

Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP



ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

Aula 4 Meio Ambiente Terrestre

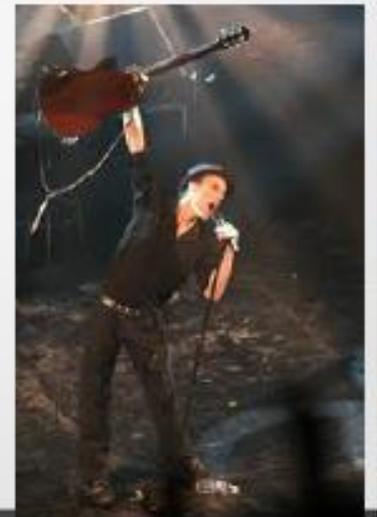
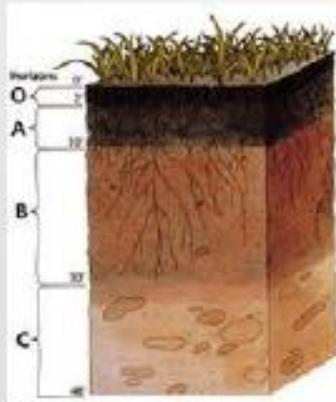
Prof. MSc. Paulo Ricardo Amador Mendes



PARTE I – CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O que é solo?

Geral: "Qualquer parte da superfície da Terra (e de outros planetas)"



Engenheiro de obras: "parte da matéria-prima para construções"



Químicos: *“porção de material sólido que pode ser analisada no laboratório”*



Físicos: *“massa de material cujas características mudam em função de variações de temperatura e conteúdo de água”*



Homens de lei: torrão natal, solo pátrio



Historiador e arqueólogo: gravador do passado



Artistas e filósofos: objeto belo, místico?, relacionado às forças da vida



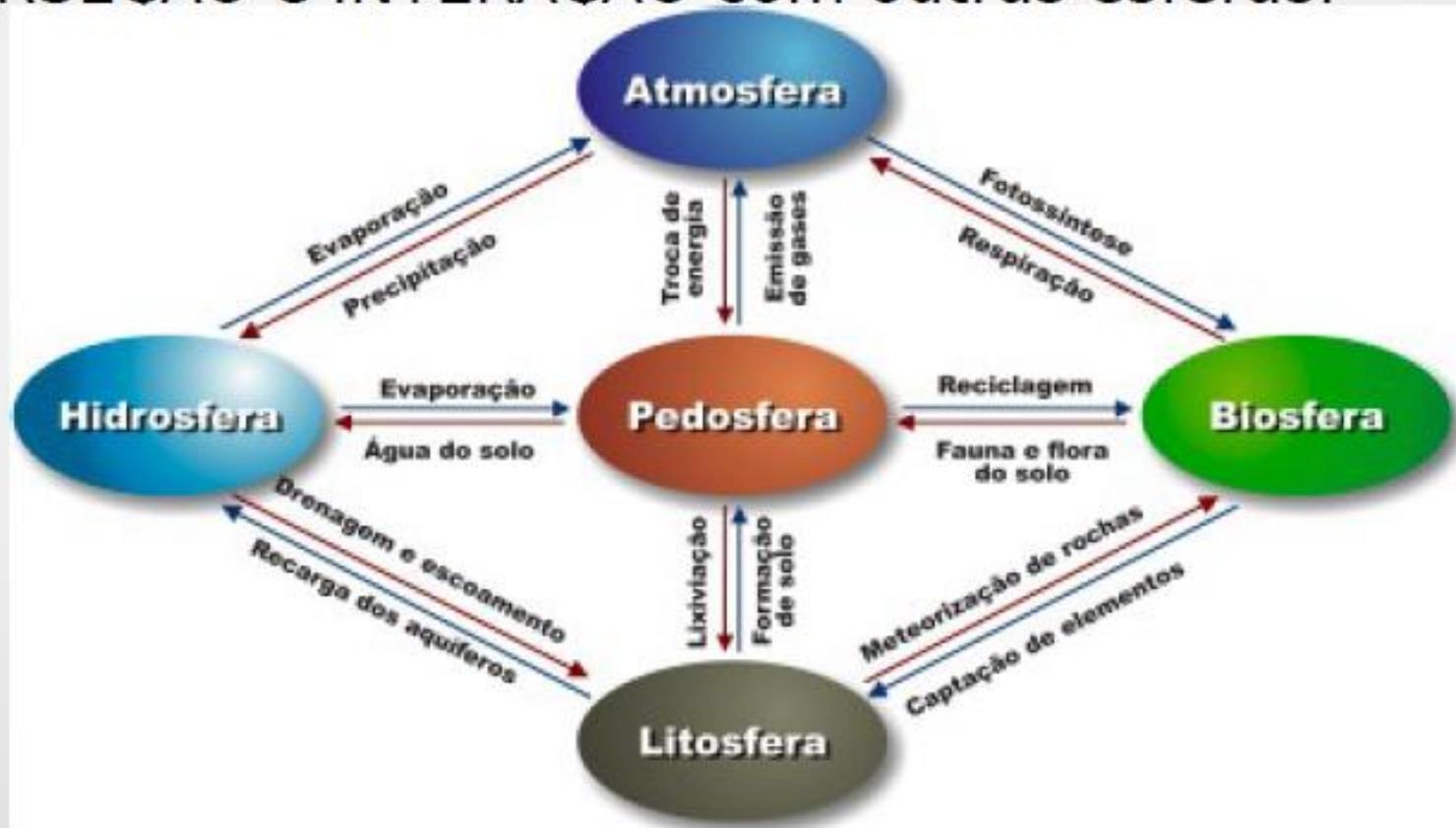
Lavrador: espaço da labuta diária, lavouras, subsistência



Pedofera: conjunto de solos do planeta Terra

Solo: NÃO É SÓ um conjunto de minerais, matéria orgânica, água e ar!

INTERSECÇÃO e INTERAÇÃO com outras esferas:



A LITOSFERA

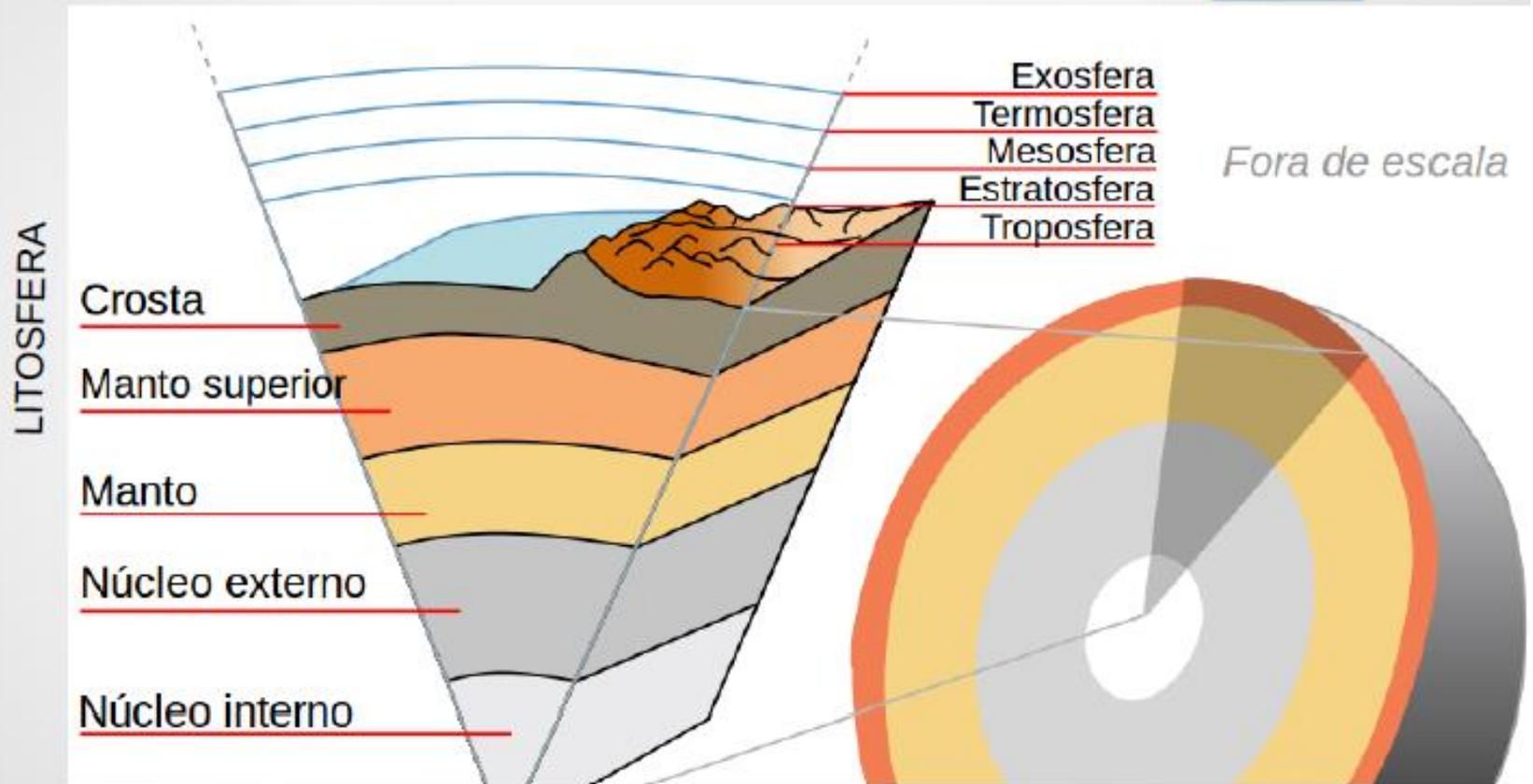
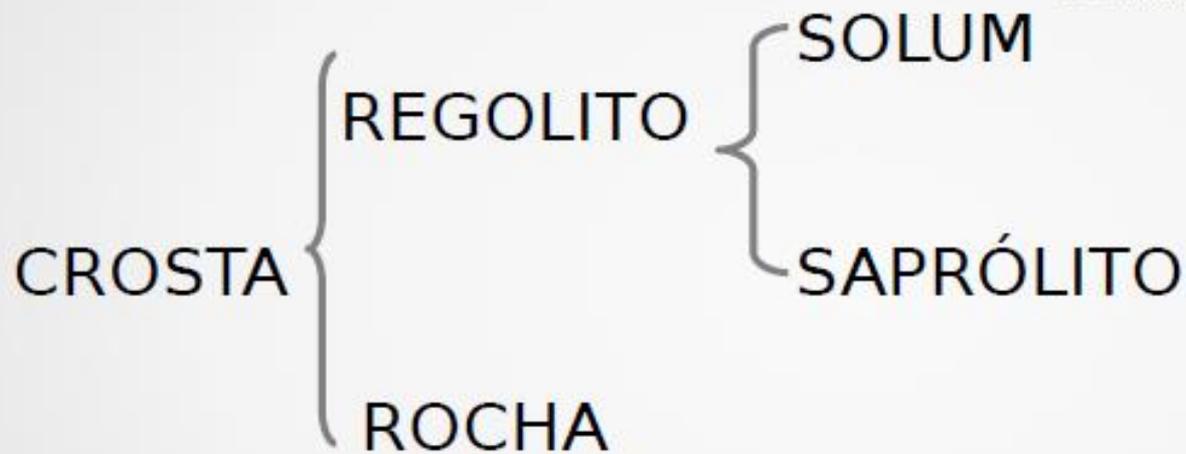


Figura: camadas da Terra

Muro de pedras (rochas) em Teresópolis, RJ

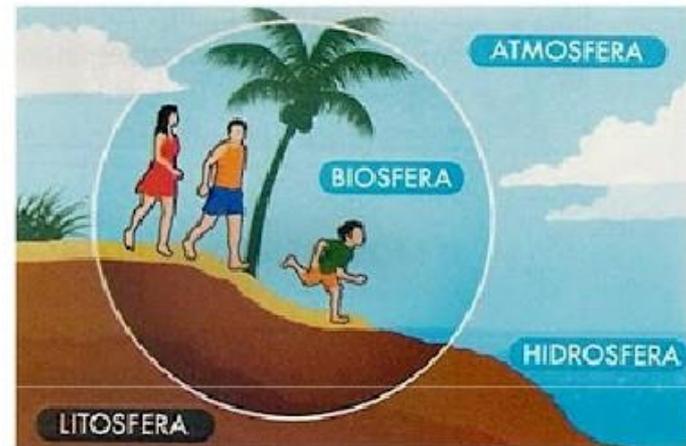


Em pedologia: SOLO - SAPRÓLITO - ROCHA -

(REGOLITO: tudo acima rocha)

A Litosfera e o Solo

O solo é um dos componentes da **LITOSFERA**, a qual constitui um dos três ambientes físicos do planeta, também chamado de crosta terrestre



Solo e Rochas (ígneas, sedimentares ou metamórficas)

Definição:

Resultado das interações da litosfera, hidrosfera e atmosfera

Origem:

Data de milhares de anos **intemperismo** causado pelas chuvas ácidas e variações de temperatura sobre as rochas superficiais (erupções vulcânicas)

A Litosfera e o Solo - As rochas

1) Fotos dos tipos de rochas que podem ser encontrados na litosfera

1.1) Exemplos de rochas **ígneas (magmáticas)**



Imagem da rocha magmática
basalto

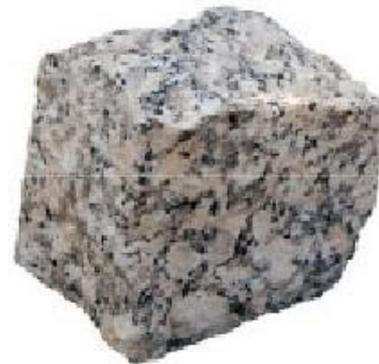


Imagem da rocha magmática
granito

Formadas pela consolidação do magma

A Litosfera e o Solo - As rochas

1) Fotos dos tipos de rochas que podem ser encontrados na litosfera

1.2) Rochas sedimentares

Formadas pela sedimentação de diferentes materiais ao longo dos anos

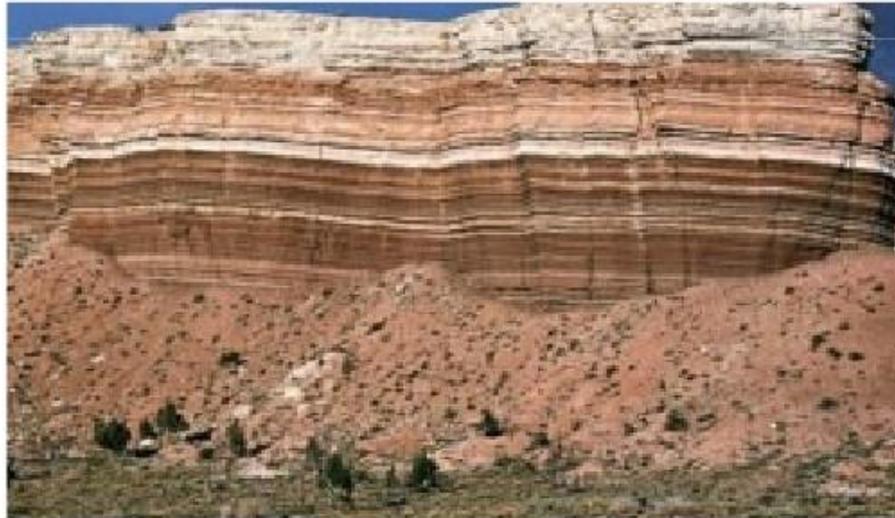


Imagem de rocha magmática **sedimentar**

A Litosfera e o Solo - As rochas

1) Imagens dos tipos de rochas que podem ser encontrados na litosfera

1.3) Ex de rochas metamórfica

Formadas a partir de rochas magmáticas e sedimentares



Imagem de uma rocha de **xisto**, rocha magmática **metamórfica**

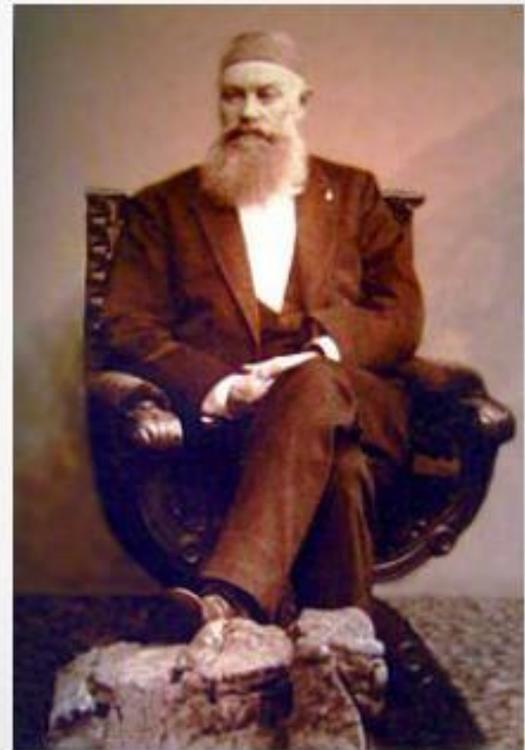
Esta rocha, ao contrário das anteriores (que podem ter usos gerais, como na construção civil), alguns tipos de xisto são usados para produzir energia

HORIZONTES E CAMADAS DOS SOLOS

INÍCIO DA CIÊNCIA DO SOLO:

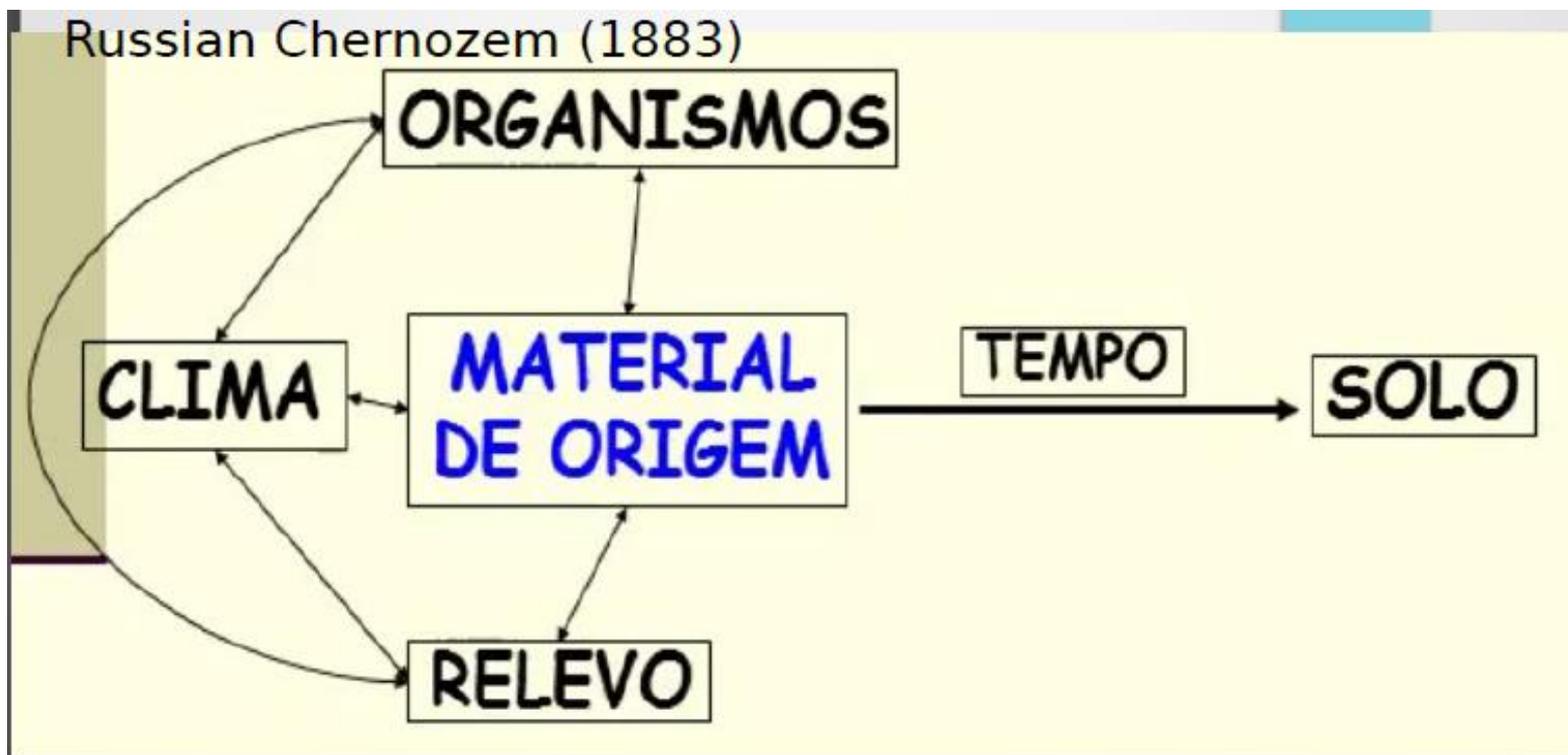
Vasily Vasili'evich Dokuchaev – GEÓGRAFO RUSSO
(Васи́лий Васи́льевич Докуча́ев) – 1846-1903

SOLO APRESENTANDO
HORIZONTES E CAMADAS



Horizontes do Solo

- Sucessão – desenvolvimento do ecossistema em fase inicial até estabilidade;



RELEVO (HANS JENNY, 1941)

Modelo:

Solo = f (clima, organismos, mat.origem, relevo e tempo)



HORIZONTES DE SOLO

O: Horizonte orgânico de solos minerais (Oo: pouco decomposto; Od: muito decomposto)

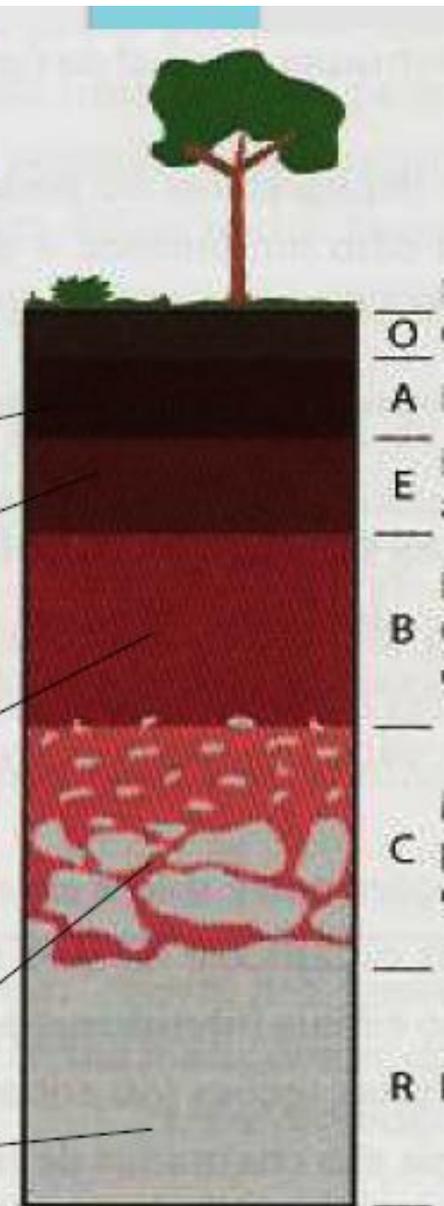
A: Horizonte mineral com acúmulo de húmus

E: Horizonte claro, máxima remoção de argila e/ou óxidos de ferro

B: Horizonte de máxima expressão de cor e agregação (Bw) ou de concentração de materiais removidos do A (Bt)

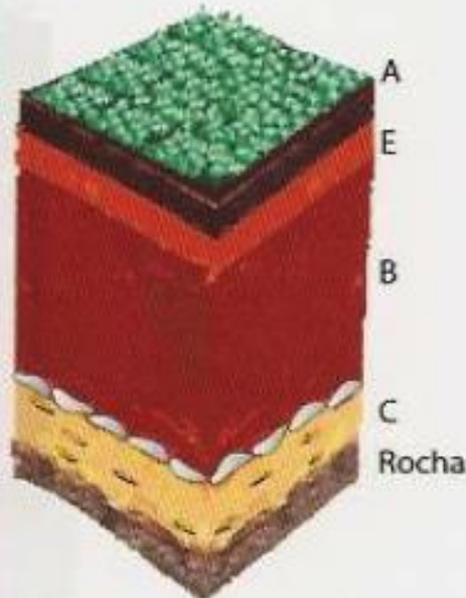
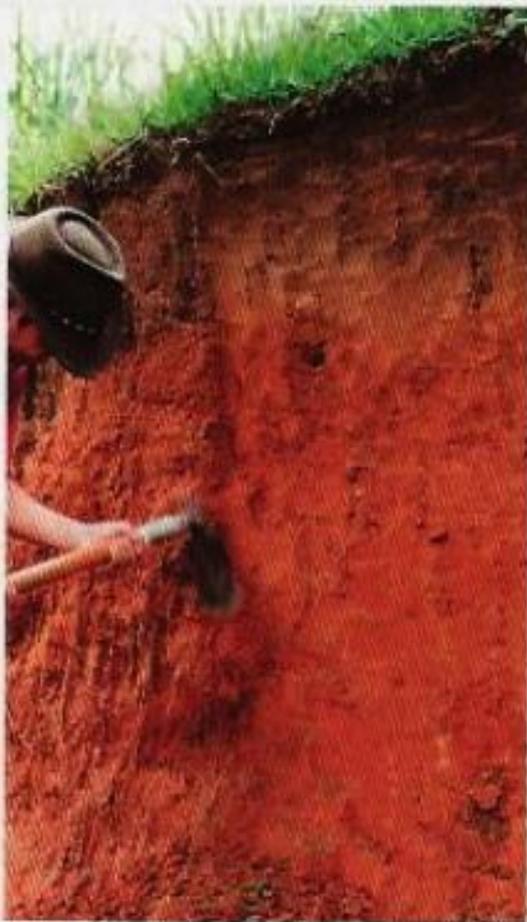
C: Material inconsolidado de rocha alterada (provável: semelhante ao que deu origem ao solo)

R: Rocha não alterada



Horizonte	Característica
O	É o horizonte superficial pode conter mais de 20% de matéria orgânica em diferentes graus de decomposição
A	Apresenta grande quantidade de material decomposto e misturado com minerais. Sofre perda de minerais pesados como Ferro e Alumínio através da lixiviação
B	Pouco afetado pela erosão natural e pela ação do homem. Pobre em matéria orgânica e rico em material mineralógico.
C	Chamado de regolito, material decomposto, oriundo da rocha matriz.

VOLTANDO NO TEMPO



Horizontes:

A

E

B - Acúmulo argila!!

Como chegou nesse ponto?

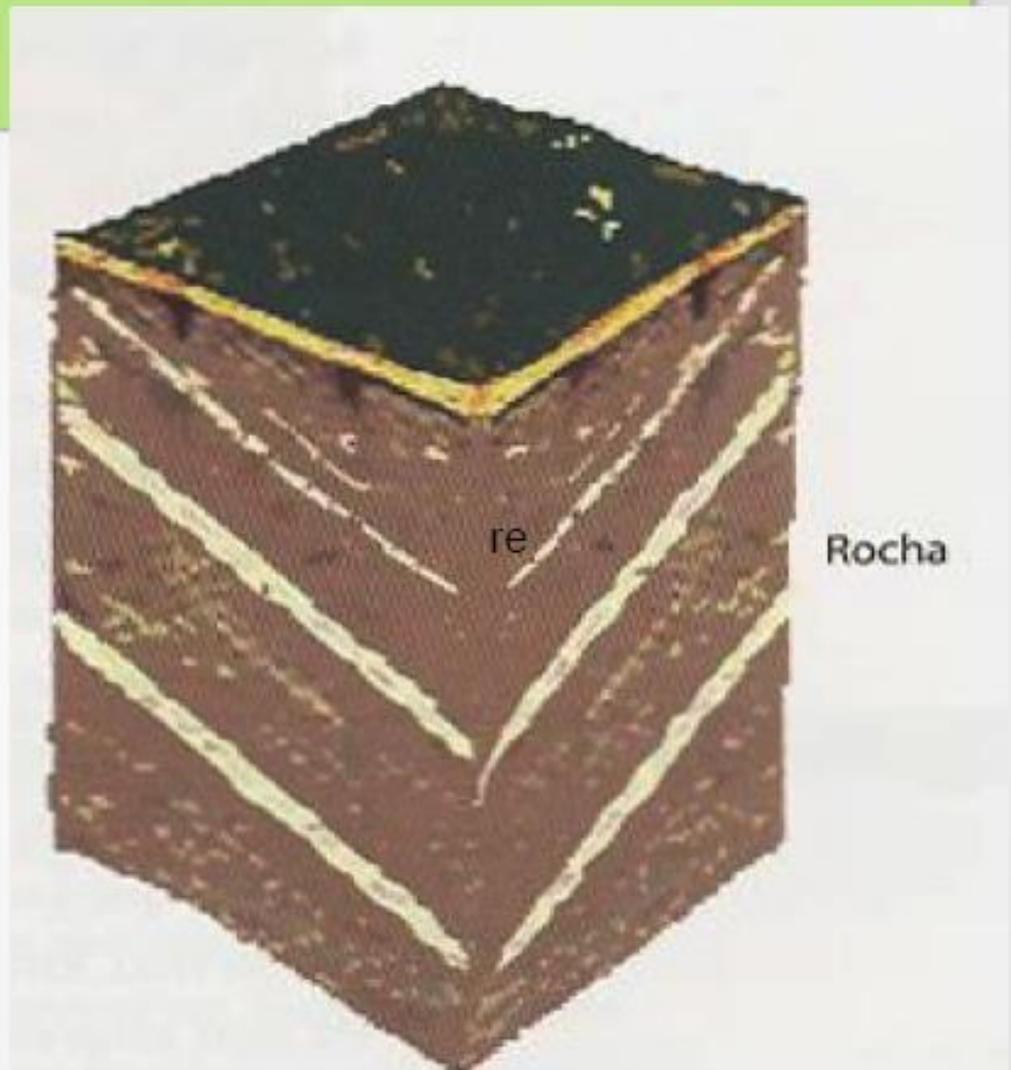
Trincheira recém-escavada de solo bem desenvolvido e representação esquemática

10.000 a.C.:

Terminou era do gelo

Rocha de gnaiss com
fendas verticais
(intemperismo físico)

Alguns líquens (inicia
intemperismo
biogeoquímico)



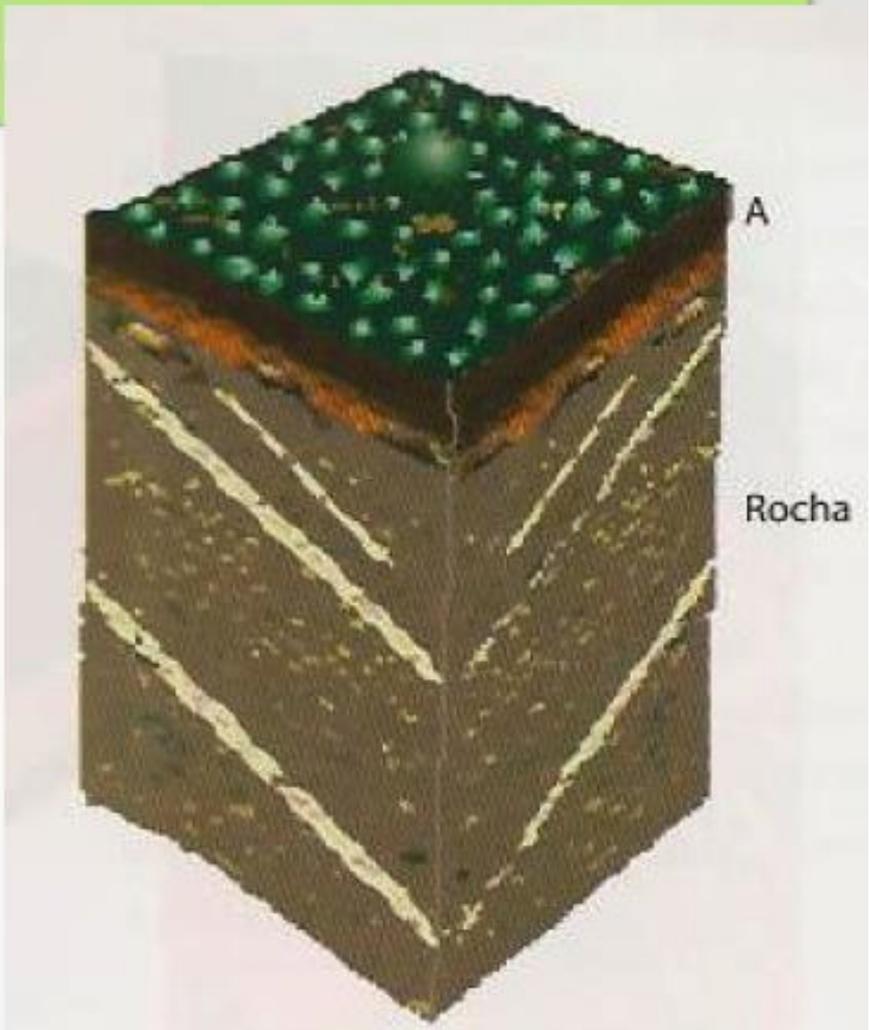
Cortes verticais em rocha (fendas: intemperismo físico) e alguns líquens iniciando o intemperismo biogeoquímico

6.000 a.C.:

Solo pouco desenvolvido

Horizonte A sobre a rocha

Alguns vegetais superiores



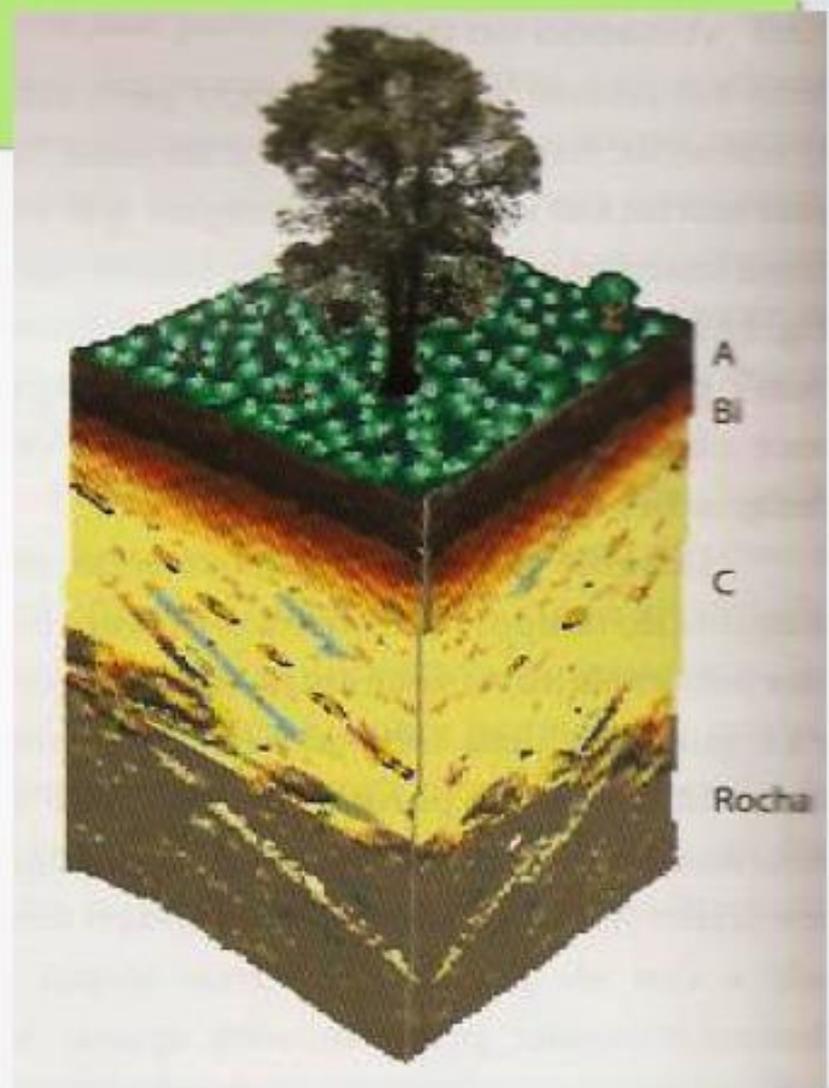
Perfil solo pouco desenvolvido, já com horizonte A e alguns vegetais superiores se desenvolvendo

