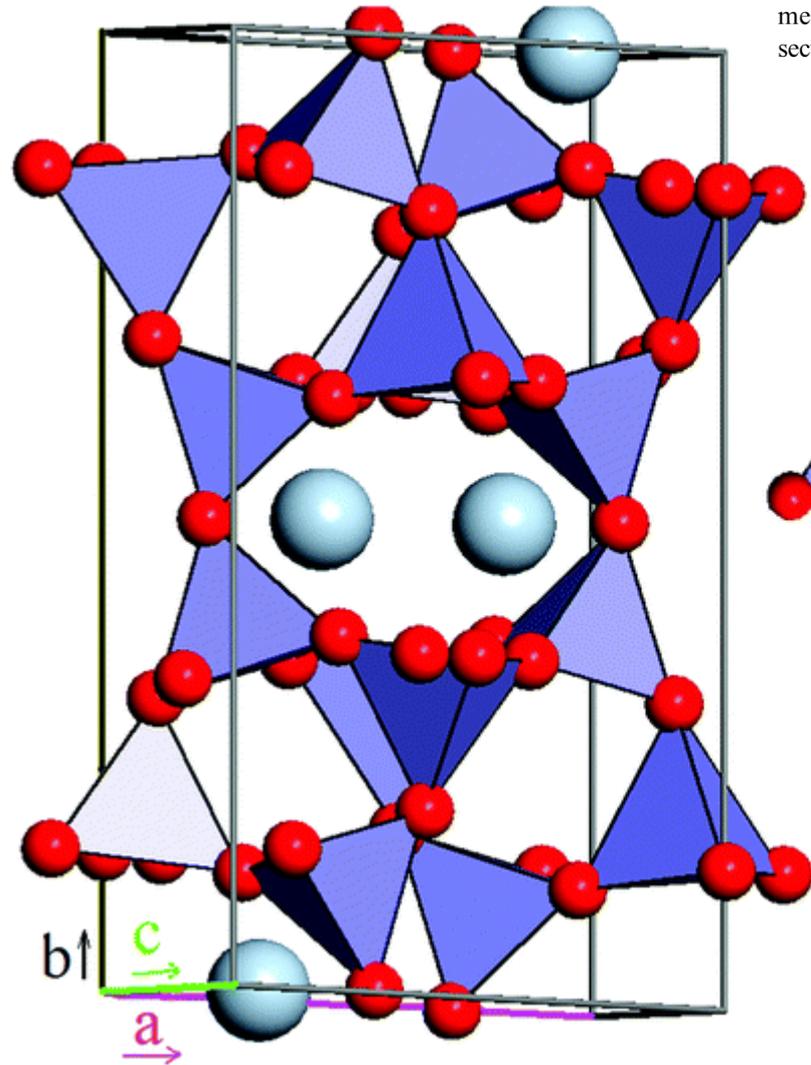
menos móveis que os alcalinos e alcalinos terrosos, podem se recombinar formando minerais secundários silicoaluminosos, sempre hidratados, como por exemplo, os argilominerais.



✓  $H^+$  entra na estrutura dos silicatos desloca para a solução cátions  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$

Si e Al (isolados, polímeros)  
(estrutura rompida) são liberados

menos móveis que os alcalinos e alcalinos terrosos, podem se recombinar formando minerais secundários silicoaluminosos, sempre hidratados, como por exemplo, os argilominerais.

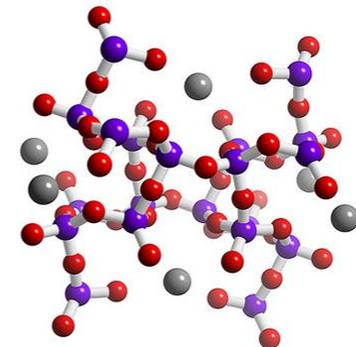
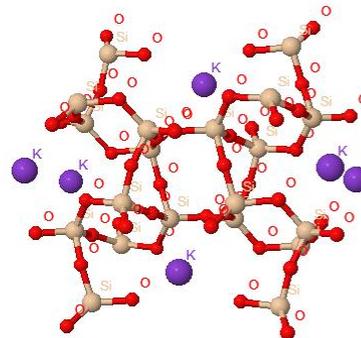


$$a = 8.577 \text{ \AA}$$

$$b = 12.967 \text{ \AA}$$

$$c = 7.223 \text{ \AA}$$

$KAlSi_3O_8$  - Orthoclase



# Reações do intemperismo químico

- ✓ Hidrólise mais importante reação → Silicatos

pH do meio

- ✓ hidrólise sensu stricto (pH entre 5 e 9)
- ✓ hidrólise ácida (pH entre 3 e 5; *acidólise*)
- ✓ hidrólise alcalina (pH maior 9; *alcalinólise*)

\*\*\*\*

## Comportamento dos elementos em solução

Antes de prosseguir

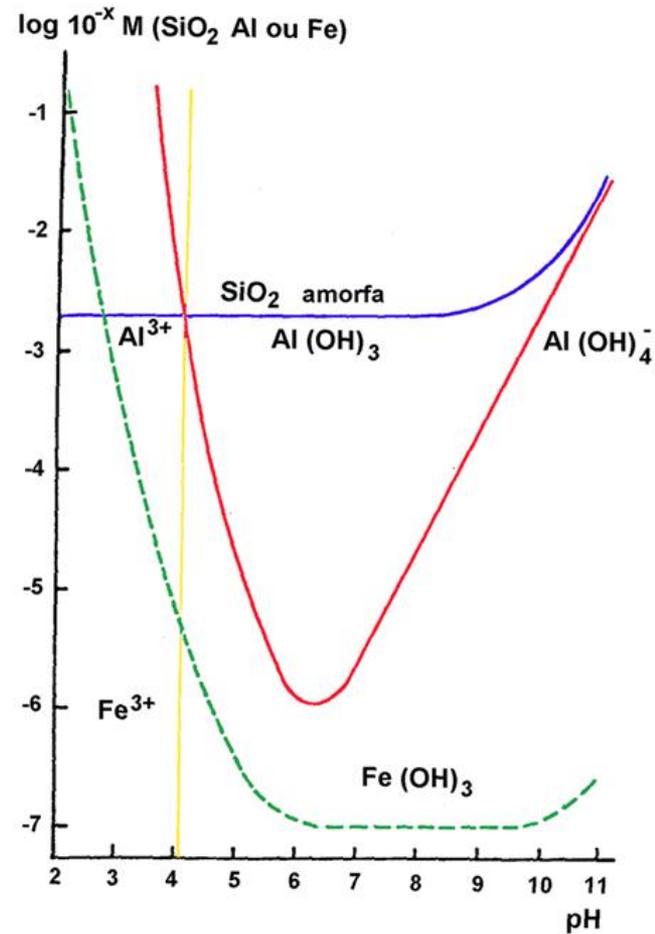
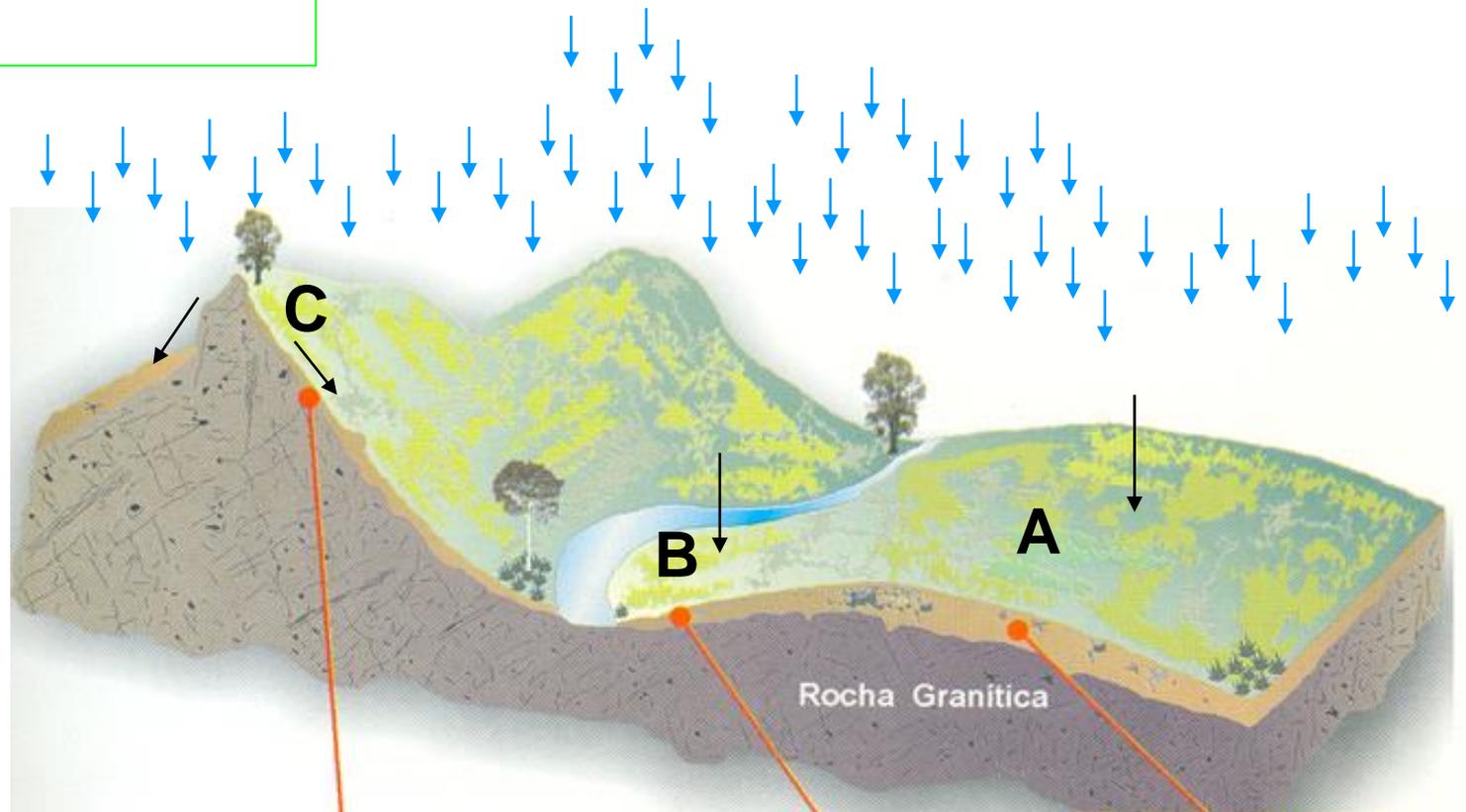


Figura 9. Diagrama de solubilidade da sílica, alumínio e ferro em função do pH nas condições superficiais

Melfi (1997)

Determina a intensidade do **fluxo das soluções** e consequentemente a intensidade do intemperismo



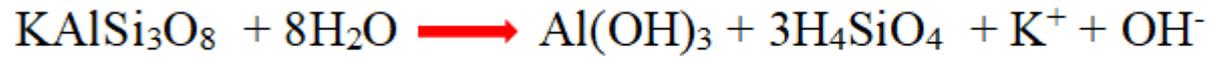
- A - Boa infiltração e boa drenagem
- B - Boa infiltração e má drenagem
- C - Má infiltração e má drenagem

# Hidrólise *sensu stricto* (pH entre 5 e 9)

O *fluxo de soluções* no contato com as rochas em processo de alteração determinará os diferentes graus da hidrólise *sensu stricto* e o mineral formado no processo de intemperismo.

## Hidrólise total – Fluxo de soluções muito importante

100% de bases e 100% de sílica são eliminadas

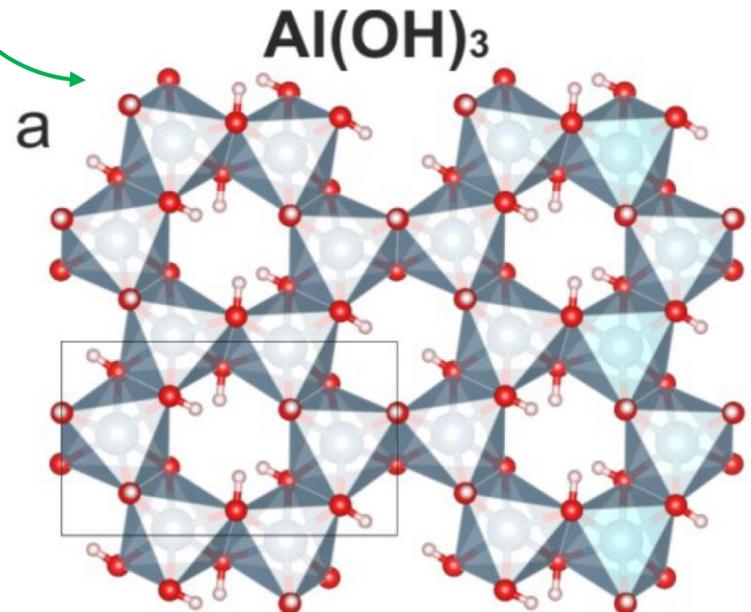
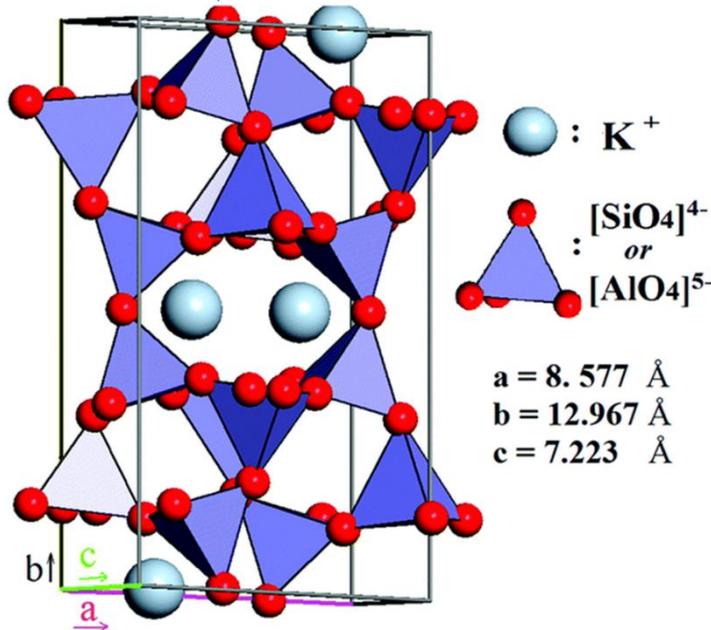