2.000 a.C.:

Solo com desenvolvimento mediano

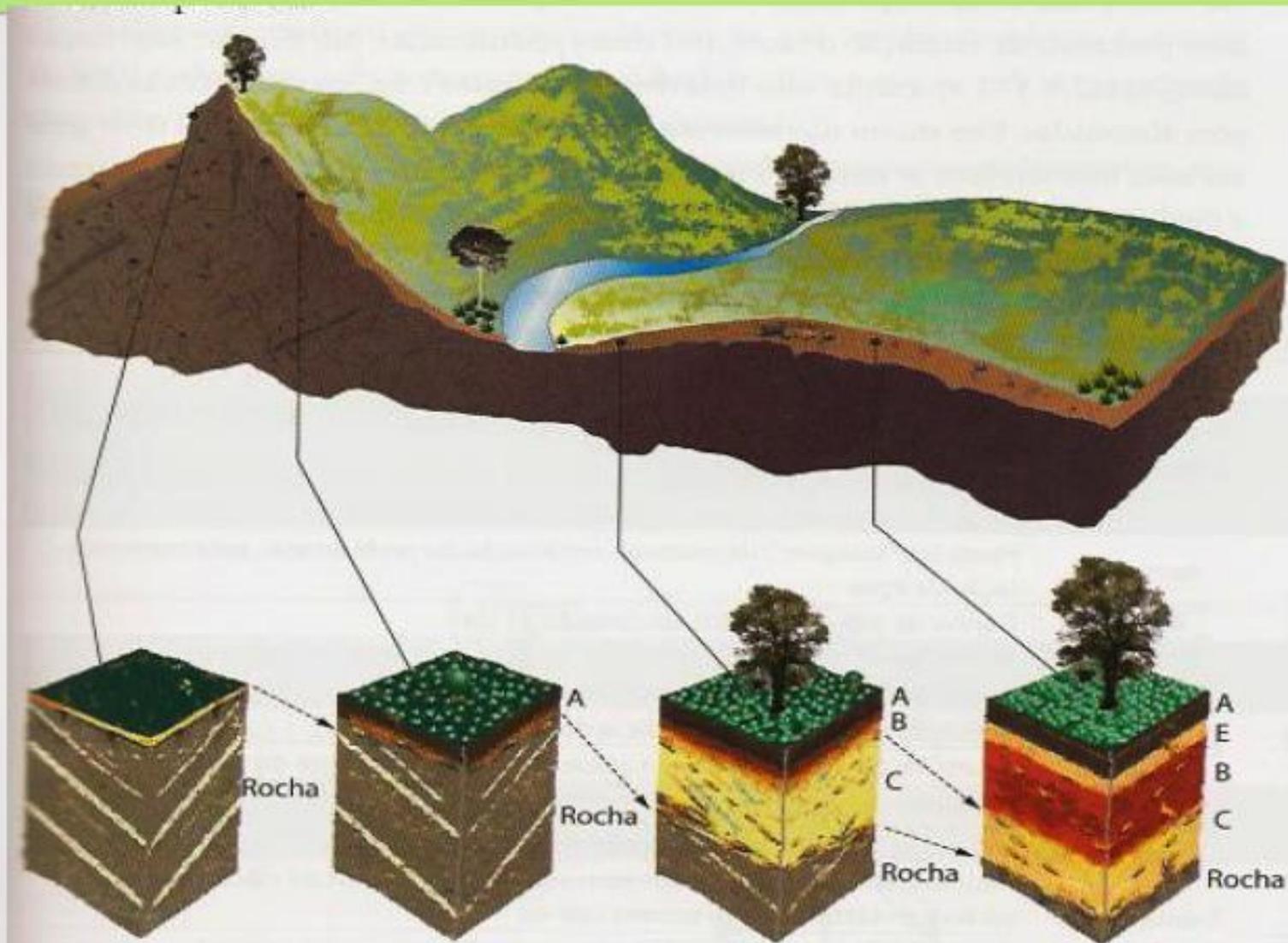
Horizonte B incipiente (pouco espesso, ainda alguns minerais primários)

Bastante vegetação

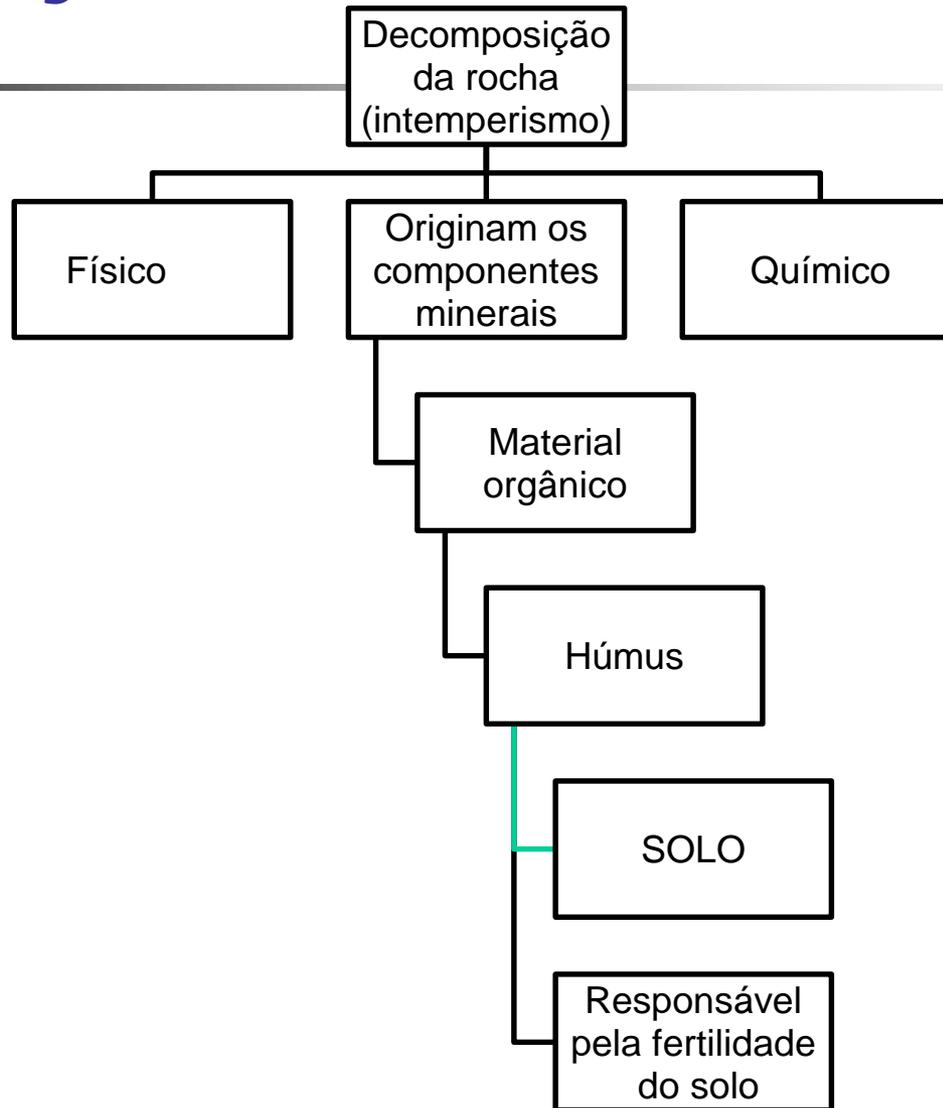


Perfil solo desenvolvimento mediano. B incipiente, muita vegetação

INTERPRETAÇÃO DA EVOLUÇÃO: Distribuição atual dos solos em diversas partes do relevo.



Formação do solo



Formação do solo

Decomposição
da rocha
(intemperismo)

Físico



ÁGUA MOLE EM PEDRA DURA, TANTO BATE ATÉ QUE INTEMPERIZA

Formação do solo

Decomposição
da rocha
(intemperismo)

Físico



Intemperismo físico causado pela variação de temperatura

Formação do solo

Decomposição
da rocha
(intemperismo)

Físico



Intemperismo físico causado pelo congelamento da água

Formação do solo

Decomposição
da rocha
(intemperismo)

Químico



Intemperismo químico alterou composição da rocha de origem

Formação do solo

Decomposição da rocha (intemperismo)

Físico

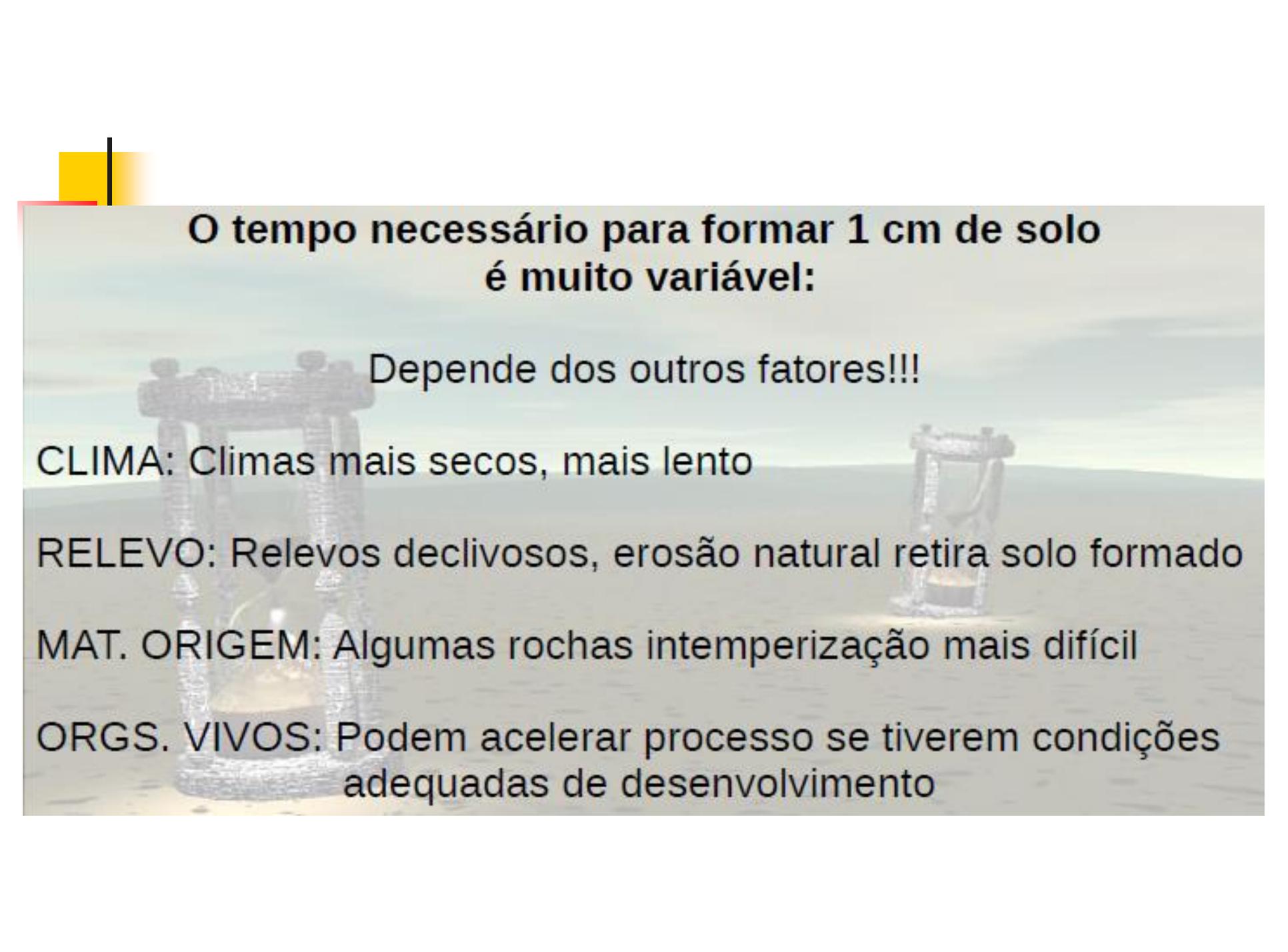
Originam os componentes minerais

Químico

INTEMPERISMO BIOLÓGICO



Alterações químicas e físicas pelos seres vivos



O tempo necessário para formar 1 cm de solo
é muito variável:

Depende dos outros fatores!!!

CLIMA: Climas mais secos, mais lento

RELEVO: Relevos declivosos, erosão natural retira solo formado

MAT. ORIGEM: Algumas rochas intemperização mais difícil

ORGS. VIVOS: Podem acelerar processo se tiverem condições adequadas de desenvolvimento



Horizontes do Solo

- Regiões áridas – interperismo menos intenso (solos menos profundos);
- Quando chove – enchimento dos poros e rápido escoamento superficial (predominante);
- Acúmulo no fundo dos vales – enchentes;
- Cessamento da chuva – água vem somente do solo;
- Após estiagem – água deixa de escorrer (intermitente).



Horizontes do Solo

- A mesma chuva em solos profundos
 - Não ocorre enchentes;
 - Suficiente para alimentar um curso d'água durante todo período de estiagem - perene;
- Exemplos – importância do conhecimento do solo
 - Região do Vale do Paraíba: remoção da mata para plantação de café (erosão dos solos);
 - Região Amazônica: remoção da camada protetora do solo (laterita) – erosões incontrolláveis.

Características ecológicamente importantes do solo



- **Cor:** terra roxa e preta;
 - Cor escura: matéria org. em decomposição;
 - Cor avermelhada: óxidos de ferro e solos bem drenados;
 - Cor acinzentada: solo encharcado.
- **Textura e granulometria:** base da classificação (areia, argila);
 - Maior partícula, maior a drenabilidade, permeabilidade e aeração do solo;
 - Partículas menores – resistência a erosão.

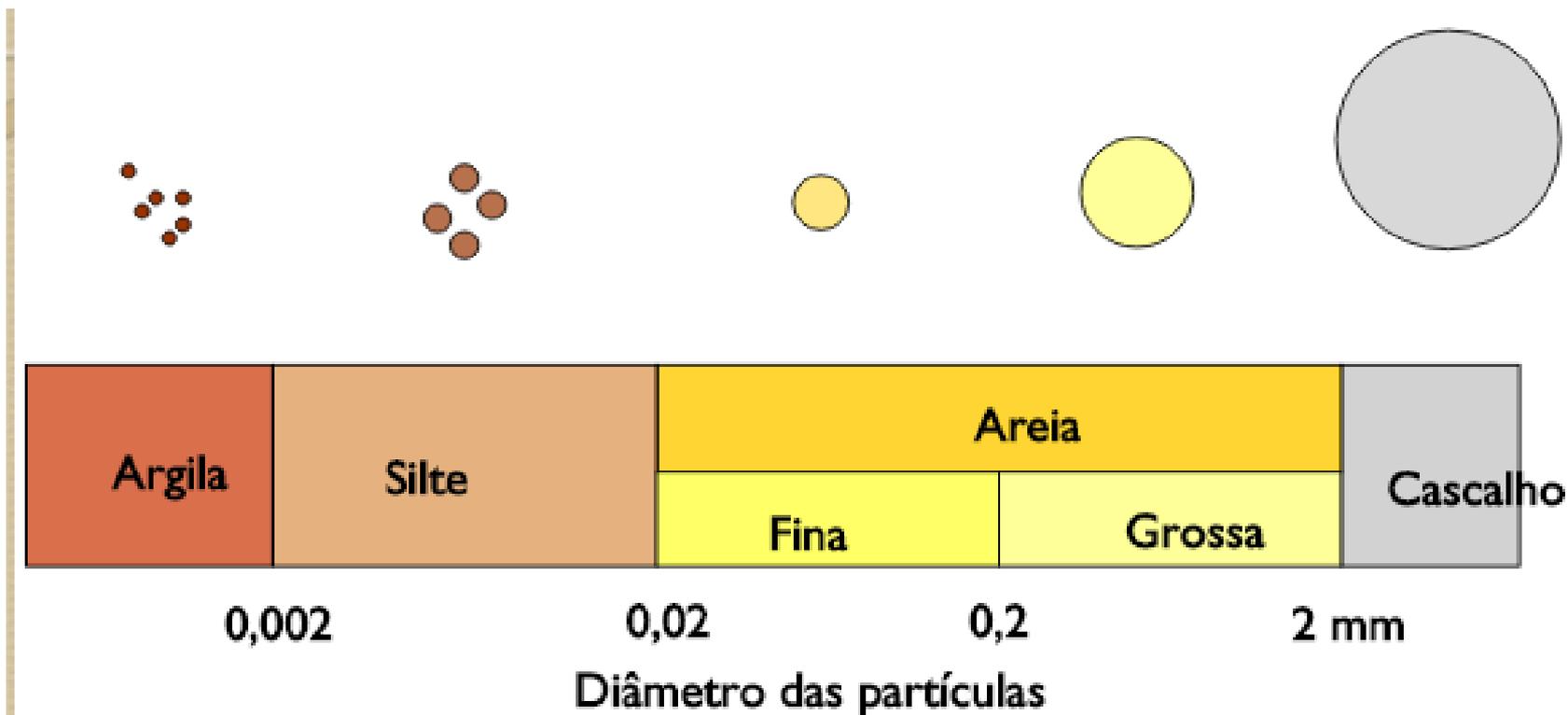
Características ecológicamente importantes do solo



- **Estrutura:** arranjo do solo e comportamento mecânico (capacidade de suportar cargas, resistência ao cisalhamento ou escorregamento);
- **Composição do solo:** Fração mineral e fração orgânica.