Alitização

Ortoclásio

Gibbsita

Solução



# Hidrólise total – Fluxo de soluções muito importante



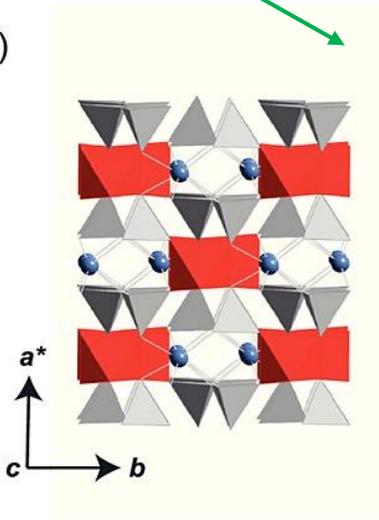
Piroxênio

Goethita

Solução

Ferralitização

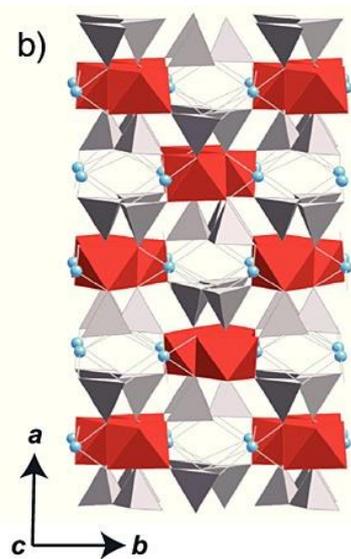
a)



### Clinopyroxene

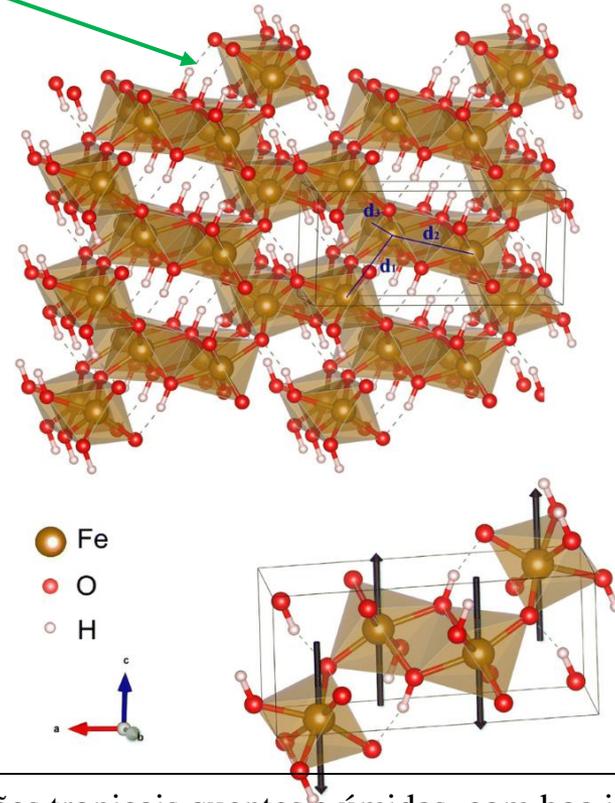
- T: Si, Al
- M1: Mg, Fe<sup>2+</sup>, Mn, Li, Ni, Al  
Fe<sup>3+</sup>, Cr, Ti
- M2: Ca, Na

b)



### Orthopyroxene

- T: Si, Al
- M1: Mg, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al
- M2: Fe<sup>2+</sup>, Mg, Ca, Mn  
Fe<sup>2+</sup> prefers M2 sites

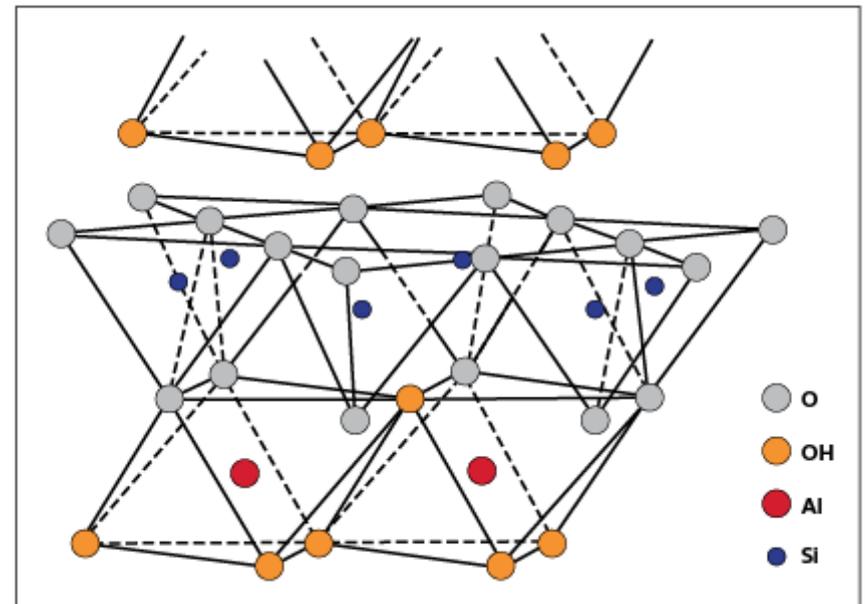
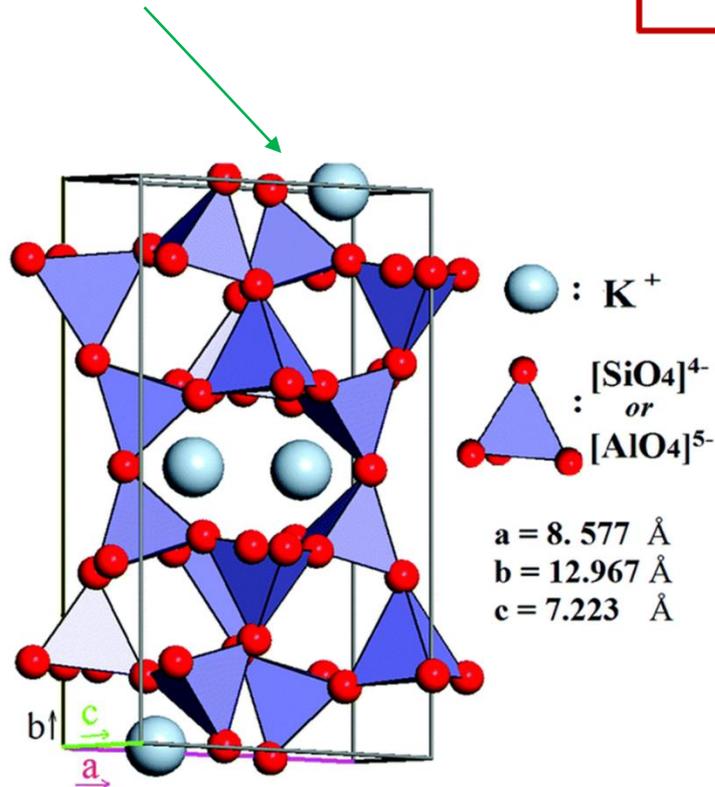
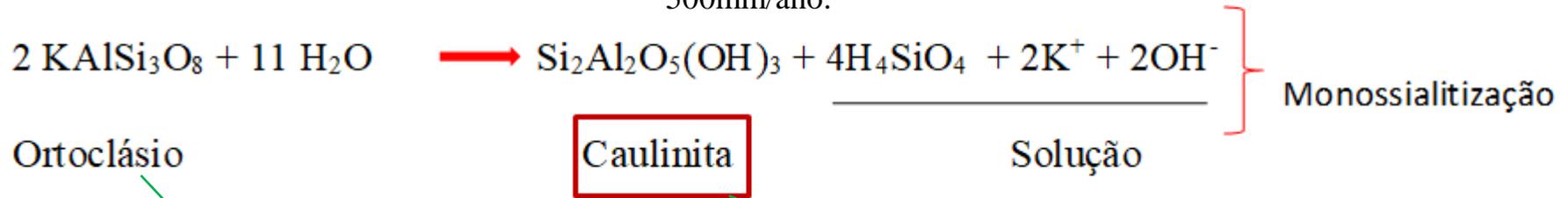


regiões tropicais quentes e úmidas, com boa infiltração e drenagem, com pluviosidade superior a 1500mm/ano,

# Hidrólise *sensu stricto* (pH entre 5 e 9)

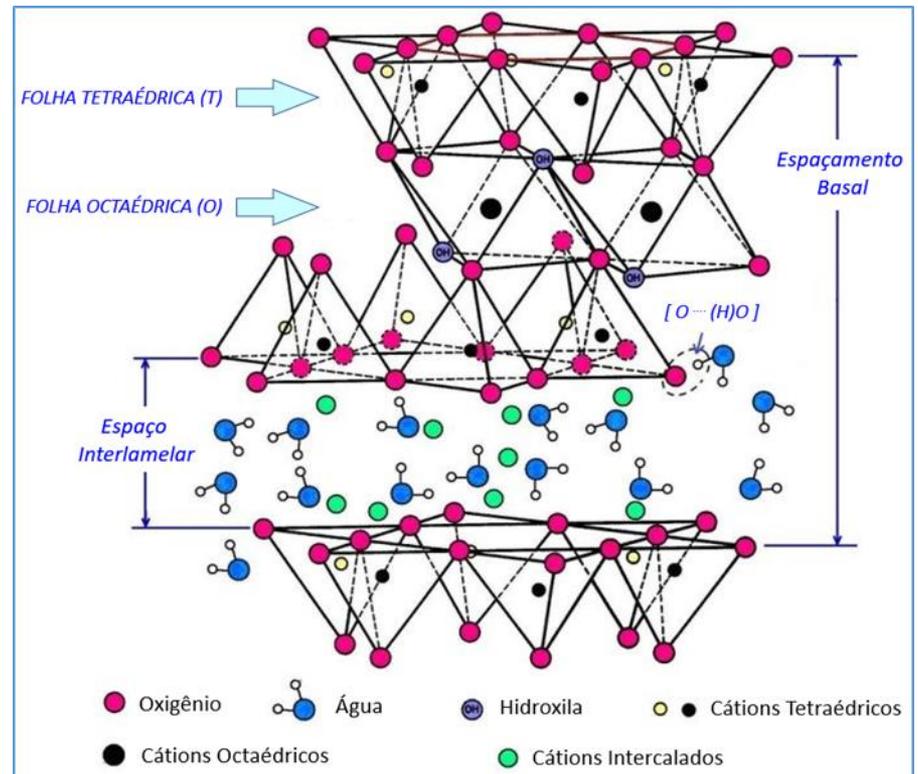
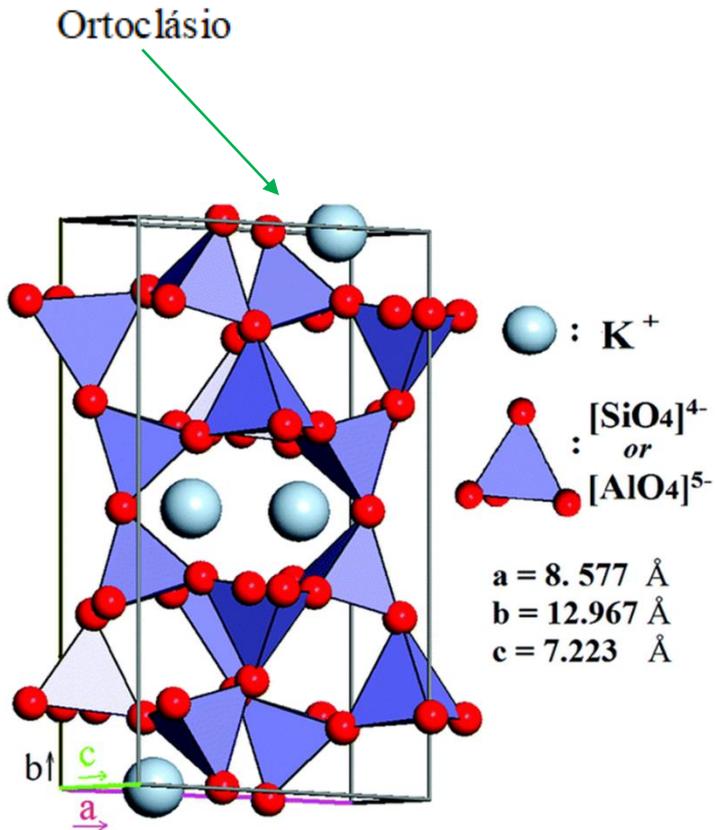
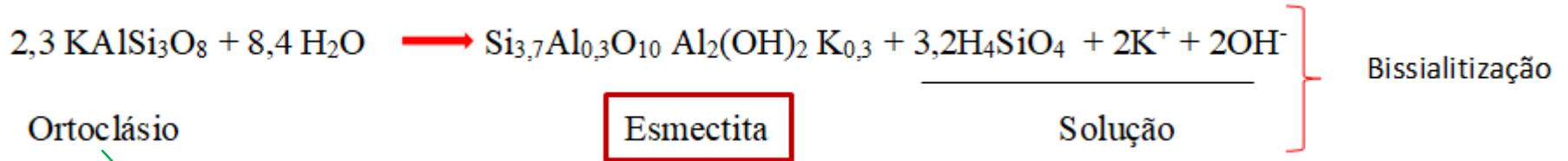
## Hidrólise parcial – Fluxo de soluções menos importante

100% de bases e 66% de sílica são eliminadas; regiões com temperatura e precipitação pluviométrica superiores a 15°C e 500mm/ano.



# Hidrólise parcial – Fluxo de soluções menos importante ainda

87% de bases e 46% de sílica são eliminadas; mecanismo mais importante em área



# Acidólise - hidrólise ácida (pH entre 3 e 5)

Mecanismo característico das *regiões frias*, boreais do planeta, onde *a evolução da matéria orgânica é lenta e leva à formação de ácidos orgânicos* hidrossolúveis que fornecem um caráter ácido e complexante às soluções de alteração.

O *pH das soluções* no contato com as rochas em processo de alteração *determinará os diferentes graus da acidólise* e o mineral formado no processo de intemperismo.