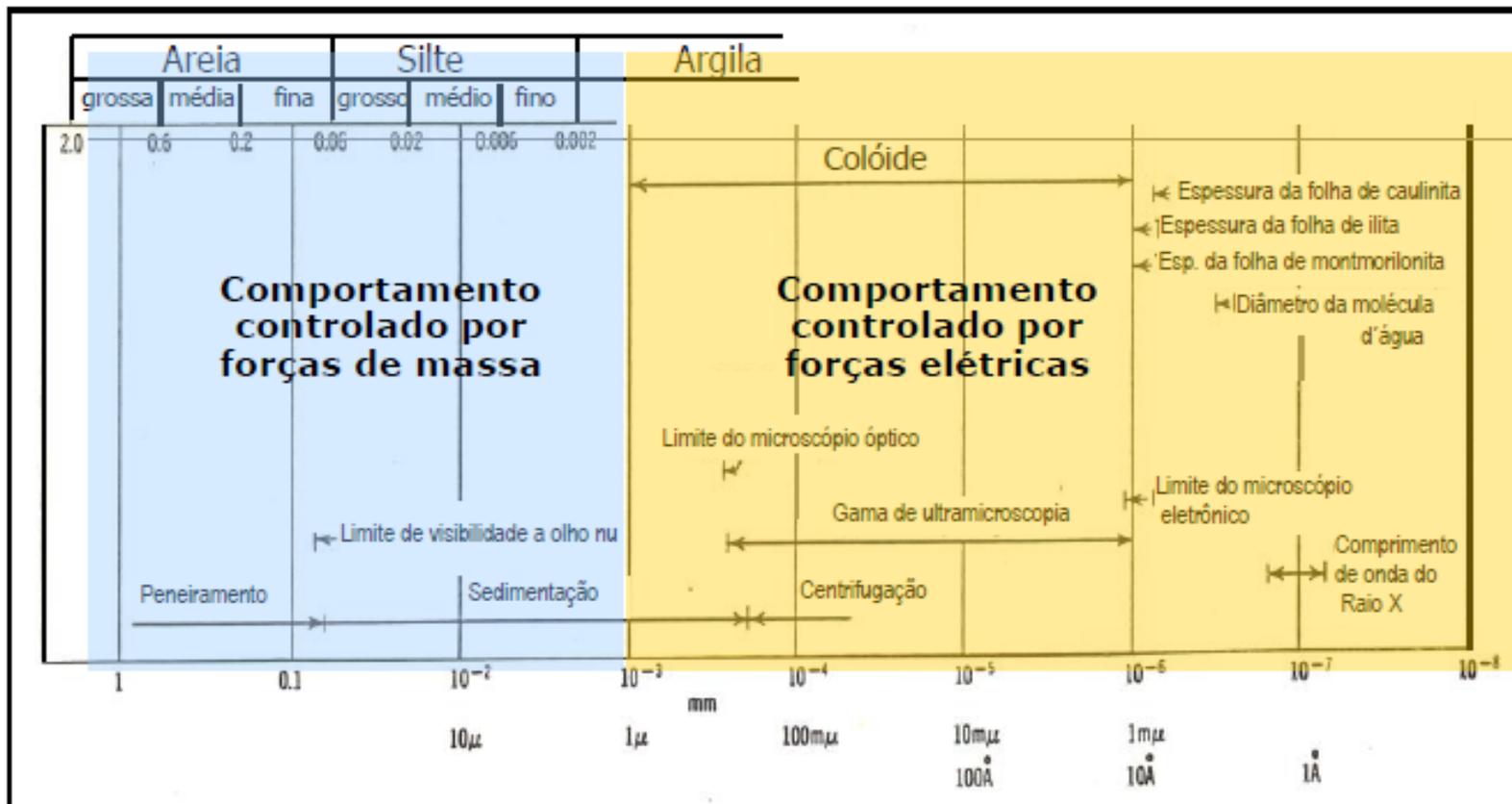
Classificação dos solos

- Quanto a granulometria ou textura:



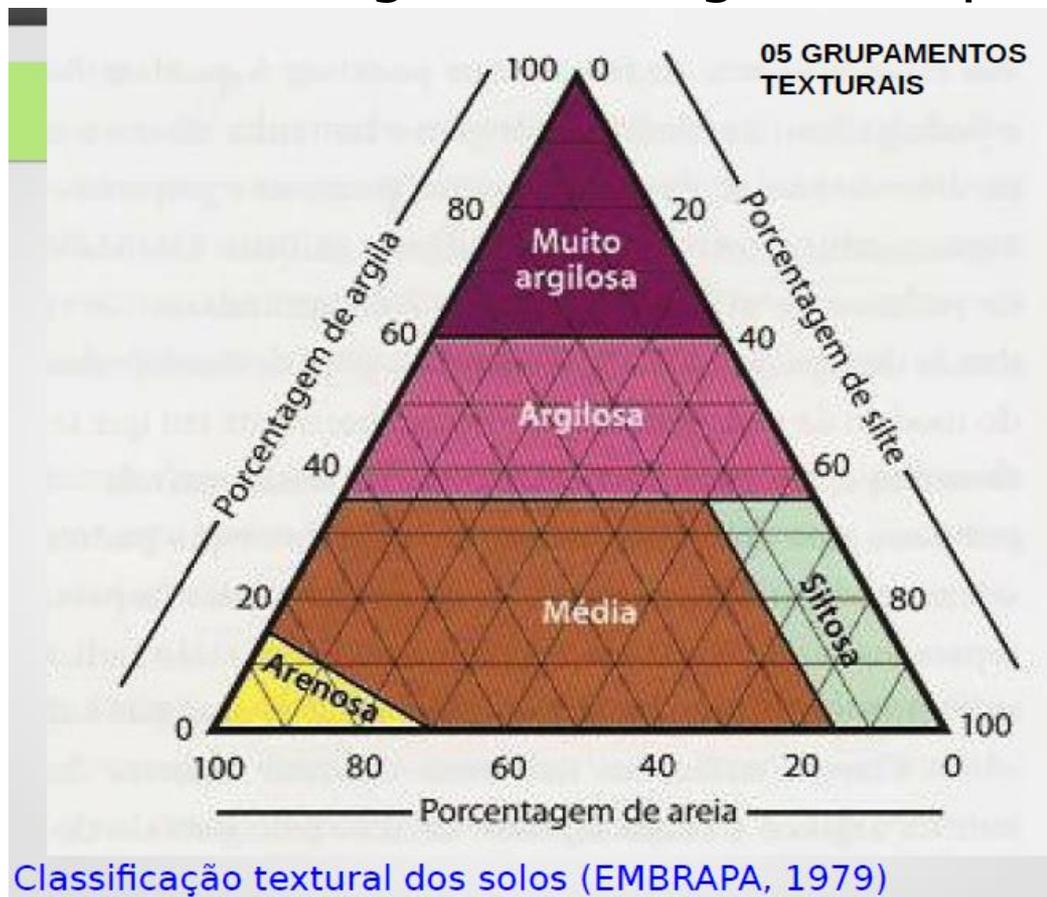
Classificação dos solos

- Quanto a granulometria ou textura:



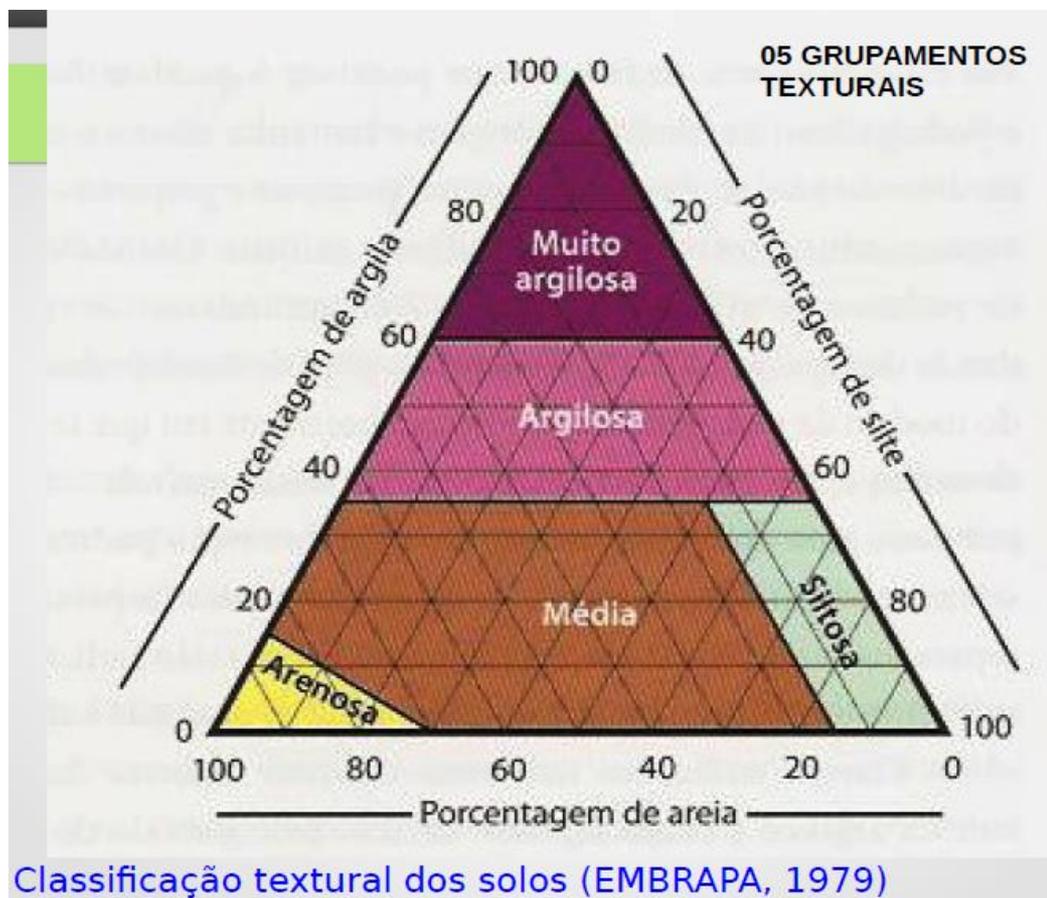
Classificação dos solos

- Diagrama triangular simplificado



Classificação dos solos

- Diagrama triangular simplificado

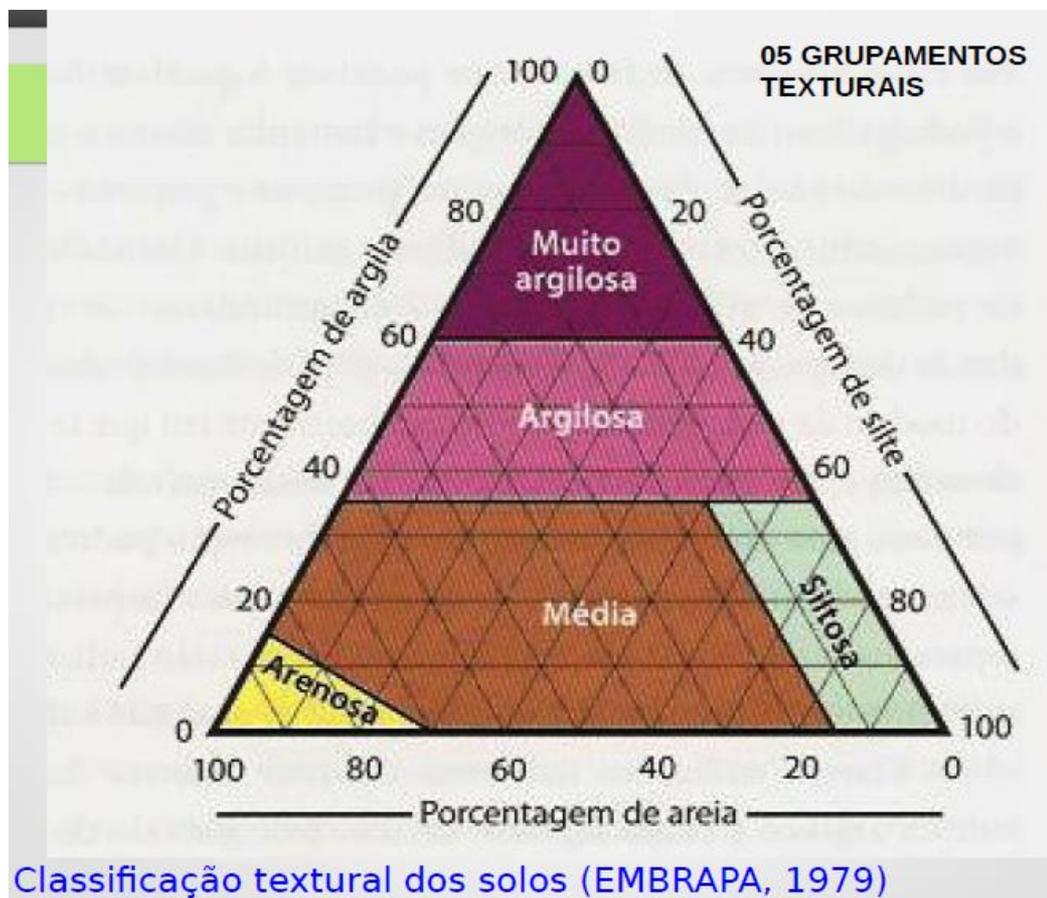


Arenoso: áspero e pouco pegajoso



Classificação dos solos

- Diagrama triangular simplificado

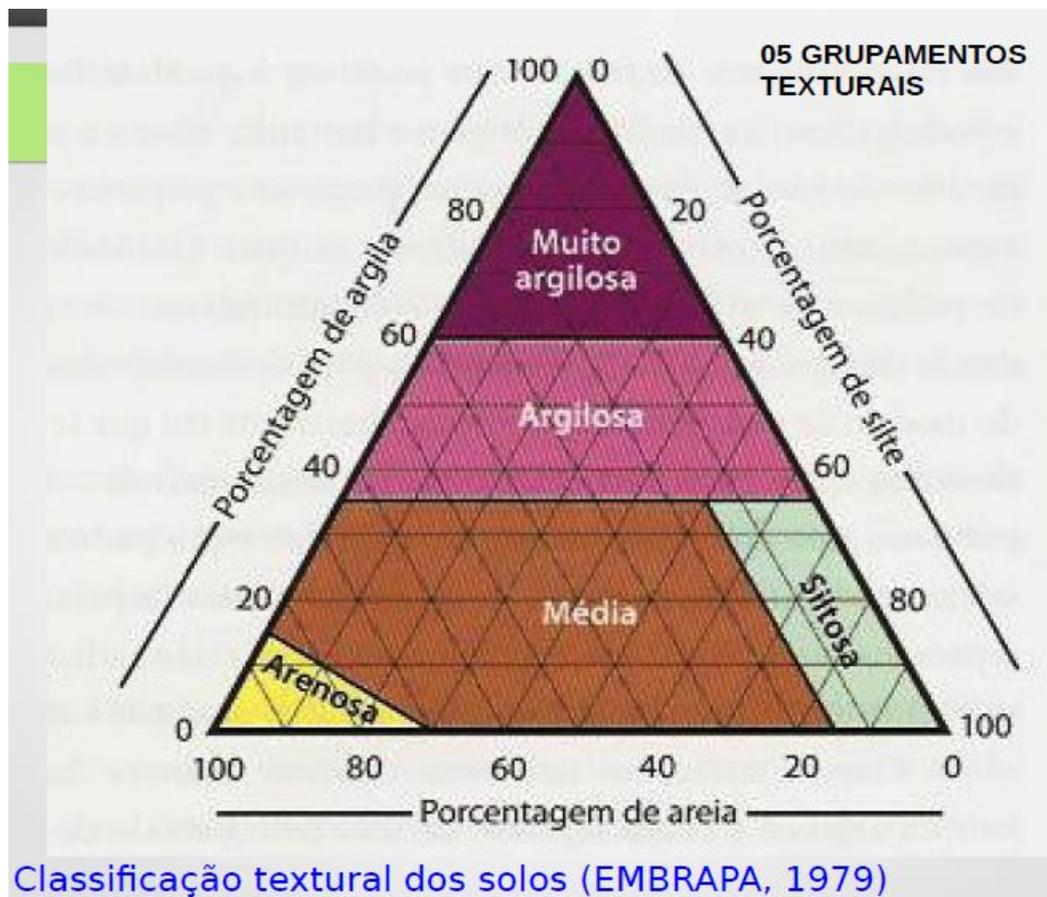


Argiloso: suavidade e muito pegajoso



Classificação dos solos

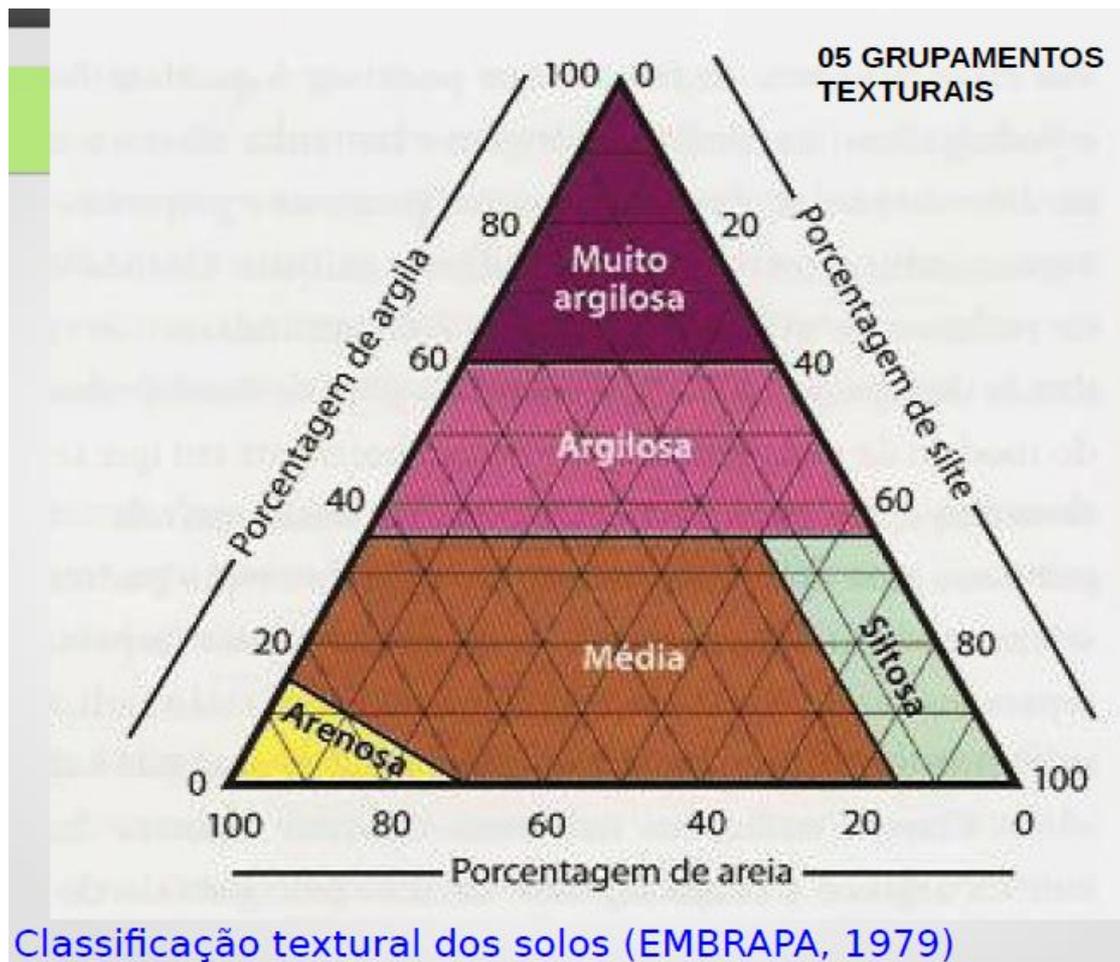
- Diagrama triangular simplificado

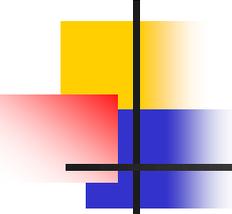


Siltoso: quando se apresentam sedosos



Classificação dos solos





Classificação dos solos

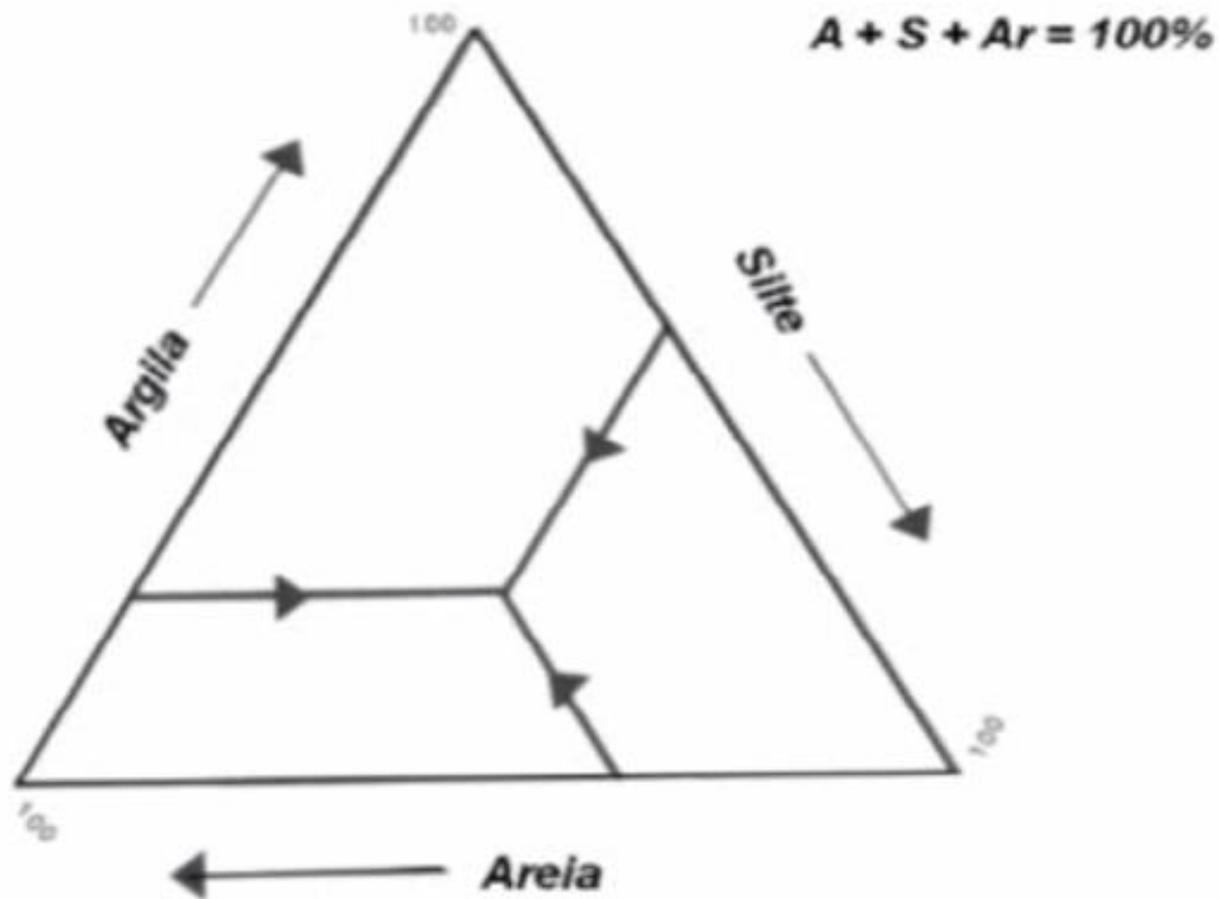
COMO CLASSIFICAR USANDO TRÊS TAMANHOS?

Exemplos:

Amostra 1: com 45% argila, 15% de silte e 40% de areia

Amostra 2: com 35% argila, 20% de silte e 45% de areia

Classificação dos solos



Classificação dos solos

DETERMINAÇÃO DA TEXTURA NO CAMPO

Determinada pela sensação de tato (esfregando solo entre indicador e polegar)





Classificação dos solos

DETERMINAÇÃO DA TEXTURA NO CAMPO

ARENOSO:

Sensação áspera ao tato

Faz mais barulho ao ser esfregado entre os dedos

No mínimo: 700 g kg^{-1} de areia

SILTOSO:

Sensação de talco ao tato (sedosa)

Argila $< 350 \text{ g kg}^{-1}$ e Areia $< 150 \text{ g kg}^{-1}$

ARGILOSO:

Sensação ao tato fina (sente pouca areia) e pegajosa

Argila de 350 a 600 g kg^{-1}

MUITO ARGILOSO:

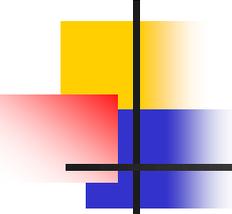
Sensação ao tato muito fina (sem sentir areia) e pegajosa

Argila $> 600 \text{ g kg}^{-1}$

MÉDIO:

Sensação intermediária entre argilosa e arenosa
(pegajosa e áspera)

Argila $< 350 \text{ g kg}^{-1}$ e areia $> 150 \text{ g kg}^{-1}$



Classificação dos solos

- Quanto a origem:
- **Eluviais ou Zonais:** Quando o solo se forma a partir do intemperismo local, ou seja, decomposição da rocha matriz local.

Principais características:

Tem o fator climático como principal elemento de formação.

São solos maduros (fase podzólica), ou seja, possuem horizontes A, B e C.

Tipos de solos zonais:

Terra roxa: solos proundos, potencial agrícola muito bom.

Latossolo: Típico de clima quente e úmido, muito profundo; pobre em minerais.

Podzol: Típico de clima temperado; fértil; pouco profundo, porém ácido.

Brunizen ou Pradaria: Típico do clima temperado sub-úmido; raso; bastante fértil

Desértico: Típico de climas árido; rasos; Horizonte A arenoso; pouco fértil.

Tundra: Típico de clima frio; raso; fertilidade média

Classificação dos solos

- Quanto a origem

- **Eluviais ou Zonais:** Originados do intemperismo local, ou seja, decomposição da rocha.

Principais características

Tem o fator climático determinante na sua formação.

São solos maduros (fase podzônica), ou seja, possuem horizontes A, B e C.



Tipos de solos zonais:

Terra roxa: solos proundos, potencial agrícola muito bom.

Latossolo: Típico de clima quente e úmido, muito profundo; pobre em minerais.

Podzol: Típico de clima temperado; fértil; pouco profundo, porém ácido.

Brunizen ou Pradaria: Típico do clima temperado sub-úmido; raso; bastante fértil

Desértico: Típico de climas árido; rasos; Horizonte A arenoso; pouco fértil.

Tundra: Típico de clima frio; raso; fertilidade média

Classific



■ Quanto a origem:

- **Eluviais ou Zonais:** Quando a origem seja, decomposição da rocha.

Principais características

Tem o fator climático como determinante.
São solos maduros (fase

temperismo local, ou

horizontes A, B e C.

Tipos de solos zonais:

Terra roxa: solos proundos, potencial agrícola muito bom.

Latossolo: Típico de clima quente e úmido, muito profundo; pobre em minerais.

Podzol: Típico de clima temperado; fértil; pouco profundo, porém ácido.

Brunizen ou Pradaria: Típico do clima temperado sub-úmido; raso; bastante fértil (melhor para agricultura)

Desértico: Típico de climas árido; rasos; Horizonte A arenoso; pouco fértil.

Tundra: Típico de clima frio; raso; fertilidade média

Classifi



- Quanto a origem
- **Eluviais ou Zonais:** C

perismo local, ou

Principais característi

Tem o fator climático
São solos maduros (f

es A, B e C.

Tipos de solos zonais:

Terra roxa: solos proundos, potencial agrícola muito bom.

Latossolo: Típico de clima quente e úmido, muito profundo; pobre em minerais.

Podzol: Típico de clima temperado; fértil; pouco profundo, porém ácido.

Brunizen ou Pradaria: Típico do clima temperado sub-úmido; raso; bastante fértil (melhor para agricultura)

Desértico: Típico de climas árido; rasos; Horizonte A arenoso; pouco fértil.

Tundra: Típico de clima frio; raso; fertilidade média

Classific



- Quanto a origem:

- **Eluviais ou Zonais:** Quando resulta da decomposição da rocha, seja, decomposição da rocha

Principais características

Tem o fator climático como principal determinante. São solos maduros (fase

emperismo local, ou

Horizontes A, B e C.

Tipos de solos zonais:

Terra roxa: solos proundos, potencial agrícola muito bom.

Latossolo: Típico de clima quente e úmido, muito profundo; pobre em minerais.

Podzol: Típico de clima temperado; fértil; pouco profundo, porém ácido.

Brunizen ou Pradaria: Típico do clima temperado sub-úmido; raso; bastante fértil

Desértico: Típico de climas árido; rasos; Horizonte A arenoso; pouco fértil.

Tundra: Típico de clima frio; raso; fertilidade média

Clas

- Quanto a o
- **Eluviais ou Zonais** seja, decompos

Principais caract

Tem o fator clim
São solos madu



emperismo local, ou

tes A, B e C.

Tipos de solos zonais:

Terra roxa: solos proundos, potencial agrícola muito bom.

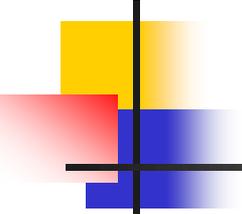
Latossolo: Típico de clima quente e úmido, muito profundo; pobre em minerais.

Podzol: Típico de clima temperado; fértil; pouco profundo, porém ácido.

Brunizen ou Pradaria: Típico do clima temperado sub-úmido; raso; bastante fértil

Desértico: Típico de climas árido; rasos; Horizonte A arenoso; pouco fértil.

Tundra: Típico de clima frio; raso; fertilidade média

- 
-
- **Aluviais ou Azonais:** Quando se formam a partir de sedimentos oriundos de outros locais e transportados através dos rios e ventos.

Principais características:

Não se apresentam bem desenvolvidos

São geralmente desprovidos de horizonte B.

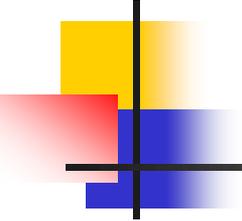
São solos jovens (litossólicos, podendo chegar a Cambissólicos)

Típicos de regiões em declive

Tipos de solos azonais:

Litossolo: Típico de relevo inclinado; rasos

Regossolo: Típico de locais com suave declividade; rasos

- 
-
- **Intrazonal ou orgânico:** Quando se formam a partir da erosão local e de sedimentos trazidos de outros locais.

Principais características:

Sofrem ação de um agente local

Tipos de solos interzonais:

Hidromórfico: Típicos de locais alagados; fértil (quando drenados); espessura média

Salino ou Halomórfico: Típicos de locais áridos ou semi-áridos; baixa fertilidade e espessura média

Grumossolo: Típico de topografia plana; argiloso; boa fertilidade; espessura média.

- **Intrazonal** ou o resultado de erosão local e de

Principais características

Sofrem ação de



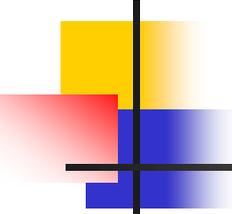
m a partir da
os locais.

Tipos de solos intrazonais:

Hidromórfico: Típicos de locais alagados; fértil (quando drenados); espessura média

Salino ou Halomórfico: Típicos de locais áridos ou semi-áridos; baixa fertilidade e espessura média

Grumossolo: Típico de topografia plana; argiloso; boa fertilidade; espessura média.



Os principais solos férteis do Brasil e do mundo

- **Tchenozion (orgânico)**

Considerado o solo mais fértil do mundo, presente nas estepes da Ucrânia, na Europa central, nas pradarias do Canadá e dos EUA e nos pampas argentinos.

- **Loess (azonal)**

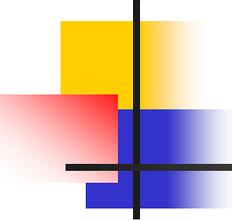
Muito procurado para a agricultura na Europa e na China. Forma-se a partir do acúmulo de sedimentos. É constituído basicamente de argila e calcário.

- **Massapê (zonal)**

Composto basicamente de gnaíse e calcário, comumente encontrado no litoral nordestino brasileiro, indicado para o plantio da cana-de-açúcar.

- **Terra Roxa (zonal)**

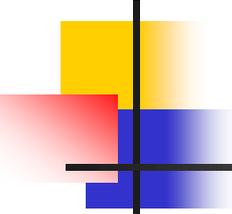
Formado da decomposição basáltica, material magmático, comumente encontrado no norte do Paraná e Oeste de São Paulo, indicado para o plantio do café.



Degradação do solo

- **O principal problema ambiental relacionado ao solo é a erosão superficial ou desgaste, que ocorre em três fases: intemperismo, transporte e sedimentação.**
- A erosão, no solo, constitui na retirada ou transposição dos sedimentos, pela ação dos agentes externos.
- Os principais agentes que atuam na decomposição do solo são: as chuvas, os ventos, os animais e o homem.

Alguns processos erosivos que contribuem para o empobrecimento do solo



- **Lixiviação:**

Comum nas regiões equatoriais.

Consiste na varredura dos nutrientes minerais leves, pela enxurrada, diminuindo o poder de reestruturação do solo, favorecendo o processo de empobrecimento do solo.

- **Assoreamento:**

Depósito de acúmulo de sedimentos nos rios, geralmente provocada pela retirada das matas ciliares, para fins de agricultura, o que facilita o desmoronamento do leito.

- **Desmatamento:**

A retirada da vegetação natural, favorece a quebra do equilíbrio original, favorecendo e desgaste acelerado do solo.

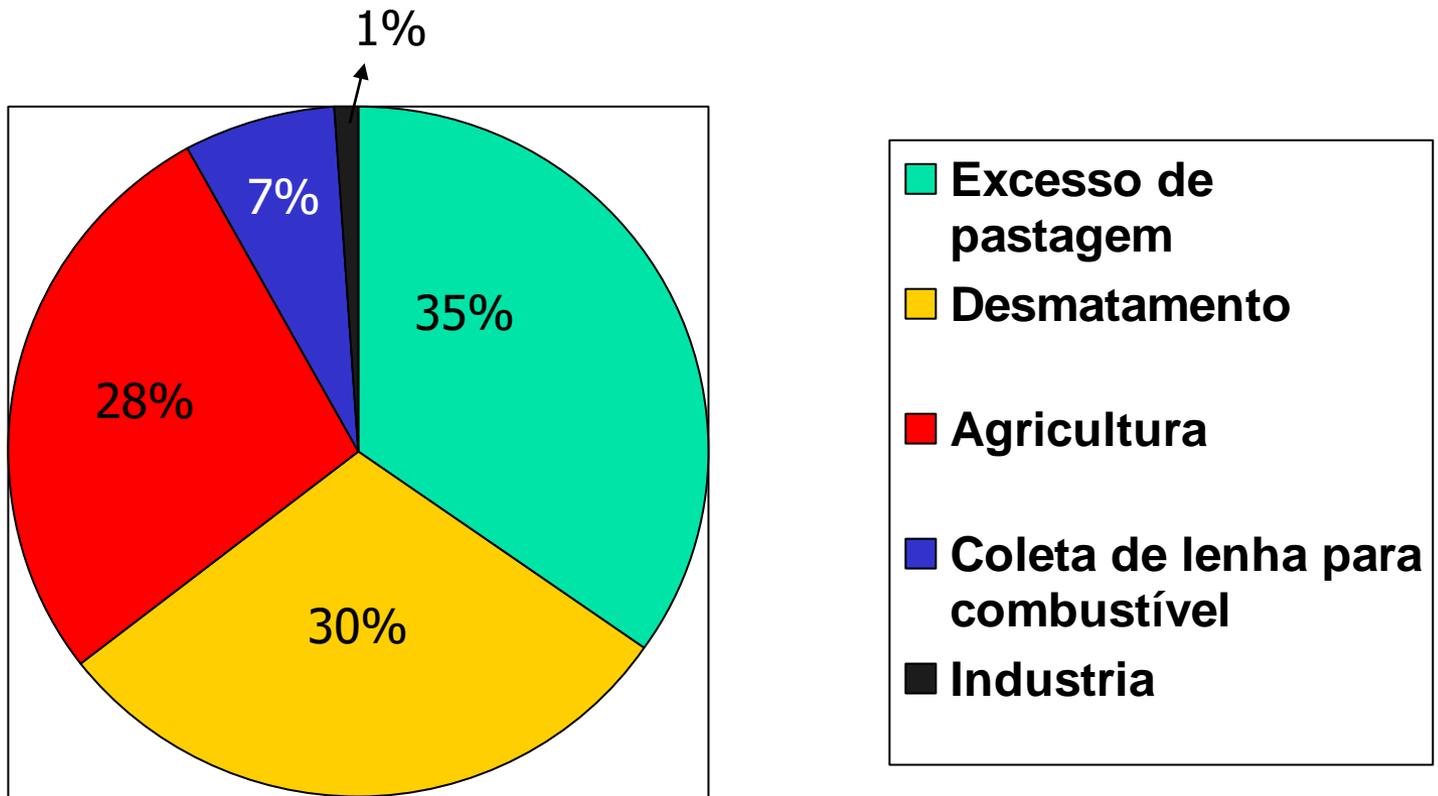
- **Queimadas:**

Provoca a extinção dos nutrientes minerais, orgânicos e gasosos que compõem o solo.