## Acidólise total – pH menor que 3



Podzolização

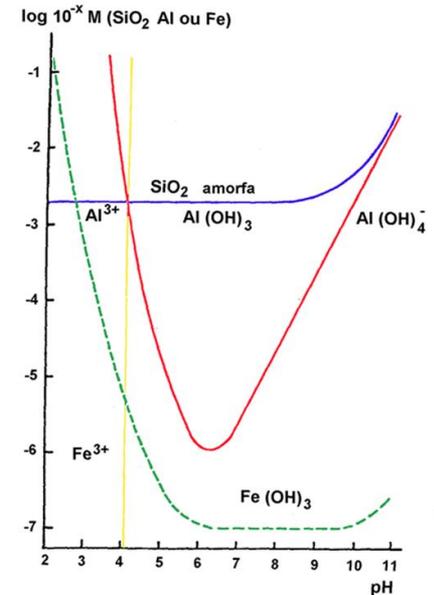


Figura 9. Diagrama de solubilidade da sílica, alumínio e ferro em função do pH nas condições superficiais

## Acidólise parcial– pH entre 3 e 5



Ortoclásio

Esmectita aluminosa

Solução

aluminossilicização

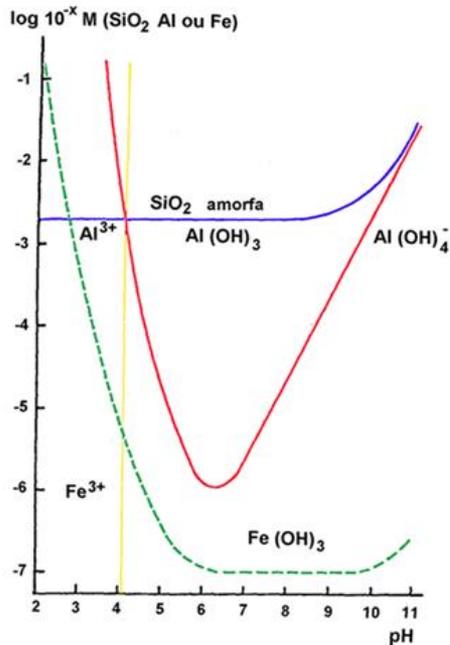


Figura 9. Diagrama de solubilidade da sílica, alumínio e ferro em função do pH nas condições superficiais

Melli (1997)

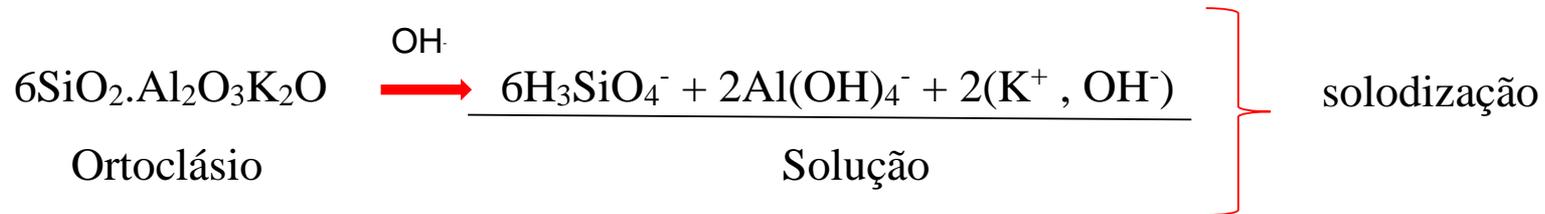
Como o meio é ácido os sítios de troca são preenchidos pelo alumínio (Esmectita aluminosa).

## Alcalinólise - hidrólise alcalina (pH superior 9)

Mecanismo *pouco representado na superfície da Terra*, ocorrendo, de forma não contínua, em regiões de **climas áridos**, onde as soluções de intemperismo possuem caráter básico. Os valores de **pH do meio são superiores a 9,6**, sendo suficientemente alcalinos para produzir a **dissociação do ácido silícico ( $H_4SiO_4$ )** para  $H_3SiO_4^-$  (ortossilicato de trihidrogênio) e fazer com que o alumínio esteja, pelo menos parcialmente, como  $Al(OH)_4^-$ .

O **pH das soluções** no contato com as rochas em processo de alteração **determinará os diferentes graus da alcalinólise** e o mineral formado no processo de intemperismo.

### Alcalinólise total – pH superior a 11,3



# Alcalinólise parcial– pH superior a 9

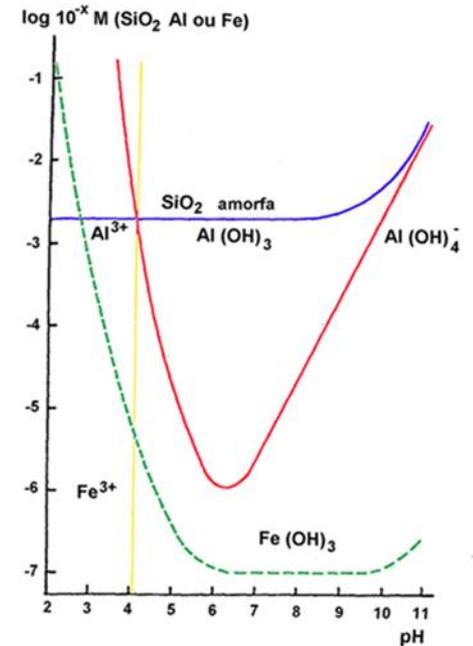
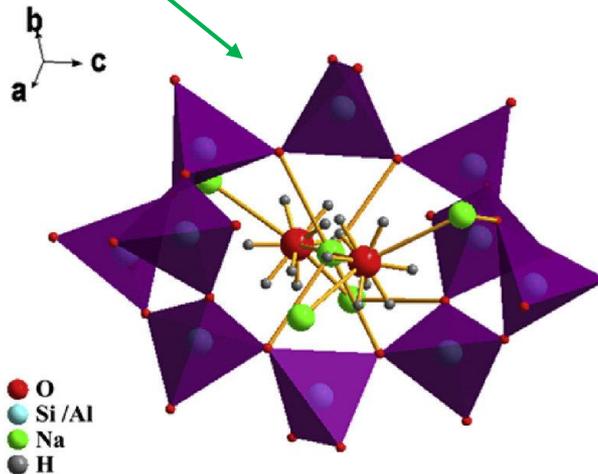
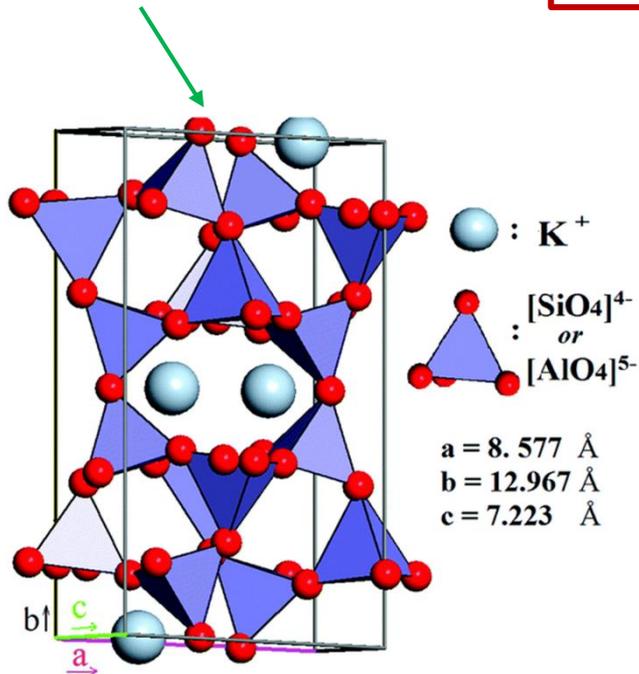
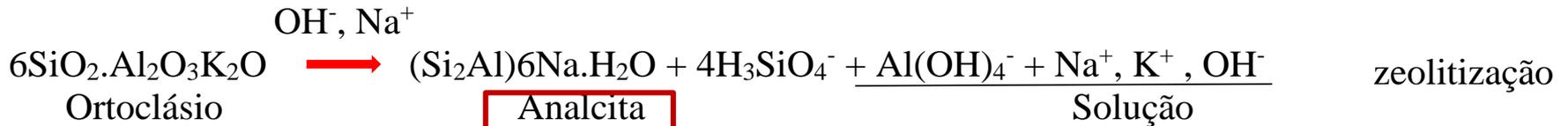
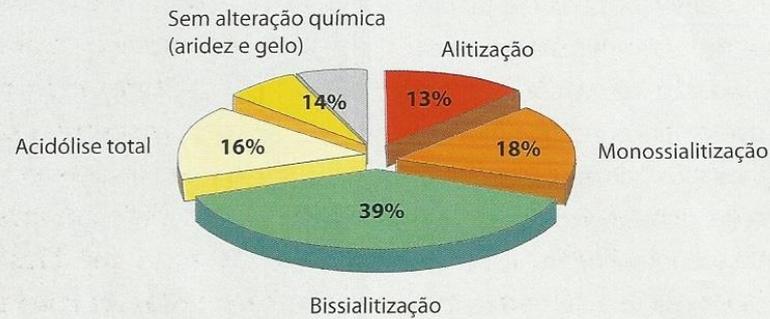
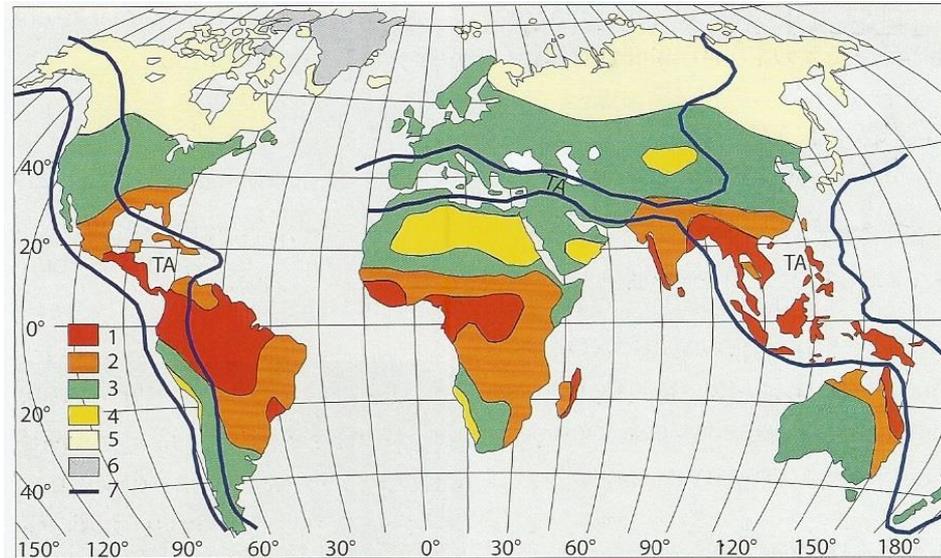


Figura 9. Diagrama de solubilidade da sílica, alumínio e ferro em função do pH nas condições superficiais

Nos mecanismos  
**hidrolíticos,**  
**acidolíticos e**  
**alcalinolíticos** as  
*condições*  
*climáticas* são  
*preponderantes.*



Zona da alitização

Zona da monossilitização

Zona da bissialitização

Zonas muito áridas, sem alteração química

Zona da acidólise total

Zonas cobertas por gelo

Áreas tectonicamente ativas (TA), nas quais a distribuição das zonas encontra-se alterada

*Além do clima*, fator mais importante no controle do intemperismo químico (variação sazonal, temperatura e precipitação), o *material de origem*, a *topografia (relevo)*, *organismos* e o *tempo*, também controlam as alterações intempéricas.

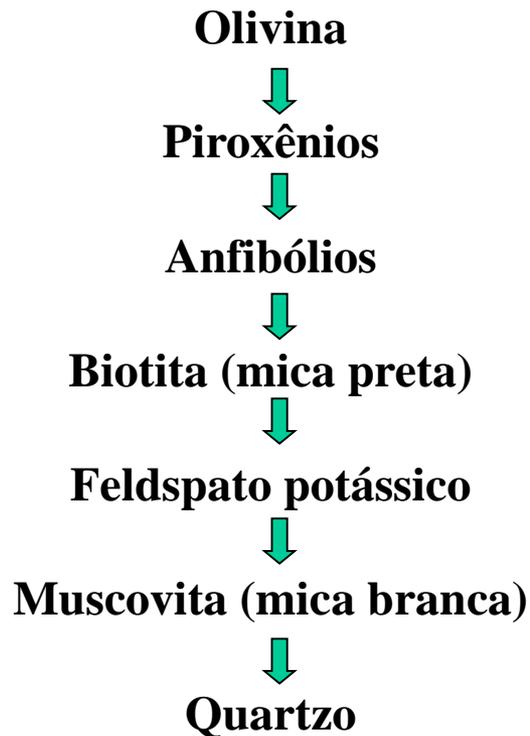
# MATERIAL DE ORIGEM

Em contato com as soluções de ataque, minerais possuem solubilidades diferentes



Altamente solúveis - se cristalizam em altas temperaturas (olivina)

Pouco solúveis - se cristalizam em baixas temperaturas (quartzo)

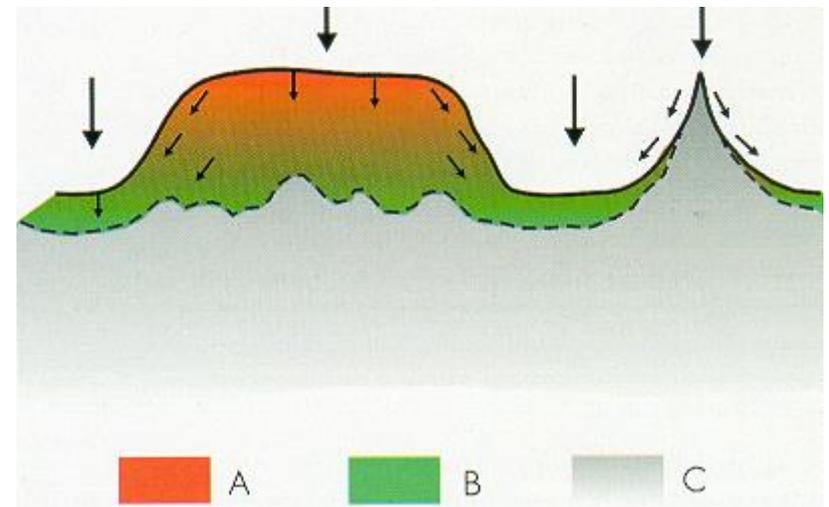


**Textura e estrutura**



Facilitam ou dificultam a penetração e circulação das soluções (porosidade e permeabilidade)

# RELEVO - Topografia



- ✓ Condições hídricas do meio (velocidade de escoamento vertical e lateral da água)
- ✓ Condições de transporte de materiais, por ação da gravidade e água (erosão)
- ✓ Condições climáticas (temperatura, exposição dos materiais em relação ao sol)  
por meio da temperatura influencia o fator biológico. Age sobre a seleção e adaptação da flora e da fauna

**A - Boa infiltração e boa drenagem favorecem o intemperismo químico  
boa drenagem – condições oxidantes; solos com cores avermelhadas**

**B- Boa infiltração e má drenagem desfavorecem o intemperismo químico  
má drenagem – favorece a solubilização dos óxidos de Fe e acúmulo de MO;  
Horizonte superficial escuro, mais profundo cinza com manchas avermelhadas**

**C - Má infiltração e má drenagem favorecem a erosão  
Perfis pouco desenvolvidos ou ausência**

## Organismos

- ✓ decomposição da matéria orgânica libera  $\text{CO}_2$  e ácidos orgânicos  
    ➔ reduzem seu pH    ➔ qualidade da água
- ✓ raízes das plantas podem reduzir em até duas unidades o pH no seu entorno    ➔        especificação de certos elementos
- ✓ ácidos orgânicos produzidos por microrganismos são importantes extratores de ferro e alumínio dos minerais silicáticos, sendo muito mais eficientes que as águas das chuvas

## Tempo

- ✓ evolução e desenvolvimento do manto de alteração
- ✓ efeito varia com tipo de rocha (minerais presentes)
- ✓ efeito varia com condição climática
- ✓ fator passivo, sendo sua ação condicionada aos demais fatores que controlam as alterações intempéricas

*A ação do intemperismo permite a formação do **manto de alteração** que **poderá evoluir**, permitindo reorganizações internas **formando o solo** ou **poderá possibilitar a ocorrência de concentrações minerais de interesse econômico.***

# **PEDOGÊNESE**

## **(formação do solo)**

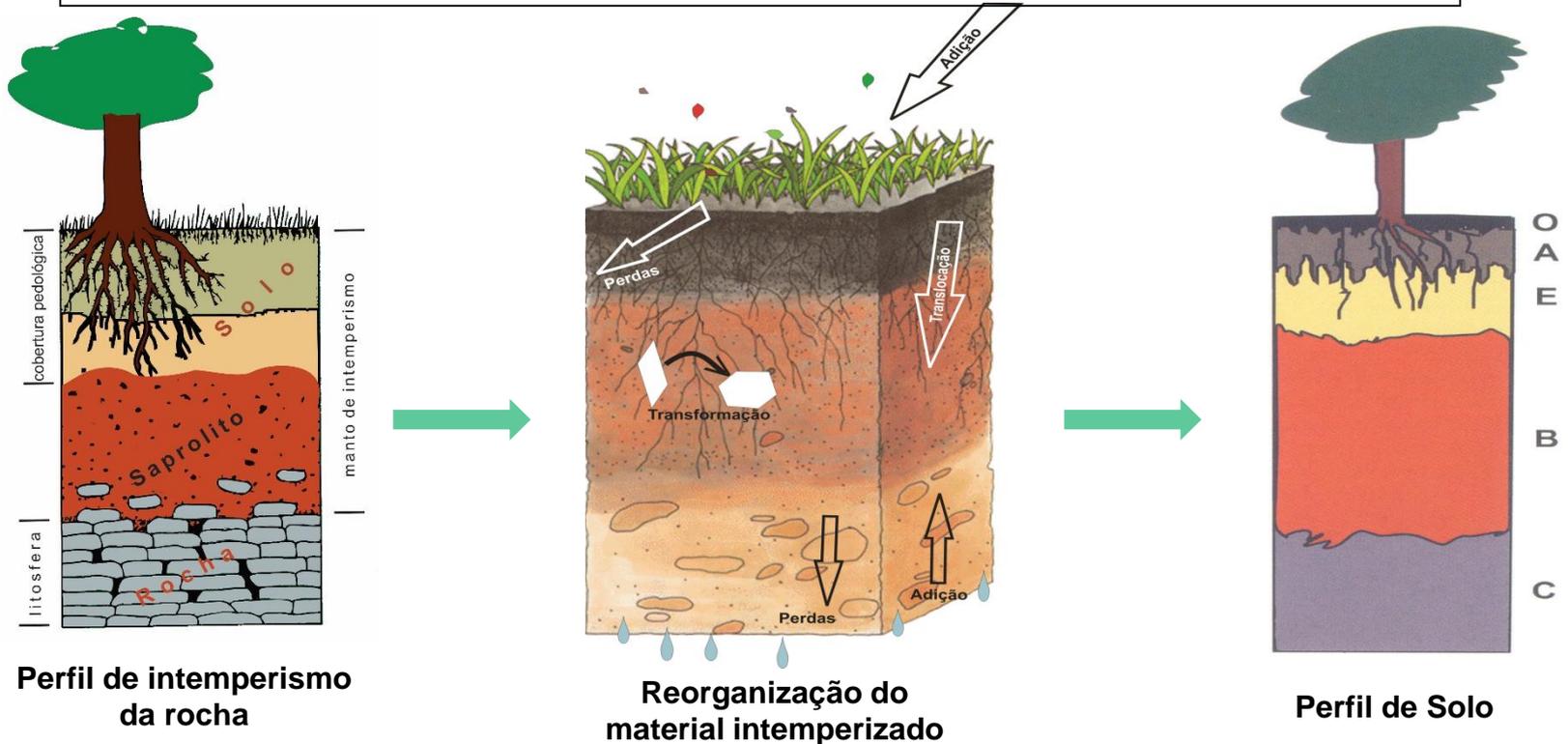
***Pedogênese:*** os produtos formados pelo intemperismo se reorganizam, sob a ação dos organismos, dando origem a um material organizado em horizontes (perfil de solo) com forte associação entre a matéria mineral e orgânica.

**A fauna e a flora, ao realizarem suas funções vitais, desempenham um papel fundamental na mobilização de matéria e na aeração do solo.**

# PEDOGÊNESE - Formação dos Solos

Por meio de quatro mecanismos, o material proveniente da alteração das rochas pode se reorganizar e formar o solo

Transformação, translocação, adição, subtração (perda)

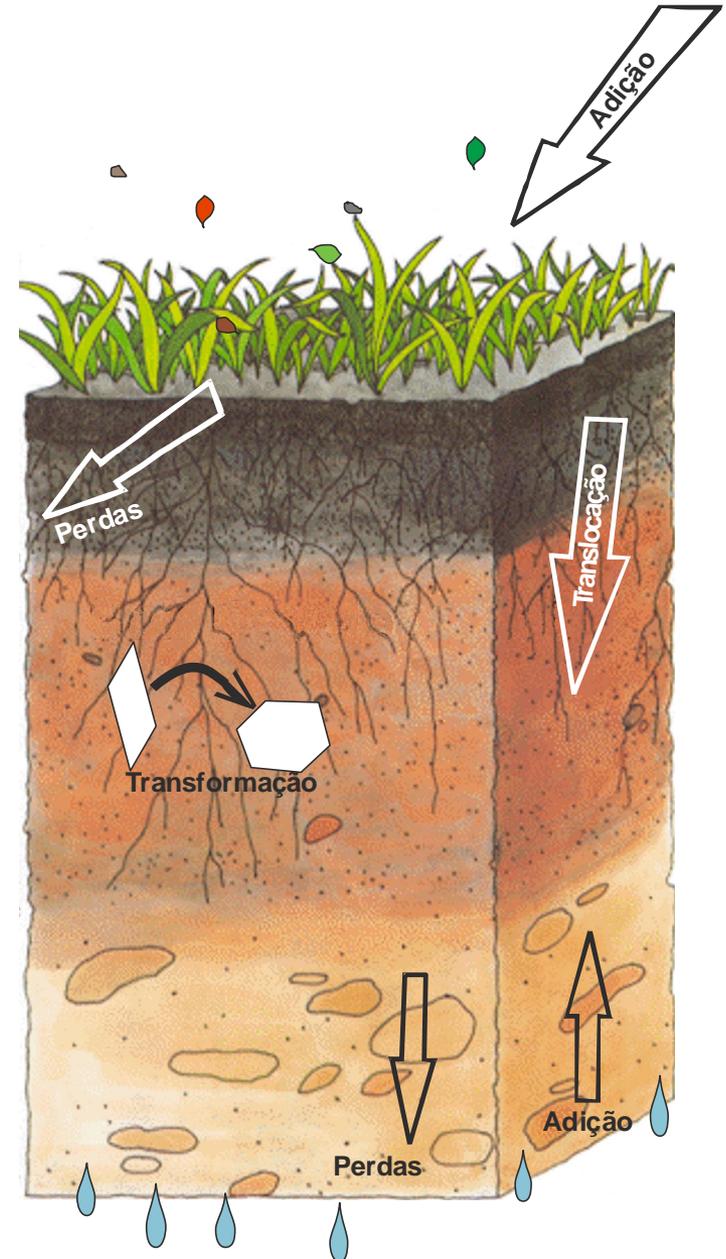


# PROCESSOS – gênese dos solos:

**Transformações:** intemperismo de minerais e decomposição de M.O. → constituintes do solo são modificados ou destruídos e outros sintetizados.

**Translocações:** de materiais inorgânicos e orgânicos ↑↓ para outros horizontes → principalmente pela água mas também pelos organismos do solo.

Ambos, em geral, resultam em acumulação de materiais em um horizonte particular



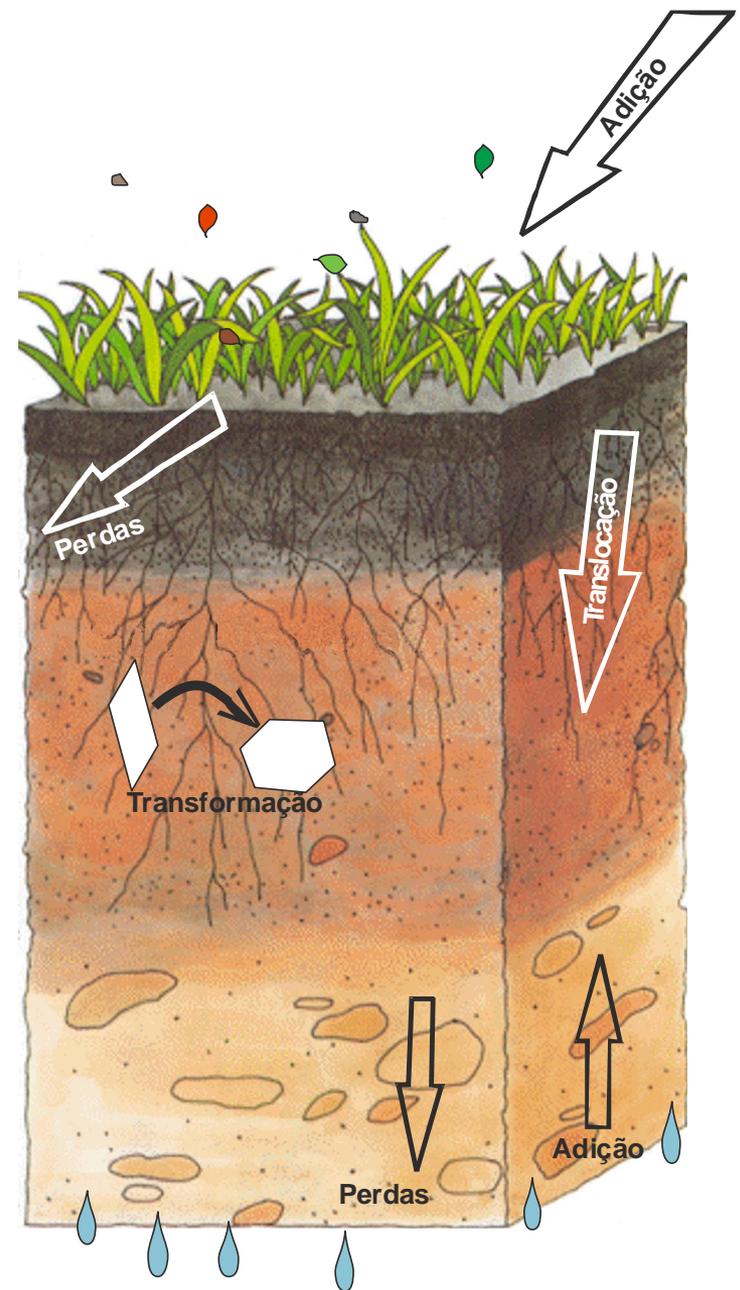
# PROCESSOS – gênese dos solos:

**Adições:** de materiais “externos” ao perfil

➔ M.O. de folhas; poeiras da atmosfera; sais solúveis da água subterrânea.