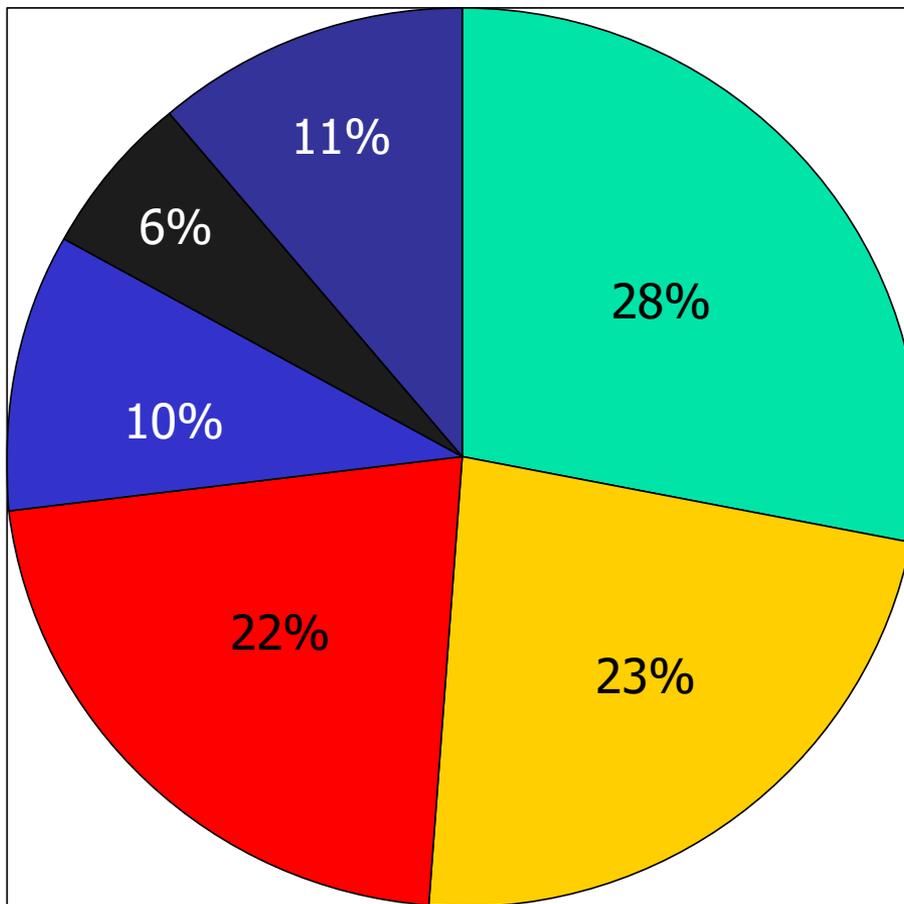
- **Exploração excessiva:**

O solo muito utilizado, principalmente para monocultura, tende a perder nutrientes, pois os vegetais consomem do solo esses elementos.

Atividades humanas responsáveis pela degradação do solo



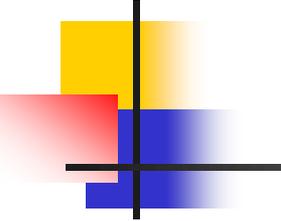
Áreas mundiais de solo apropriado para a agricultura



- Muito Arido**
- Problemas químicos**
- Terras rasas**
- Umidade excessiva**
- Sempre congeladas**
- Nenhuma litimatção**

Formas de conservação do solo

- Para combater a erosão superficial são necessárias aplicar algumas técnicas e mudança de comportamento.
- Para evitar a lixiviação:
 - Aplicar curvas de níveis no terreno inclinado;
 - Fazer as plantações nos terraços;
- Eliminar a técnica das queimadas;
- Fazer uso de corretivo, com previa análise de profissionais especializados, como: geólogos, pedólogos e biólogos;
- Rotatividade de culturas, evitar o uso excessivo de monocultura;
- Praticar a rotatividade com pousio, ou seja, deixar uma parte do solo sem plantação comercial, recolocando de preferências as vegetações nativas, a fim de propiciar ao solo sua regeneração.



Como é um solo fisicamente ideal?



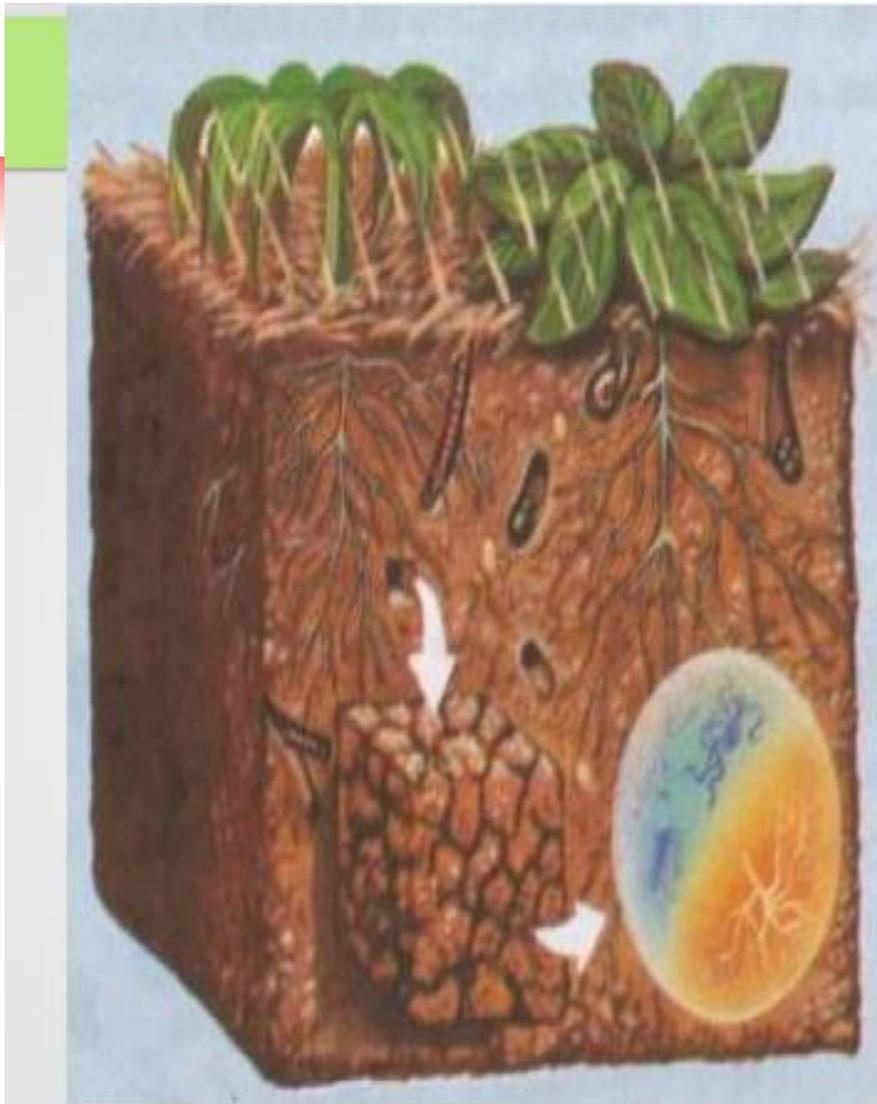
Podemos considerar alguns aspectos como:

Aeração e retenção de água;

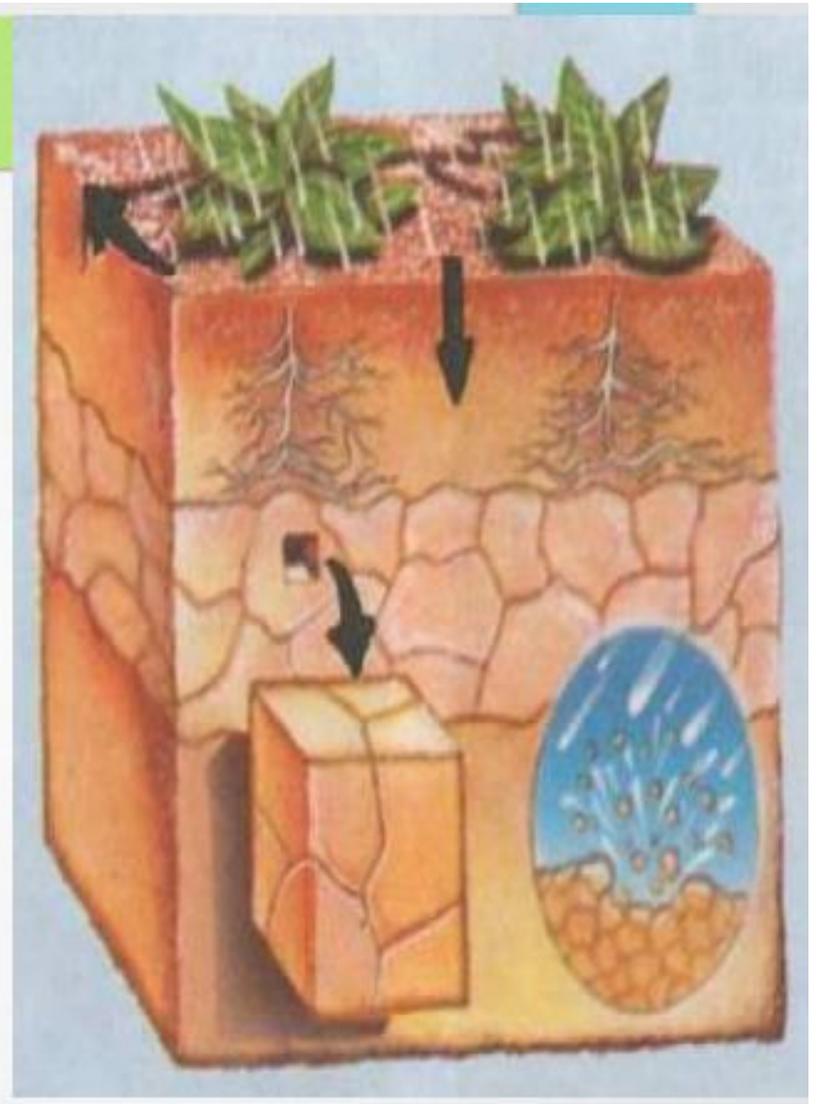
Armazenamento de calor;

Resistência mecânica

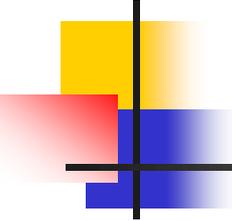




SOLO FISICAMENTE BOM

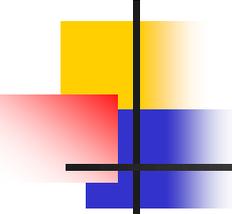


SOLO FISICAMENTE DEGRADADO



Composição do solo

- Varia de acordo com o tipo de solo;
- Em ordem de grandeza:
 - 45% de elementos minerais;
 - 25% de ar;
 - 25% de água;
 - 5% de matéria orgânica.



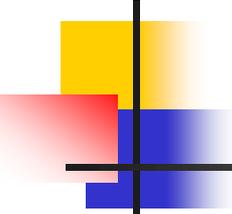
Composição do solo

- Varia de acordo com o tipo de solo;

- Em ordem de grandeza:

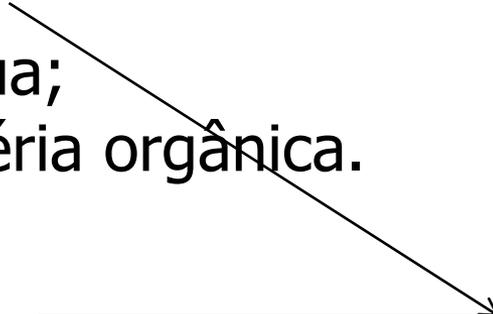
- 45% de elementos minerais;
- 25% de ar;
- 25% de água;
- 5% de matéria orgânica

- 
- Rochas desagregadas do local ou trazida de outros lugares;
 - Ações físicas, químicas e biológicas – interperismo.
 - Ações físicas: erosão, ventos, variações bruscas de temperatura, congelamento;
 - Ações químicas: Rochas calcárias (altos teores de CO₂ e íons ácidos).

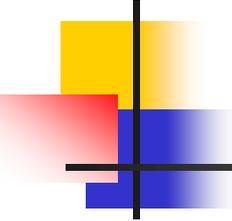


Composição do solo

- Varia de acordo com o tipo de solo;
- Em ordem de grandeza:
 - 45% de elementos minerais;
 - 25% de ar;
 - 25% de água;
 - 5% de matéria orgânica.



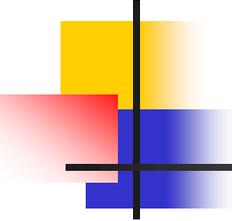
• Gases existentes na superfície;
• Proporções variáveis (gases de decomposição de matéria orgânica).



Composição do solo

- Varia de acordo com o tipo de solo;
- Em ordem de grandeza:
 - 45% de elementos minerais;
 - 25% de ar;
 - 25% de água;
 - 5% de matéria orgânica.

• Chuvas, sereno, neblina e orvalho



Composição do solo

- Varia de acordo com o tipo de solo;
- Em ordem de grandeza:
 - 45% de elementos minerais;
 - 25% de ar;
 - 25% de água;
 - 5% de matéria orgânica.

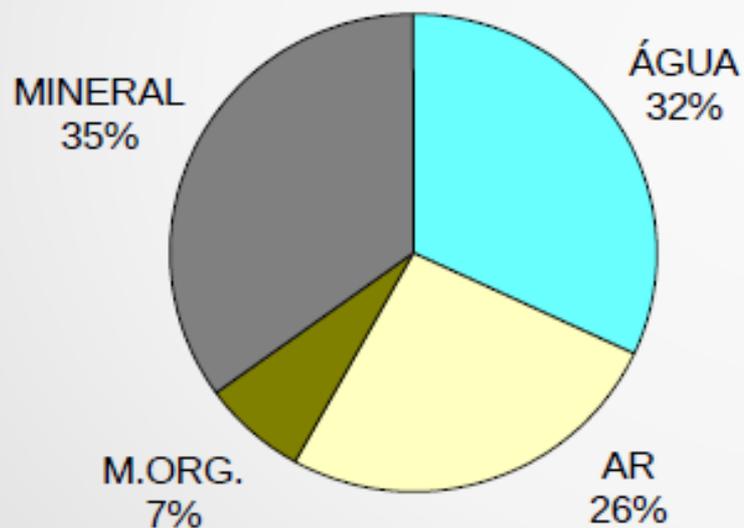
• Quedas de folhas, frutos, galhos, restos de animais, excrementos e outros resíduos;

• Biodegradação da matéria orgânica – húmus (importante na agricultura).

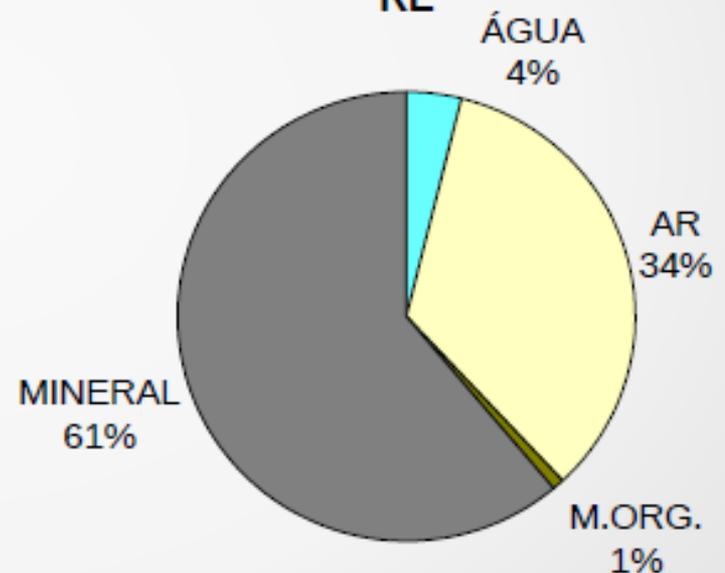
COMPOSIÇÃO VOLUMÉTRICA PARA DIFERENTES SOLOS

Fatores naturais:
Processo de formação
Material de origem

LE



RE



Composição volumétrica de um Latossolo Vermelho Escuro e de um Regossolo

FASE SÓLIDA MINERAL DO SOLO

MINERAIS PRIMÁRIOS (LITOGÊNICOS)

Predominam nas frações grosseiras ($> 2 \text{ mm}$)

Quartzo, Feldspato

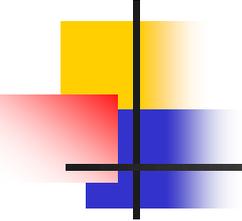
Piroxênios, micas, anfibólios e olivinas

MINERAIS SECUNDÁRIOS (PEDOGÊNICOS)

Predominam na fração argila ($< 2 \mu\text{m}$)

Argilossilicatos (caulinita, vermiculita, esmectitas)

Óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos

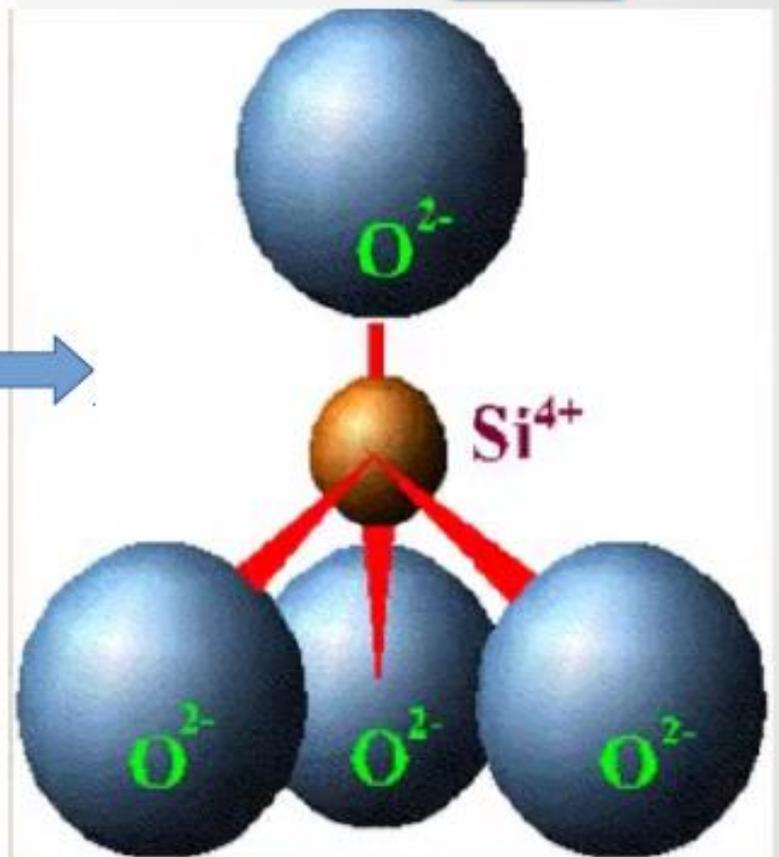
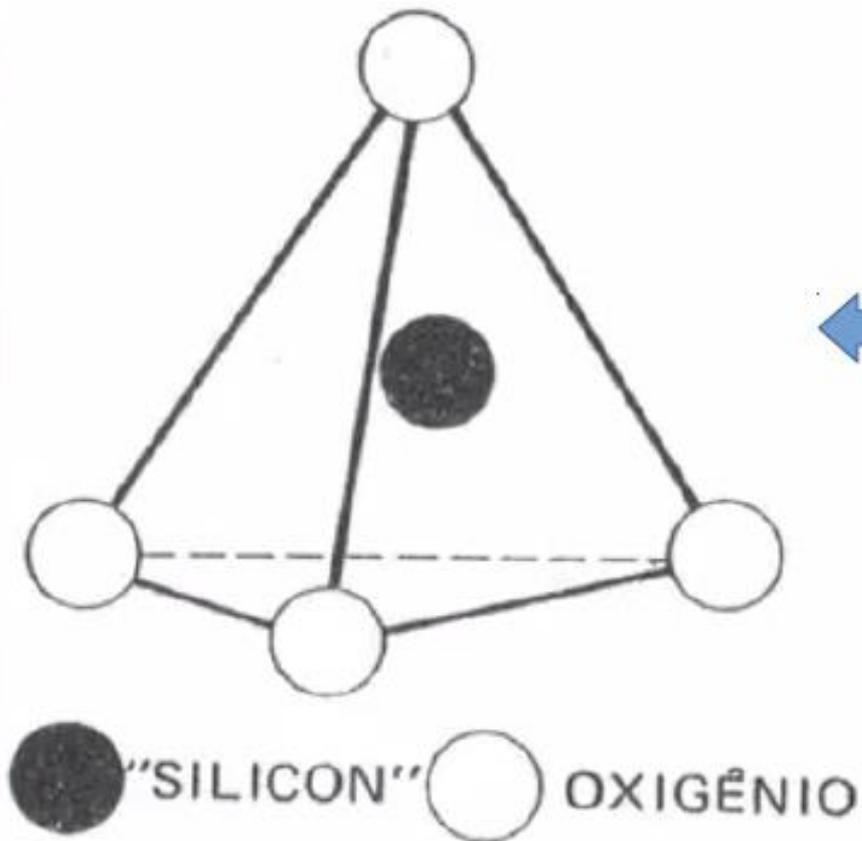


ARGILOMINERAIS

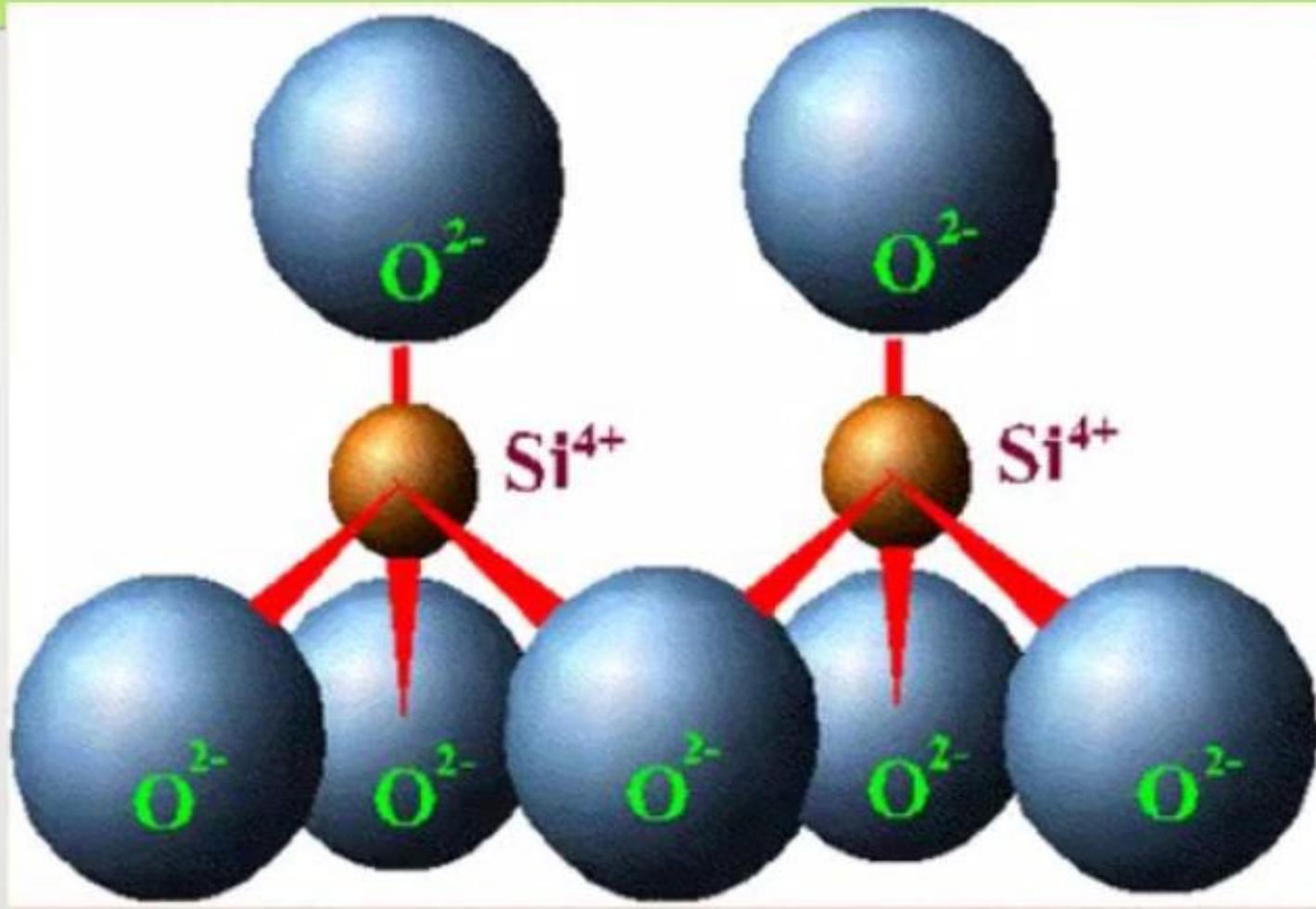
São silicatos formados pela superposição de lâminas tetraedrais e octaedrais que ocorrem predominantemente na fração argila do solo