**Perdas:** de materiais do perfil de solo

➔ por lixiviação para a água subterrânea; erosão de materiais superficiais;



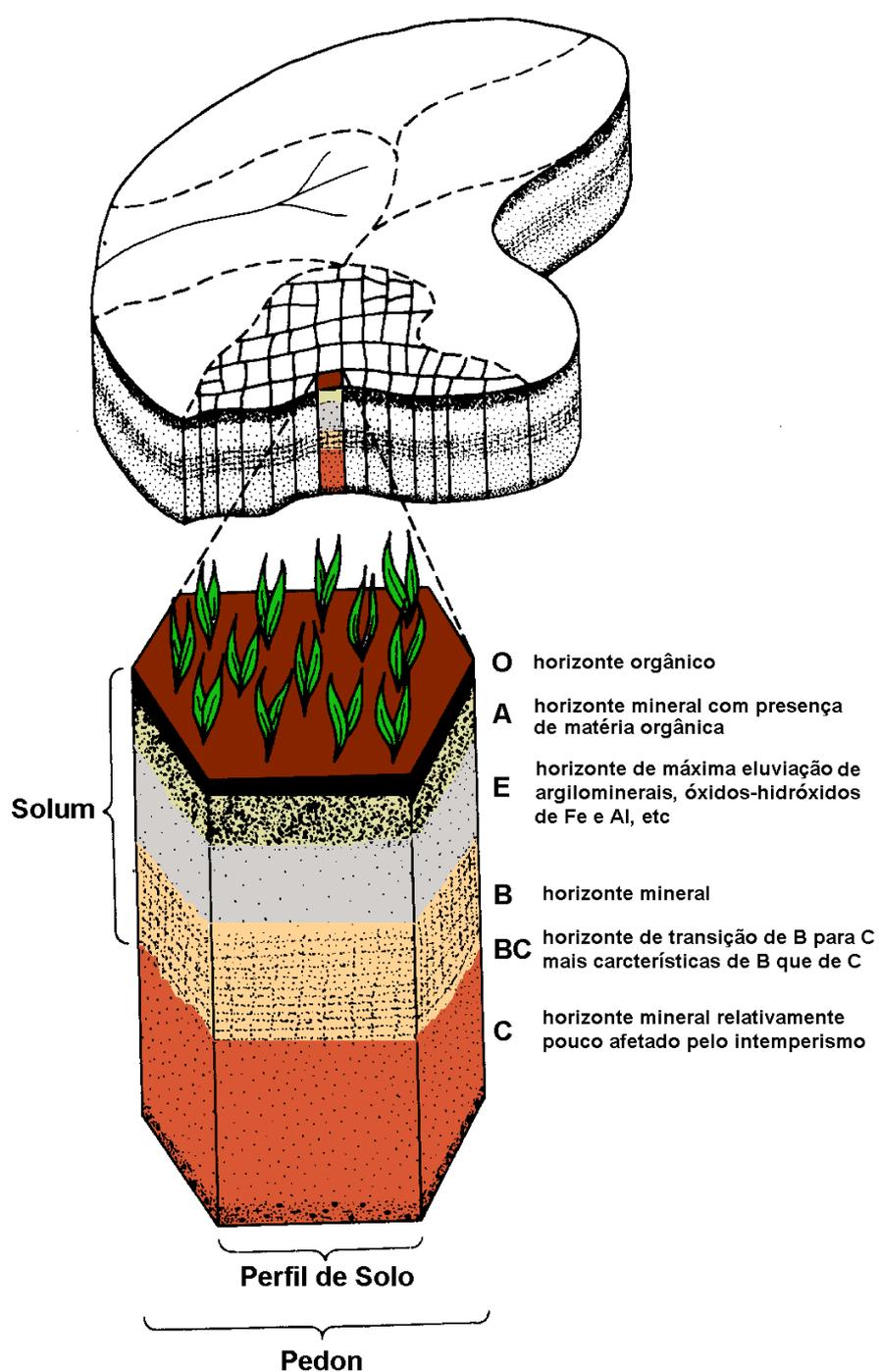
\*\*os processos operando sob a influência das condições ambientais, fornecem um entendimento sobre as relações entre solos – paisagem - ecossistemas

# Principais horizontes dos solos:

**O** – formado a partir de plantas mortas e resíduos animais

**A** – escurecido pela presença de M.O. parcialmente decomposta. Em geral textura grossa, perda de material fino por translocação para os horizontes inferiores e por erosão

**E** – constituído, em geral, por quartzo. Cor mais clara que o A e B. São comuns sob florestas.

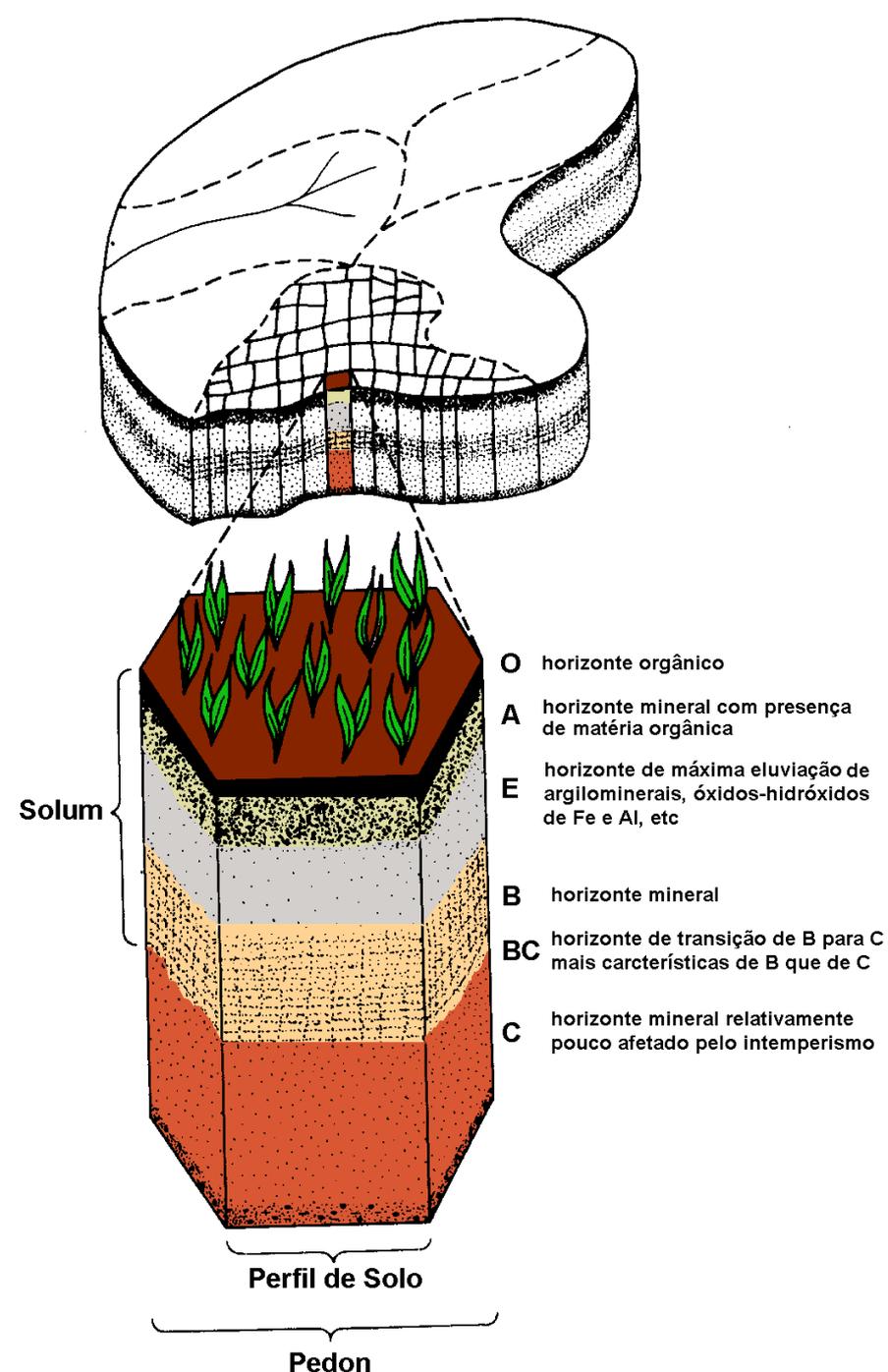


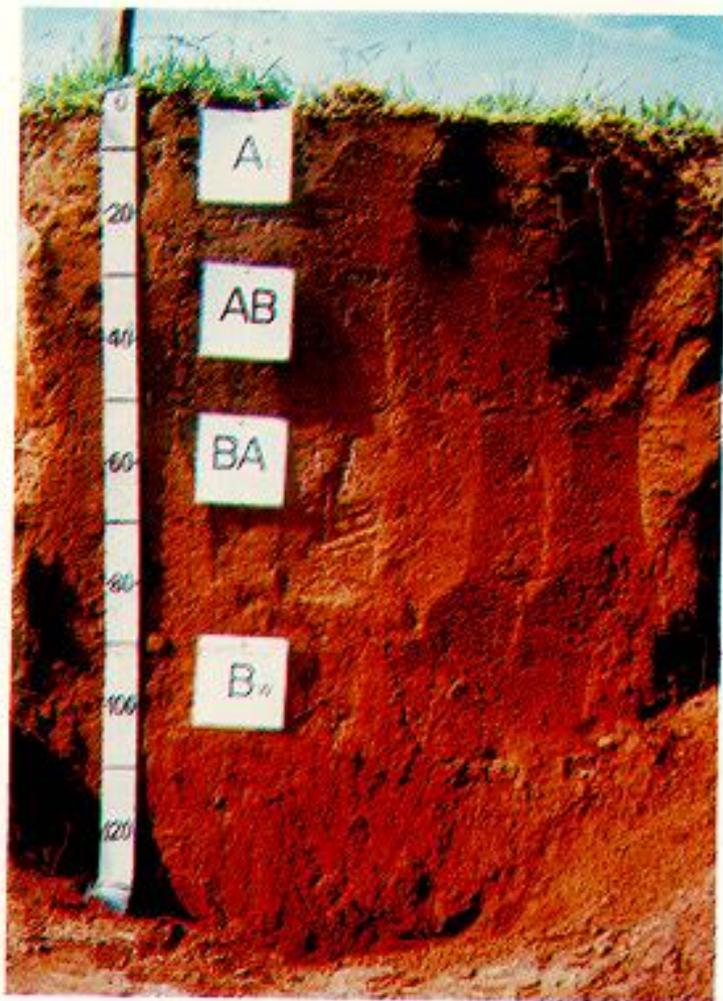
# Principais horizontes dos solos:

**B** – materiais podem se acumular por iluviação de horizontes sobrepostos.

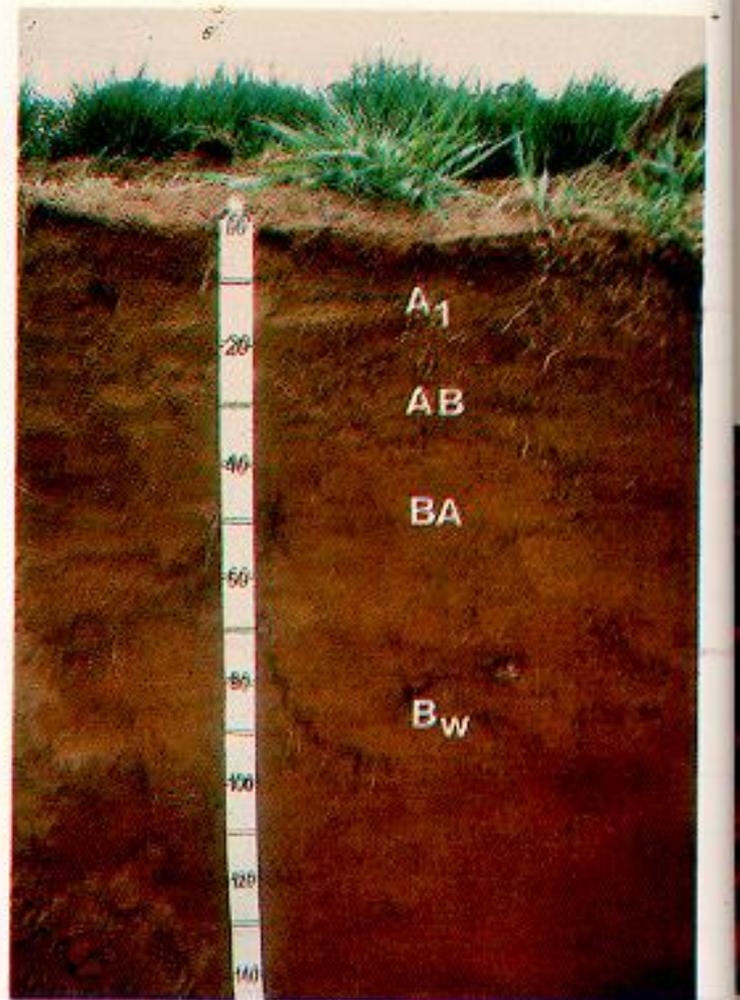
Em regiões úmidas – máxima acumulação de óxidos e hidróxidos de Fe e Al e argilominerais, por iluviação ou formação in situ.

**C** – abaixo da zona de maior atividade biológica

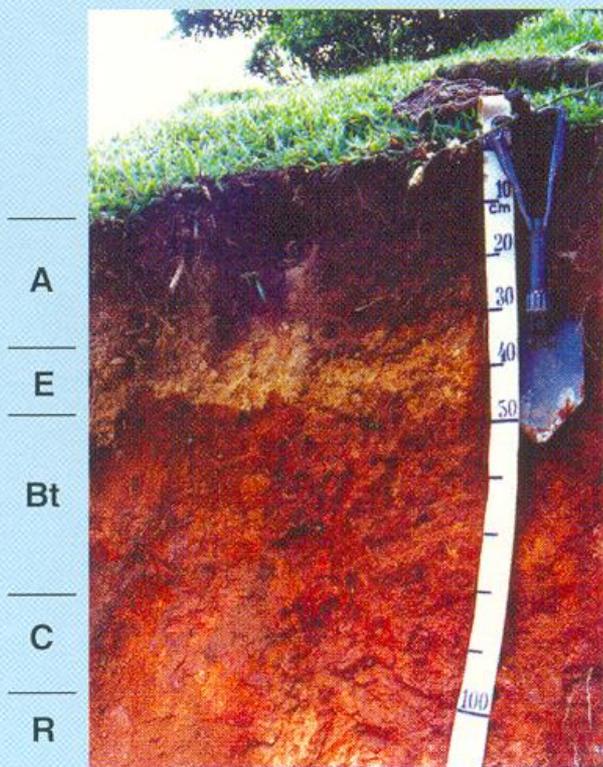




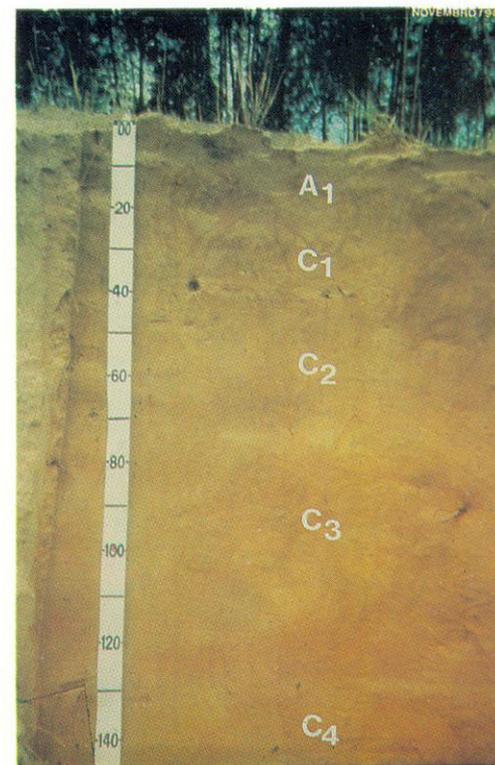
**Figura 10.** Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura média. Município de Presidente Venceslau (SP). Foto José A.M.P. Catarino.



**Figura 11.** Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura argilosa. Município de São Carlos (SP). Foto Hélio do Prado.

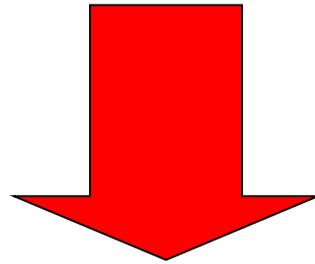


Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo com horizonte A proeminente sobre horizonte E e B textural.



Neossolo Quartzarênico  
Município de S. Carlos (SP). Foto Hélio do Prado.

A caracterização dos horizontes em um perfil leva a identificação de solos individuais

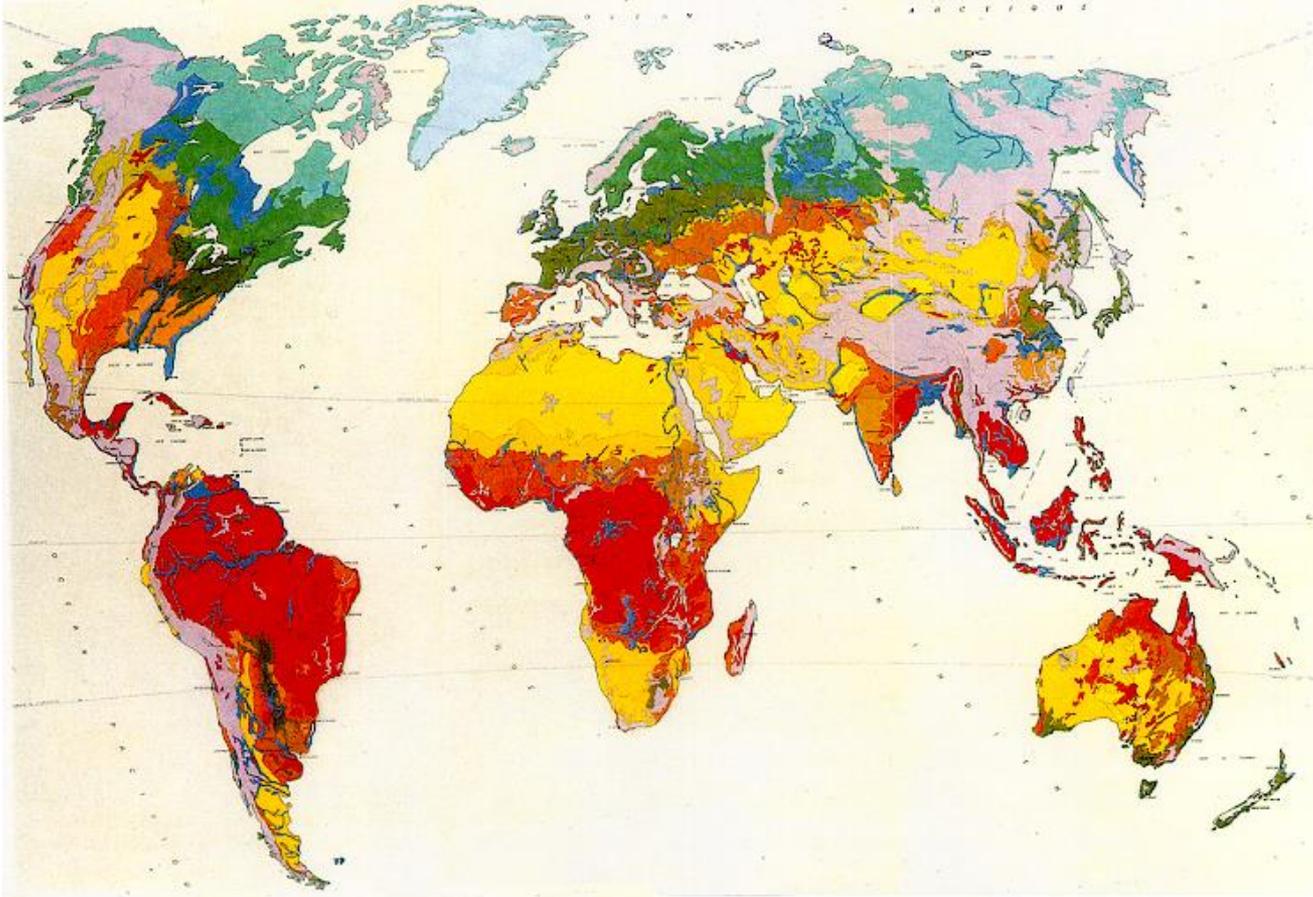


**CLASSIFICAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE SOLOS**



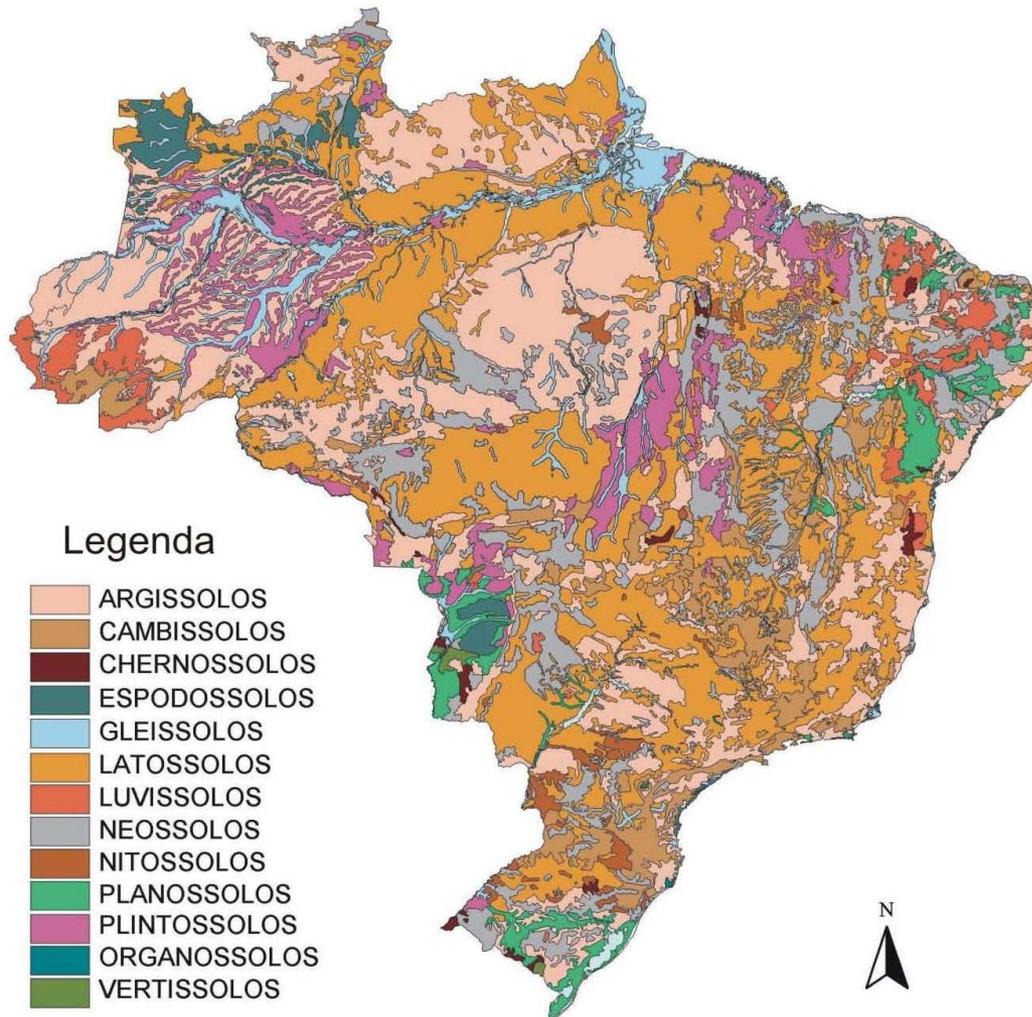
**Mapas de solos**

A Cobertura Pedológica é formada por uma série de solos diferenciados que formam um verdadeiro quebra cabeça.



Cada solo é considerado um corpo independente com uma única morfologia refletida no **perfil de solo**

# Mapa de Solos do Brasil



## Legenda

ARGISSOLOS
CAMBISSOLOS
CHERNOSSOLOS
ESPODOSSOLOS
GLEISSOLOS
LATOSSOLOS
LUVISSOLOS
NEOSSOLOS
NITOSSOLOS
PLANOSSOLOS
PLINTOSSOLOS
ORGANOSSOLOS
VERTISSOLOS

100 500 1000 1300 km  
Scale 1: 25.000.000



## Solos do Brasil

Solos tipicamente tropicais, recobrando velhas superfícies de aplainamento. Quimicamente pobres, reflexo de sua composição mineralógica (minerais desprovidos de elementos solúveis).

Solos de baixa fertilidade, mas que possuem minerais capazes de reter os elementos químicos necessários ao metabolismo vegetal.

Sistemas frágeis e vulneráveis à ação antrópica. Facilmente degradáveis quando explorados com técnicas não adequadas

Cláudio Lucas Capeche, 2010

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos

Educação ambiental tendo o solo como material didático: pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superfícies

ISSN 1678-0892



**Figura 4** – Perfil de Argissolo.



**Figura 5** – Perfil de Cambissolo.



**Figura 6** – Perfil de Cambissolo.



**Figura 7** – Perfil de Espodossolo.



**Figura 8** – Perfil de Latossolo Amarelo.



**Figura 9** – Perfil de Latossolo Húmico.



**Figura 10** – Várzea com Organossolo.



**Figura 11** – Perfil de Plintossolo.

# RESUMINDO

## Fatores que controlam as alterações intempéricas e a pedogênese

**CLIMA** - variação sazonal de temperatura e precipitação

**ORGANISMOS** – contribuem nas reações químicas e remobilizam materiais

**TOPOGRAFIA** - infiltração e drenagem das águas pluviais

**MATERIAL DE ORIGEM** - natureza influi na maior ou menor resistência ao intemperismo

**TEMPO** - ação dos agentes sobre as rochas

(HOMEM - é hoje um verdadeiro agente geológico)

# CLIMA

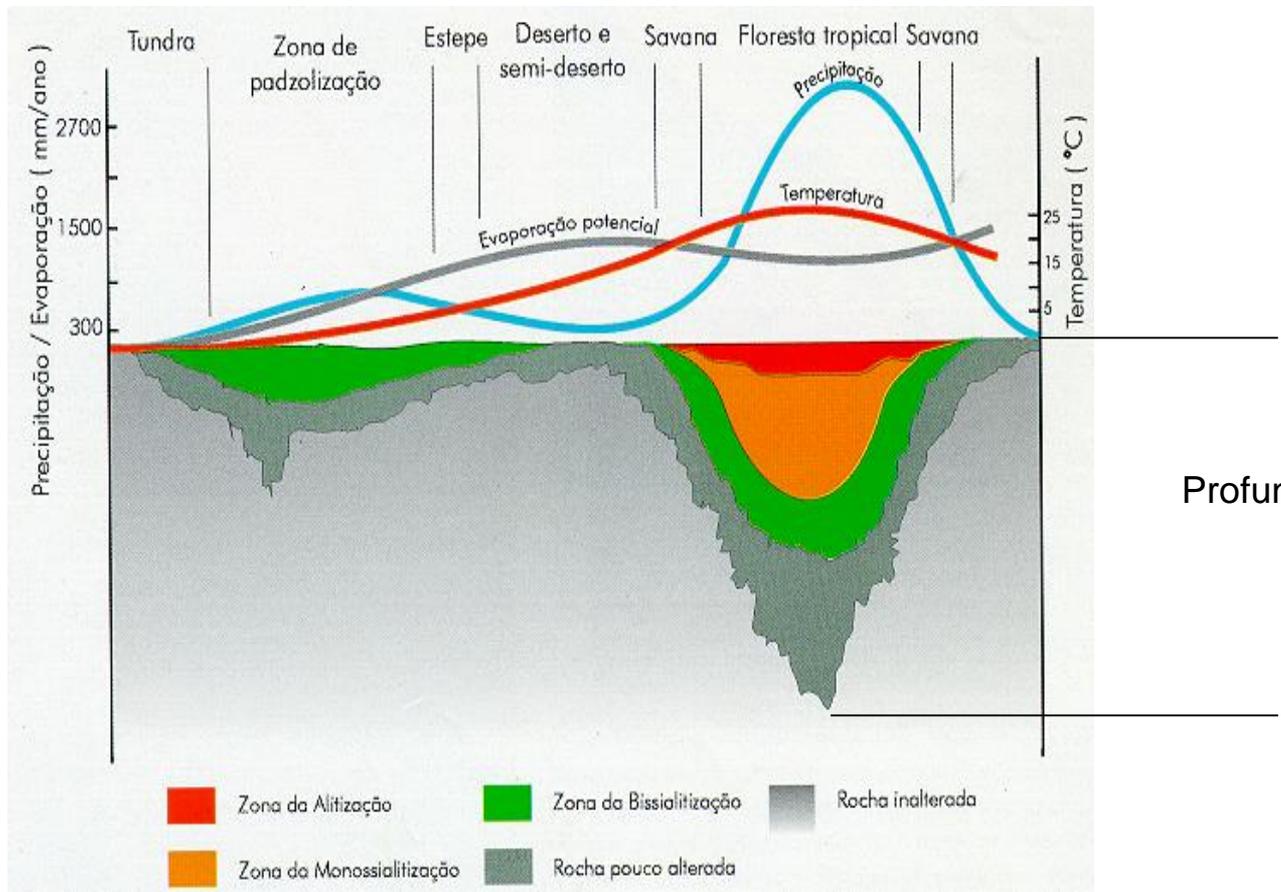
## Fator preponderante no intemperismo e pedogênese