ESTRUTURA BÁSICA DOS ARGILOMINERAIS

TETRAEDRO DE SILÍCIO

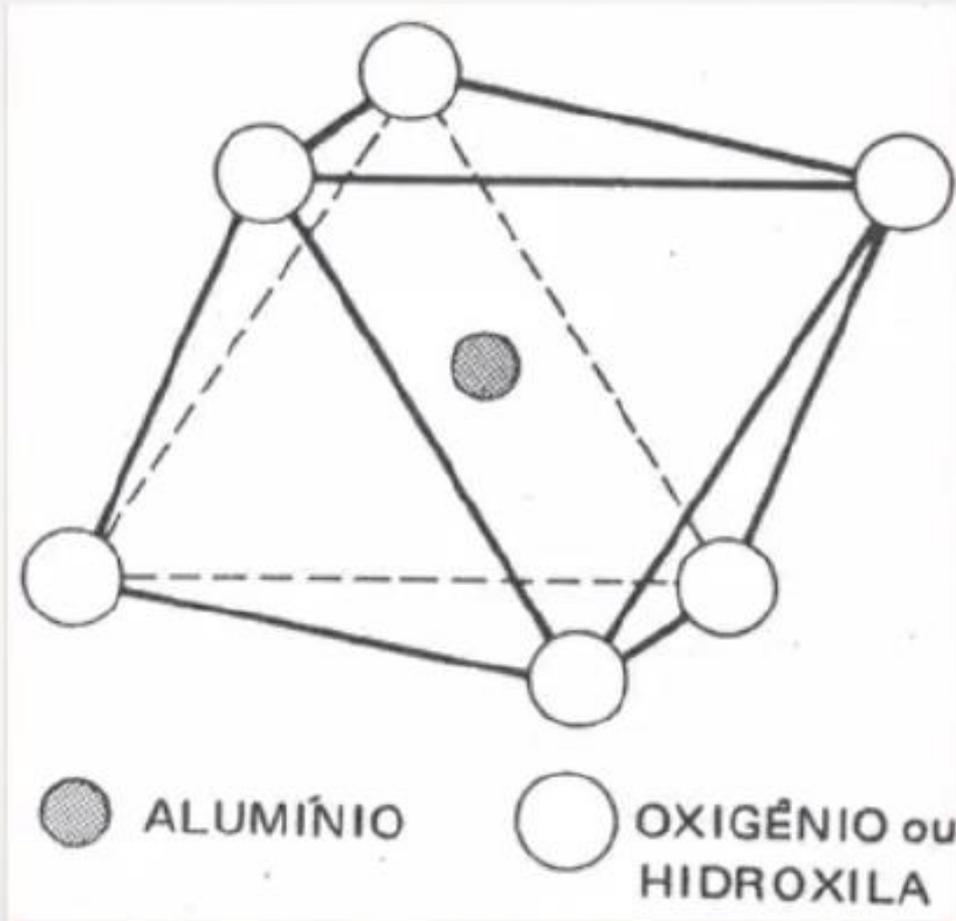


LÂMINA TETRAEDRAL

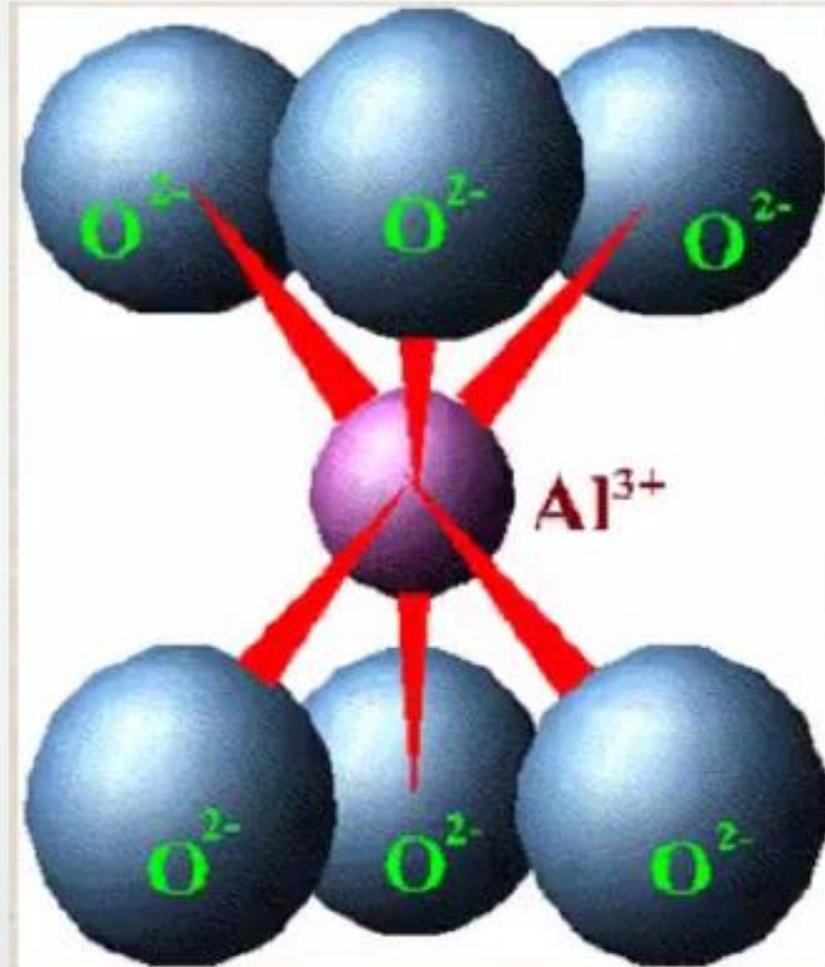


ESTRUTURA BÁSICA DOS ARGILOMINERAIS

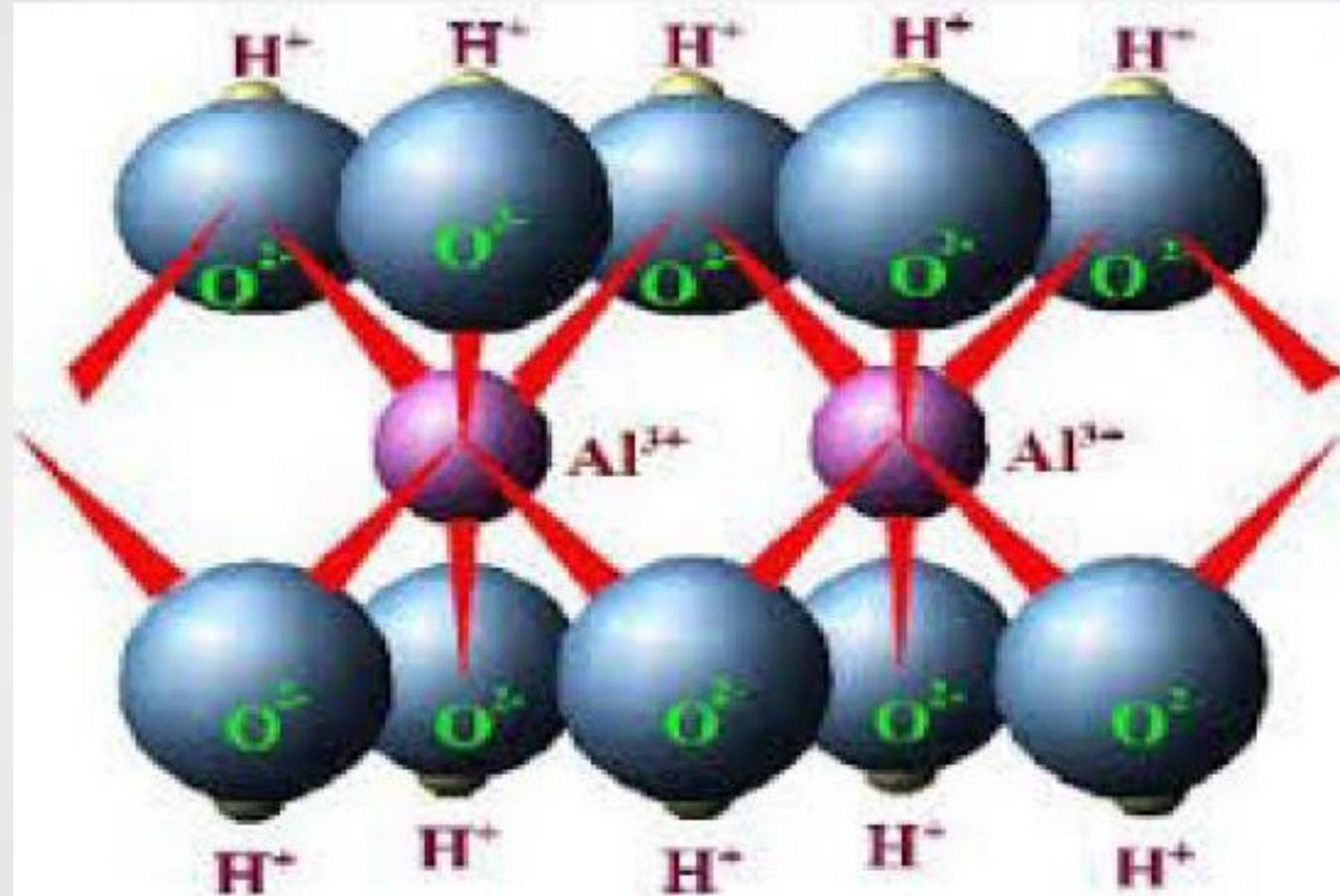
OCTAEDRO DE ALUMÍNIO



ESTRUTURA BÁSICA DOS ARGILOMINERAIS OCTAEDRO DE ALUMÍNIO



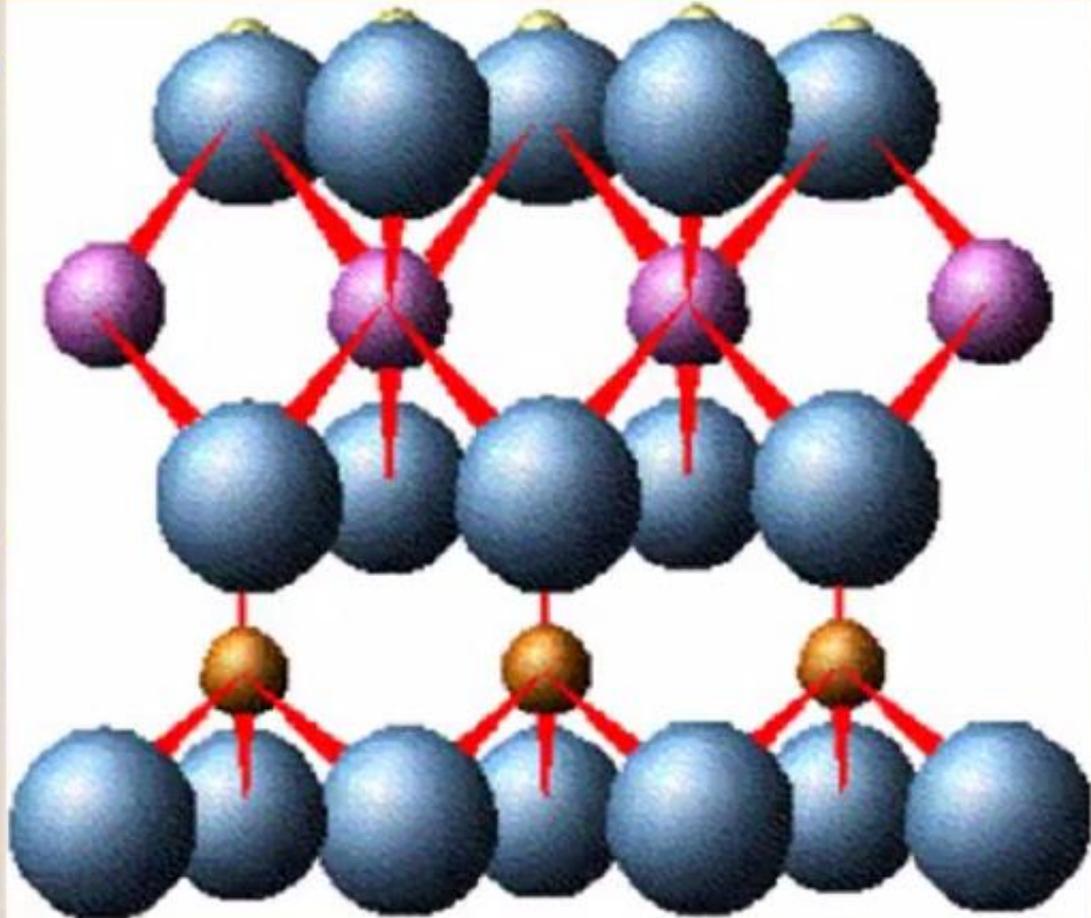
LÂMINA OCTAEDRAL



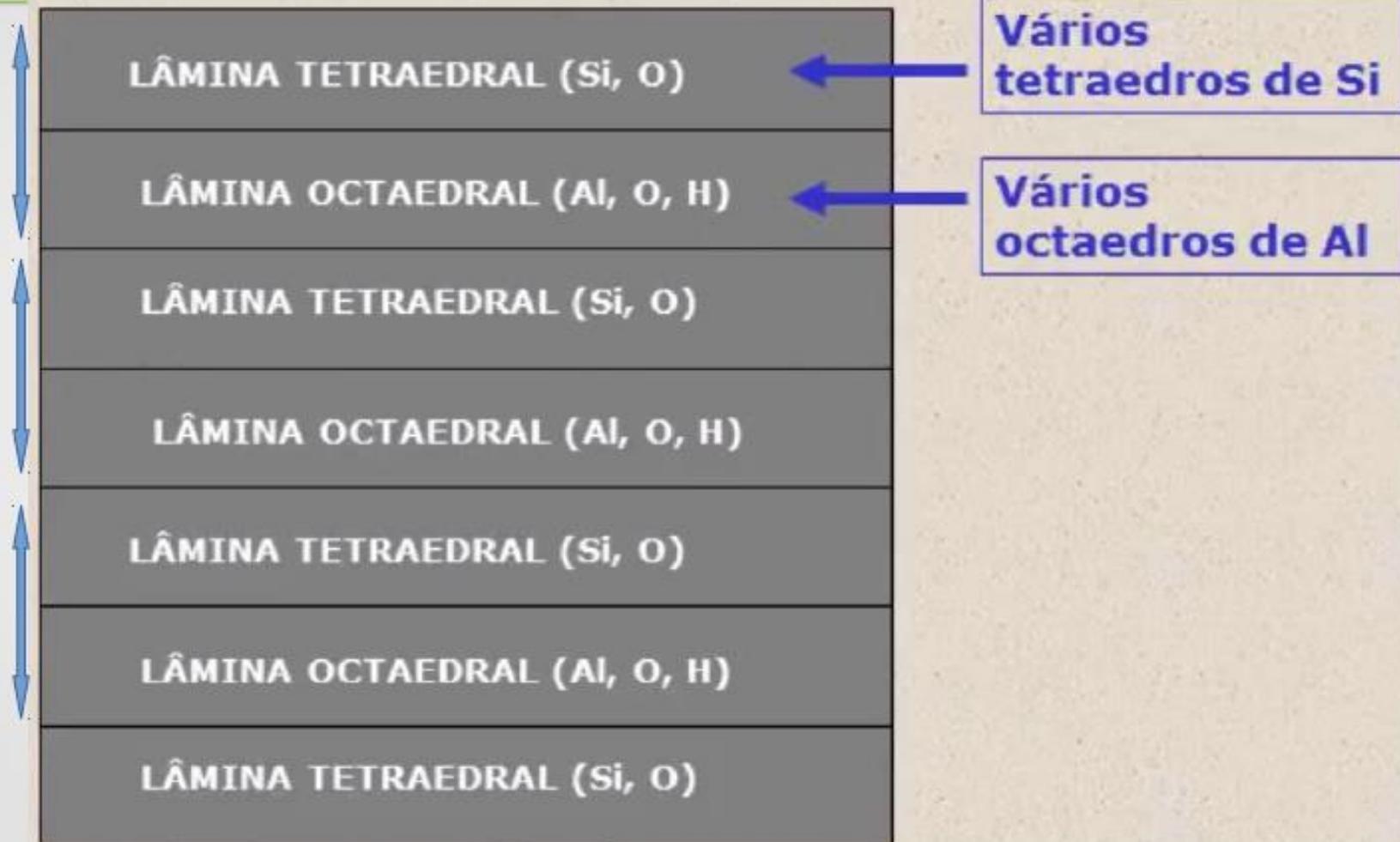
ARGILOMINERAL 1:1

Lâmina octaedral

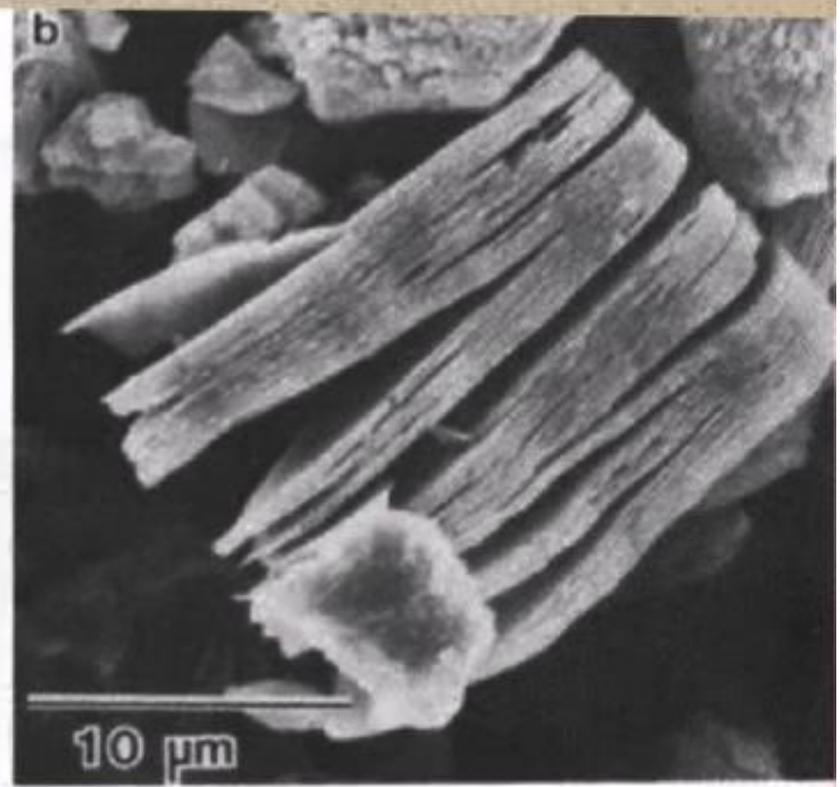
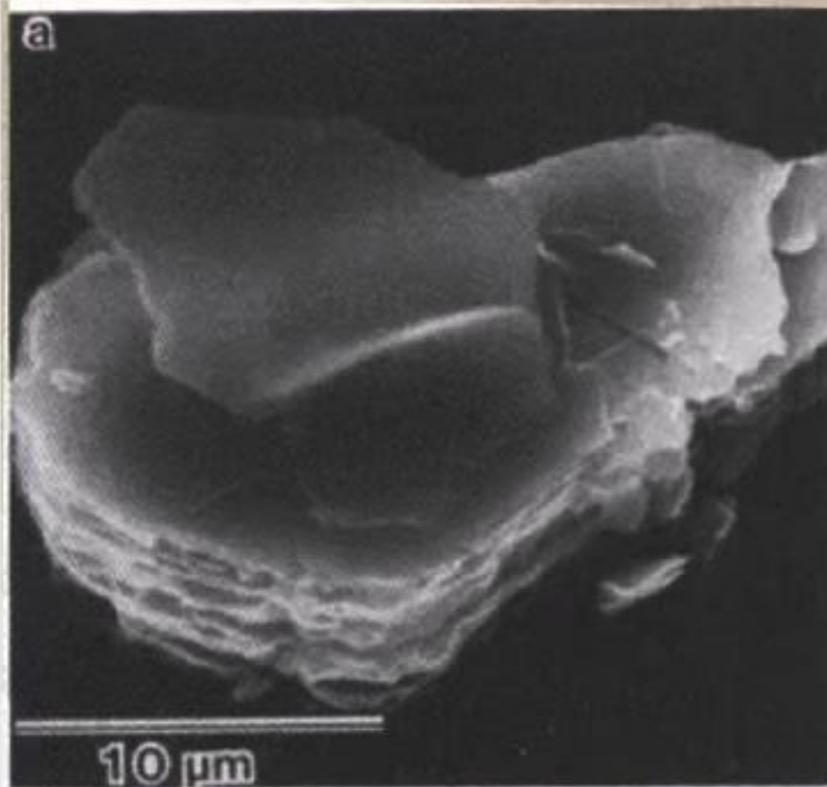
Lâmina tetraedral



REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE ARGILOMINERAL 1:1

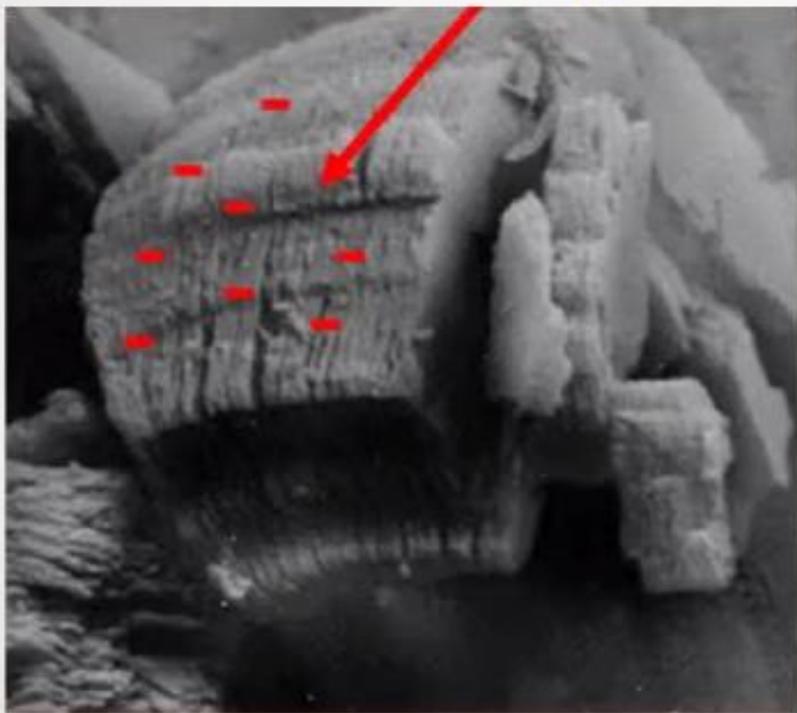


ARGILOMINERAL 1:1 (NÃO EXPANSIVO)
Ex: CAULINITA



CAULINITA SÓ APRESENTA CARGAS NAS SUPERFÍCIES LATERAIS E ARESTAS QUEBRADAS

SUPERFÍCIE LATERAL



Pequena Área Superficial Específica (ASE) :

Até $30 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$

BAIXA CAPACIDADE RETER

- CÁTIONS:
 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ,
- VÁRIOS METAIS PESADOS

ARGILOMINERAIS 2:1

Não expansivos

MICAS
ILITA
CLORITA

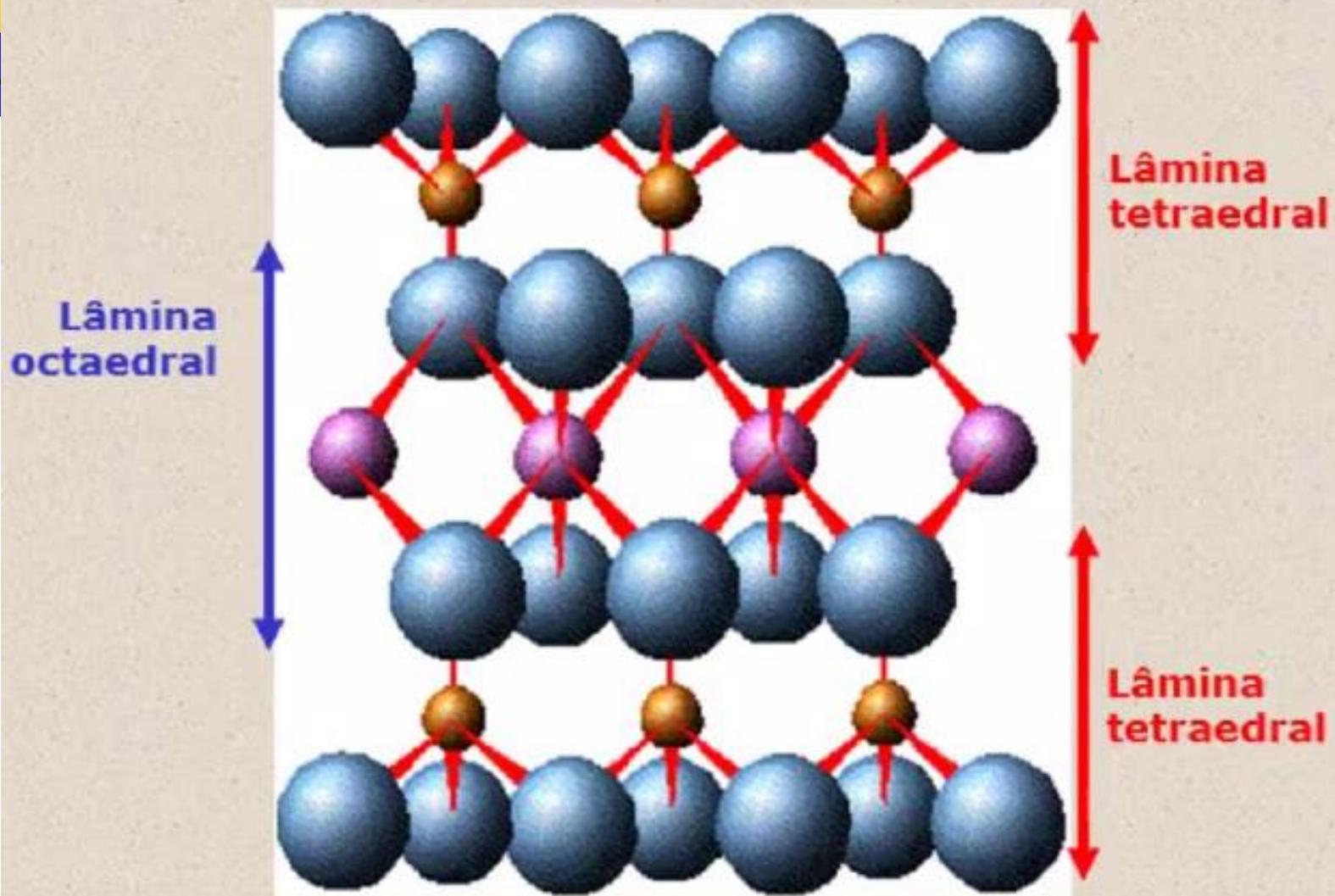
(distância
basal fixa)

Expansivos

VERMICULITAS
ESMECTITAS

(distância basal
variável)

Argilomineral 2:1



Lâmina octaedral

Lâmina tetraedral

Lâmina tetraedral

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE ARGILOMINERAL 2:1

LÂMINA TETRAEDRAL (Si, O)

Vários
tetraedros de Si

LÂMINA OCTAEDRAL (Al, O, H)

Vários
octaedros de Al

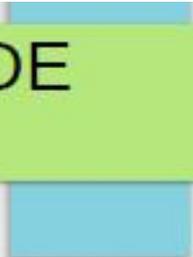
LÂMINA TETRAEDRAL (Si, O)

Vários
tetraedros de Si