Determina as reações que vão ocorrer e a velocidade de alteração

### Parâmetros mais importantes:

**precipitação:** transporta material solúvel e em suspensão;  
estimula as reações do intemperismo  
contribui na diferenciação dos horizontes

**temperatura:** + umidade, perfis de alteração espessos



Profundidade do perfil de alteração

# ORGANISMOS

- ✓ acumulação de matéria orgânica;
- ✓ intemperismo biogeoquímico;
- ✓ homogeneização do perfil;
- ✓ ciclagem de nutrientes;
- ✓ estabilização de agregados



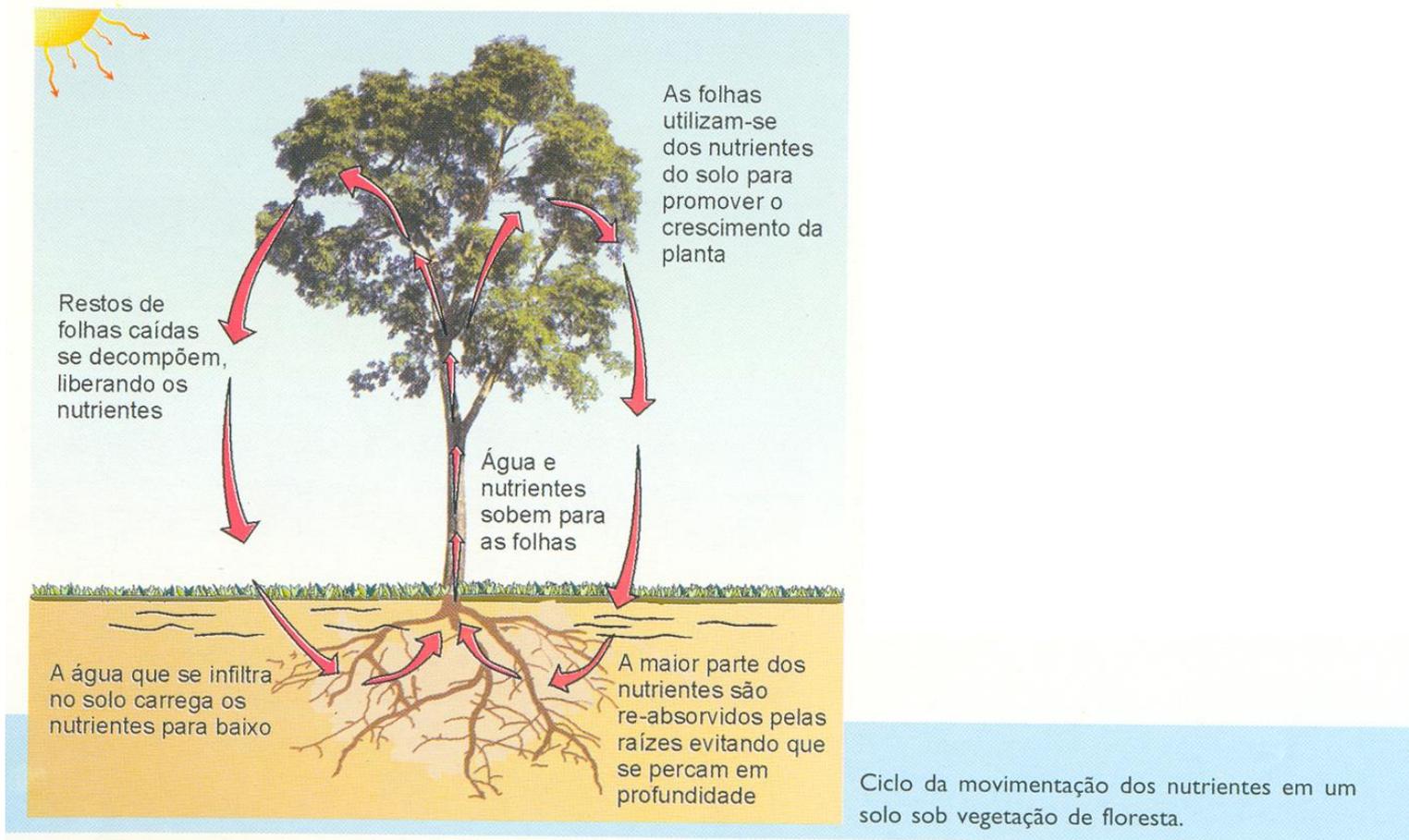
Intensificadas pela atividade dos organismos no solo

**Microrganismos** – algas, bactérias, fungos – início da decomposição de restos vegetais e animais ajudando na formação dos húmus – horizontes mais superficiais - estrutura do solo

**Animais** – mistura de materiais dos diferentes horizontes; agregação; também contribuem para formação do húmus

**Vegetais** — penetração das raízes e excreções orgânicas — aceleração do intemperismo;

ciclagem de nutrientes — retiram em profundidade, folhas caem são decompostas, devolvem os nutrientes para os horizontes mais superficiais “empobrecidos”



# RELEVO (Topografia)

**Boa infiltração e má drenagem** desfavorecem o intemperismo químico; **má drenagem** – favorece a solubilização dos óxidos de Fe e acúmulo de MO; Horizonte superficial escuro, mais profundo de cor cinza com manchas avermelhadas

**Boa infiltração e boa drenagem** favorecem o intemperismo químico; **boa drenagem** – condições oxidantes; solos com cores avermelhadas

**Má infiltração e má drenagem** favorecem a erosão. Perfis pouco desenvolvidos ou ausência de solo



**Determina a intensidade do fluxo das soluções e conseqüentemente a intensidade do intemperismo**



Neosolo Litólico



Gleissolo



Argissolo Vermelho-Amarelo

Relevo influenciando nas características dos solos. Nas áreas mais declivosas, os solos são menos desenvolvidos que nas áreas mais planas (onde perfil é avermelhado). Nas áreas mais baixas, próximas do riacho, os solos são acinzentados.

# **MATERIAL DE ORIGEM** do manto de intemperismo

**Minerais apresentam diferentes graus de solubilidade**

**Altamente solúveis - se cristalizam em altas temperaturas (olivina)**

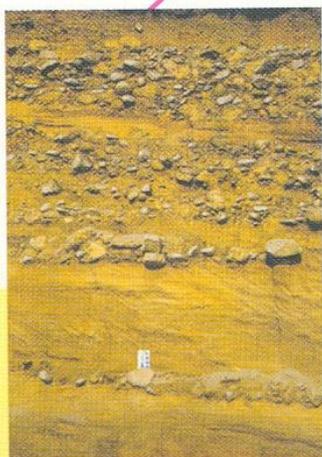
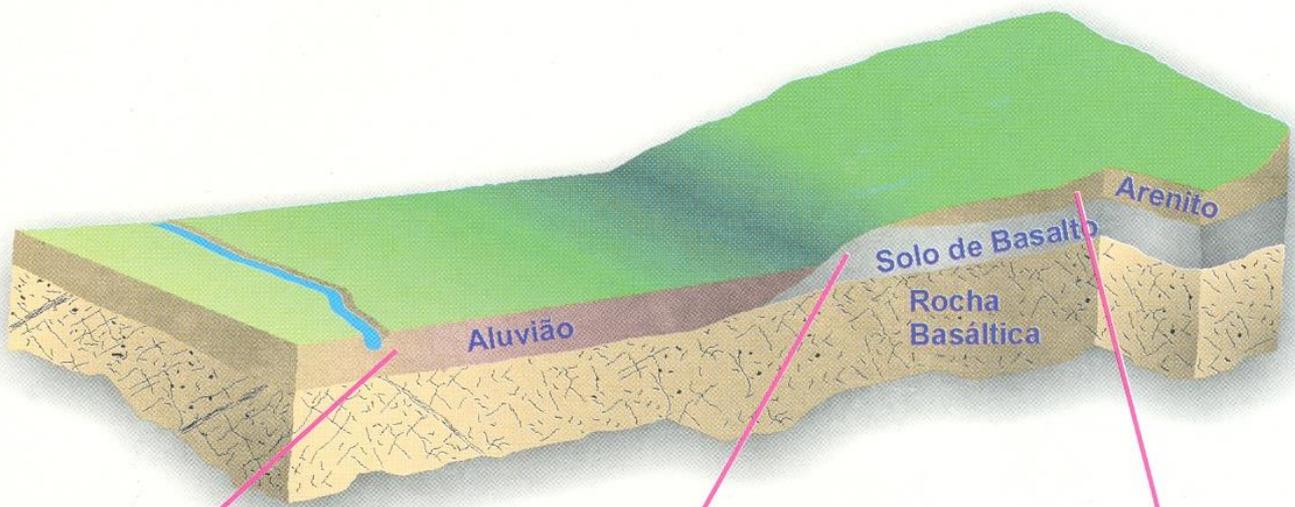
**Pouco solúveis - se cristalizam em baixas temperaturas (quartzo)**

**Textura e estrutura**

**Facilitam ou dificultam a penetração e circulação das soluções (porosidade e permeabilidade)**

***MATERIAL DE ORIGEM do solo é o manto de intemperismo***

# MATERIAL DE ORIGEM



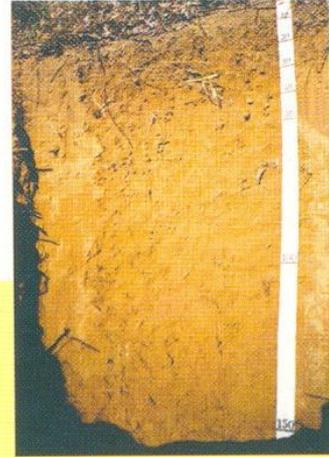
Neosolo Flúvico  
(Solo Aluvial)

Textura variável com camada de deposição



Latossolo Vermelho  
(Férrico)

Textura argilosa



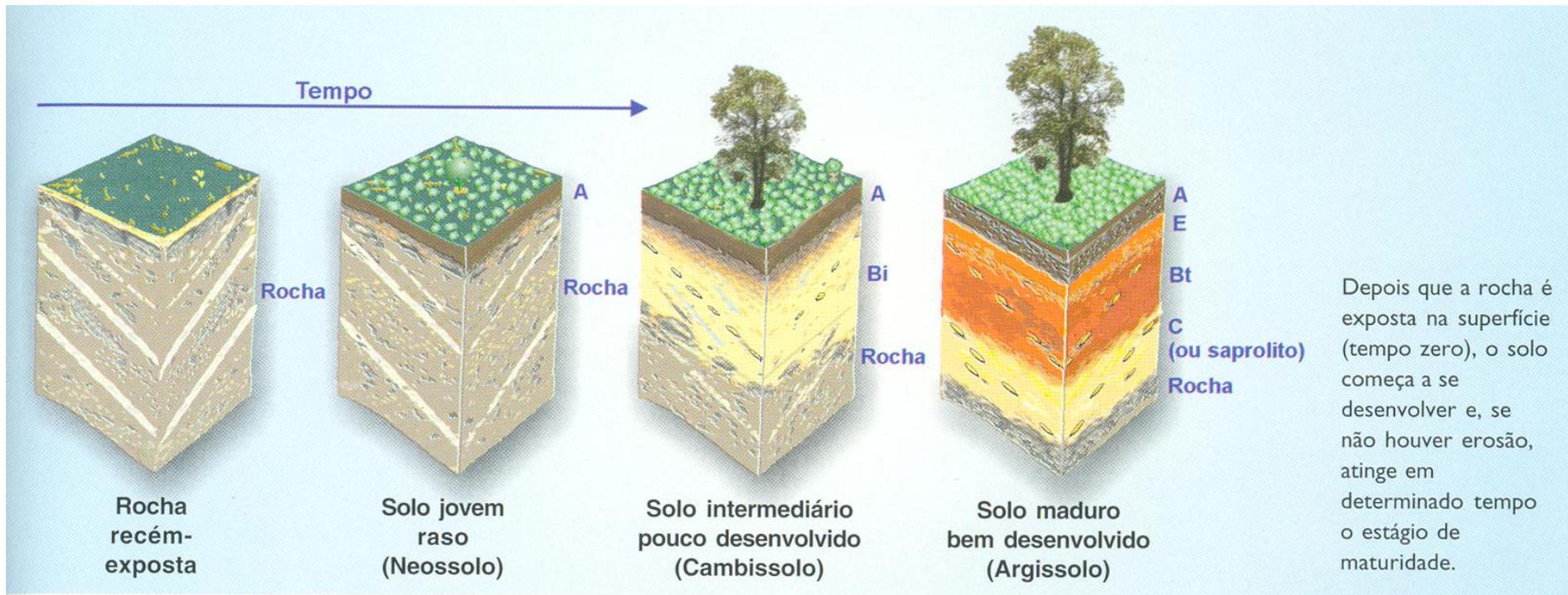
Latossolo Vermelho-Amarelo

Textura média

Como os solos podem variar de cor e textura, de acordo com o tipo de material de origem.

# TEMPO

Depende de outros fatores igualmente - suscetibilidade dos constituintes minerais e do clima



Lepsch , 2002

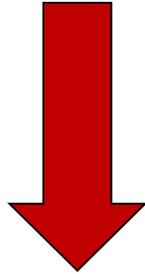
✓ 20 a 50m por milhão de anos (50m em climas agressivos)

✓ climas frios - superfícies descobertas na última glaciação (10.000 anos) alguns milímetros de alteração

✓ clima tropical – na Índia cinzas vulcânicas com 4.000 anos desenvolveram uma camada de solo argiloso de 1,8m de espessura

# Agentes da Dinâmica Externa

**MOTOR  
ENERGIA  
SOLAR**



Água  
Vento  
Gelo  
Mar  
Organismos

provocam modificações na superfície

gerando novos materiais  
(alteritas, solos, rochas)

transformando o modelado  
terrestre

## *Ação dos agentes da dinâmica externa da Terra*

As formas de relevos sobre os continentes estão em constante evolução, as quais podem ser **lentas**, como a **erosão** provocada por um pequeno riacho, ou **muito rápidas**, como num **deslizamento de terra**, onde comumente atividades antrópicas podem ser detectadas.

Cada **um dos agentes** do processo de intemperismo das rochas na superfície da terra **é atuante no modelamento** das paisagens encontradas na superfície da terra, **deixando a marca da sua atuação**.

# **Ação geológica da água**

# Formas de relevo associadas à dinâmica das águas superficiais e subterrâneas

**Escorregamentos de encosta:** movimentos rápidos (100km/h) ou muito lentos.

Infiltração de água aumenta peso do material intemperizado e diminui o atrito no contato alteração/rocha. As causas podem ser naturais ou antrópicas



Deslizamento de terra em Teresópolis (RJ).



Escorregamento na Serra do Mar  
Caraguatatuba  
(~1962)

Rastejamento  
Escorregamento



Processos naturais que contribuem  
para a evolução da paisagem



Aplainamento

# Formas de relevo associadas à dinâmica das águas superficiais e subterrâneas

**Boçoroca:** Corte profundos provocados pela ação conjunta de águas superficiais (infiltração) e subterrâneas (flutuação do nível freático). Solos arenosos



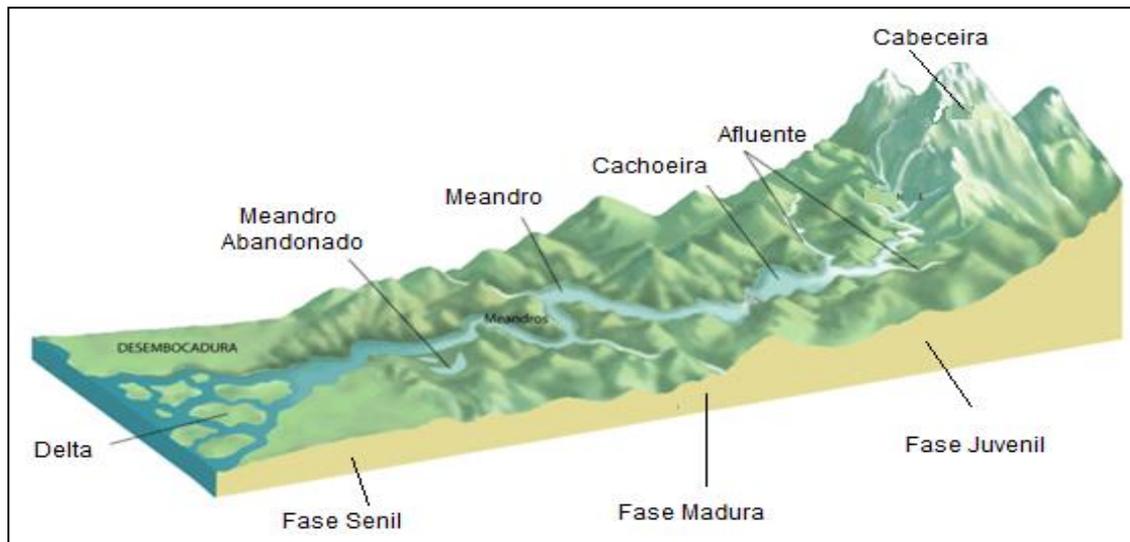
Boçoroca na região sudeste do Brasil



Exemplos de voçorocas observadas na região de Anhembi (SP)

# Formas de relevo associadas à dinâmica das água superficiais

São paisagens bastante familiares para nós, formadas por vales separados por cristas, planícies aluviais e planaltos. Morfogênese comandada pelos rios, que escavam e aprofundam seus leitos e vales e transportam os fragmentos de rochas, materiais alterados e solos provenientes das encostas



**Fases de erosão e sedimentação de um rio**

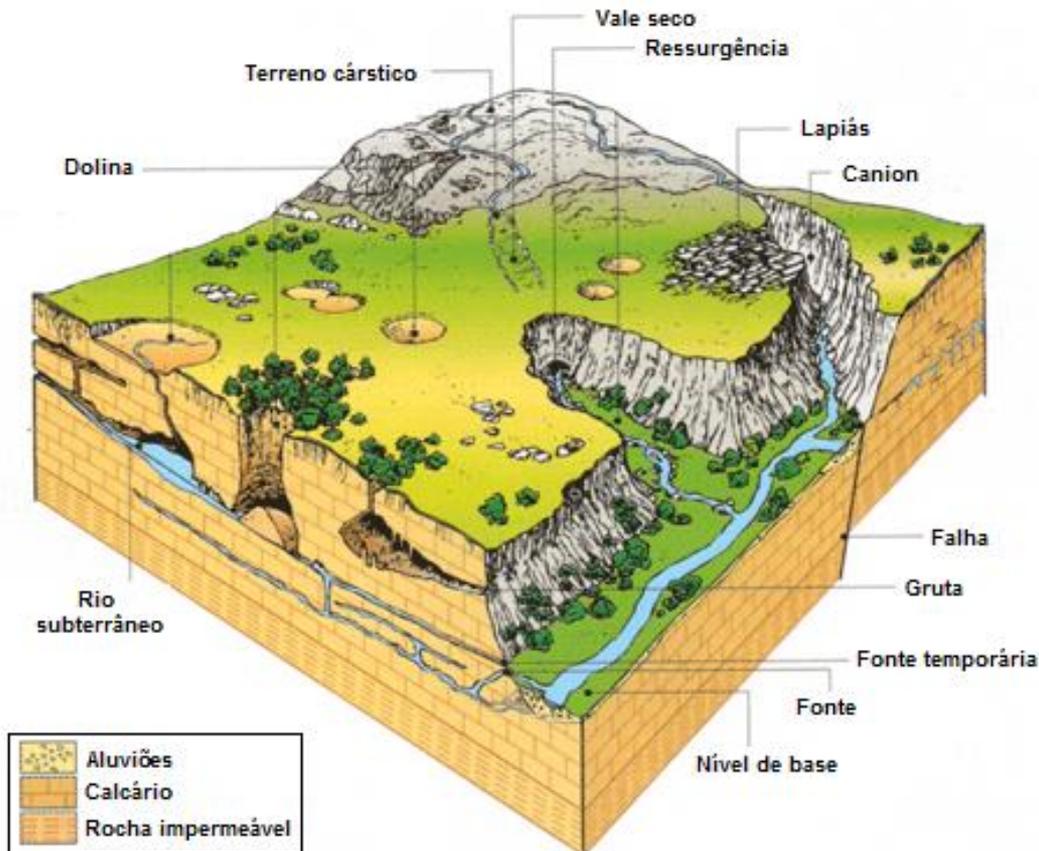


**Delta do rio Nilo (Egito)**

*O poder de erosão, transporte e sedimentação de um rio varia em função da topografia local, do regime de chuva da região que ele atravessa e da carga sólida por ele transportada.*

# Formas de relevo associadas à dinâmica das águas subterrâneas

Tipo específico de relevo gerado por águas subterrâneas: **Relevo Cárstico** (“Karst”) caracterizado por uma quase total ausência de rede hidrográfica de superfície, substituída por uma importante circulação de água subterrâneas . Lapiás, dolinas, grutas, paredões, são feições típicas desse relevo.



## Paisagem cárstica:

Erosão devido à dissolução de rochas carbonáticas (calcários e dolomitos)



## Feições morfológicas em relevos cársticos:

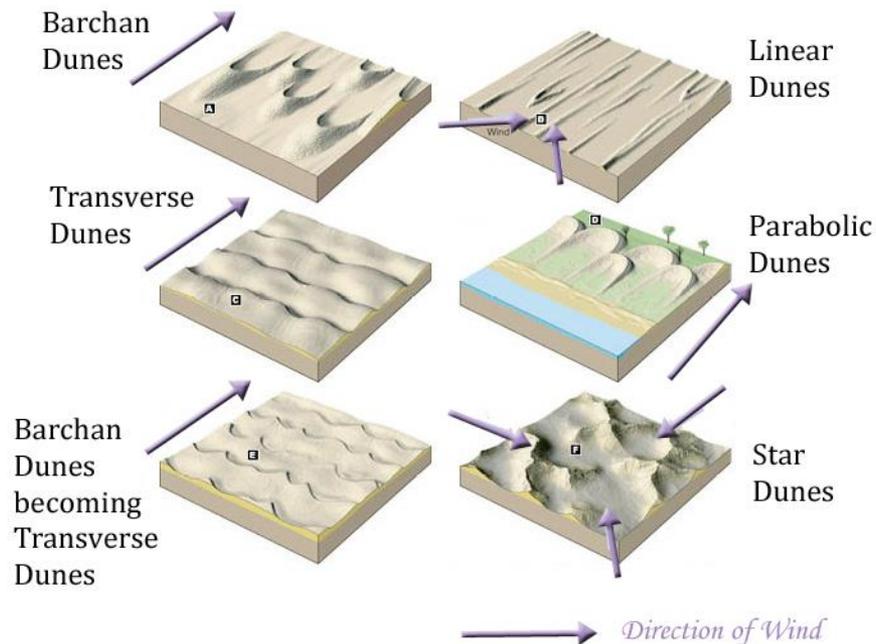
- a) **Lapiás:** forma de relevo originada pela dissolução das rochas carbonáticas;
- b) **dolina:** depressão na superfície do terreno provocada pelo abatimento do teto de cavernas.



# **Ação geológica do vento**

# Formas de relevo associadas à dinâmica dos ventos

- Os ventos agem, preferencialmente, em zonas desprovidas de vegetação (desérticas do globo). Importante agente de erosão, transporte e sedimentação
- Em função da velocidade, o vento pode transportar partículas de tamanhos diferentes.
- As maiores (areia) são transportadas a pequenas distâncias e formam acumulações denominadas dunas (barcanas, lineares ou “seif”).



- As mais finas (poeiras) podem ser elevadas a centenas de metros de altura e transportadas por quilômetros (“chuva de sangue” – poeiras do norte da África atingem o sul da Europa)

# Formas de relevo associadas à dinâmica dos ventos



**Corrasão** – É produzida pelo impacto das partículas uma contra outras ou contra uma superfície rochosa. Este impacto provoca o desgaste das partículas, arredondando-as e tornando-as foscas e por vezes cheias de pequenas cavidades.

**Deserto rochoso, com maciço de rochas e pavimento de pedras**



**Dunas do tipo barcanas (formas de meia lua)**

**Deflação** – É o processo de rebaixamento do terreno pela ação do vento, o qual remove (transporte) as partículas incoerentes encontradas na superfície. Um efeito da deflação é a formação de zonas rebaixadas, comuns em regiões desérticas.



**Oasis - Erosão eólica atinge o nível freático e a umidade permite aparecimento de vegetação típica ou lagos**

# **Ação geológica do gelo**

# Formas de relevo associadas à dinâmica do gelo

Acumulação de neve – geleiras que se concentram nas zonas mais elevadas dos continentes (tipo “Alpino”) e nas zonas de baixas latitudes (tipo “inlandsis”)

Nas zonas montanhosas de forte acumulação – o gelo é um agente erosivo eficaz, formando vales em forma de U, erodindo e transportando fragmentos rochosos.



Vale glacial em forma de U



Rocha polida, com estriais formadas pela passagem do gelo

Nas zonas menos acidentadas sua velocidade é menor e sua ação é mais de polir e formar estrias nas rochas

**Nas zonas baixas, de fusão do gelo, as geleiras diminuem de espessura e depositam sua carga de fragmentos rochosos, sem seleção de tamanho**



**Tilito, Município de Salto, SP**

# **Ação geológica do mar**

# Formas de relevo associadas à dinâmica do mar

O litoral é palco de ações construtivas e destrutivas realizadas pelos movimentos da água do mar (ondas, marés e correntes marinhas)

As ondas executam a maior parte do trabalho de modelagem do litoral – grande poder destrutivo (abrasão marinha) sobretudo nas costas altas – costões ou falésias.



**Falésias – rochas sedimentares e ampla plataforma de abrasão**

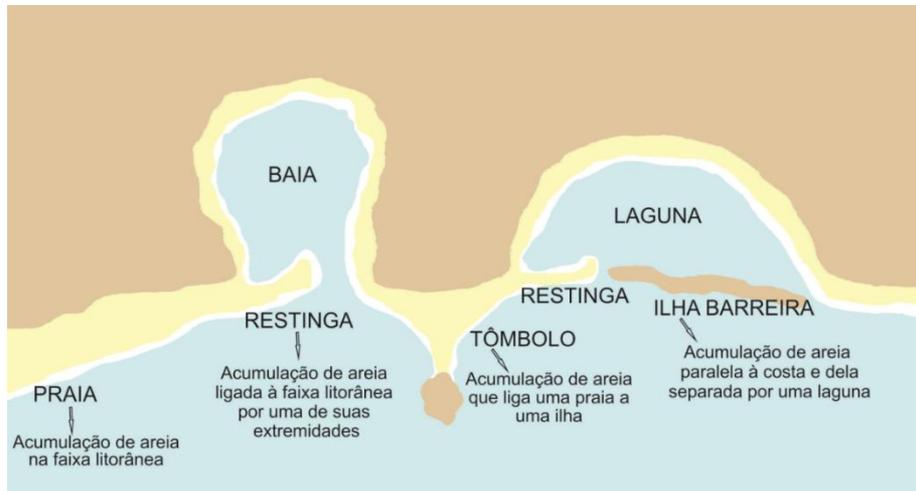
**A abrasão se verifica nas partes mais baixas da falésias – partes altas, sem apoio desmoronam e as falésias recuam – plataforma de abrasão, descobertas nas marés baixas (praias arenosas ou pedregosas)**



**Costões – rochas basálticas e plataforma de abrasão com blocos de rocha**

# Formas de relevo associadas à dinâmica do mar

Em costas baixas, com pequena declividade as paisagens litorâneas diferem das de costas abruptas – energia das ondas é gasta no transporte de sedimentos soltos formando restingas, baías, tombolo, lagunas, etc.



Paisagem litorânea em costas baixas

Nas paisagens litorâneas merece citação os recifes (corais e arenitos). Quase toda a costa do nordeste apresenta recifes, principalmente de areia quartzosa, cimentadas por óxidos de ferro e carbonato de cálcio

# FORMAS DE RELEVO ASSOCIADAS ÀS ÁREAS ALAGADAS

As áreas alagadas (“wetlands”) ocupam 6% da superfície do planeta, distribuídas por todos os continentes e sob todos os tipos de clima. Formam planícies que se encontram permanentemente ou temporariamente inundadas por águas rasas (doces, salgadas ou salobas)

Nestas planícies ocorrem manguezais, banhados, pântanos, etc. A erosão é quase nula e a sedimentação domina: sedimentos finos, argilosos, ricos em matéria orgânica, em nutrientes e matéria vegetal em decomposição (turfa)



Manguezais do Pará e Maranhão. Água salobra e sedimentos argilosos



Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense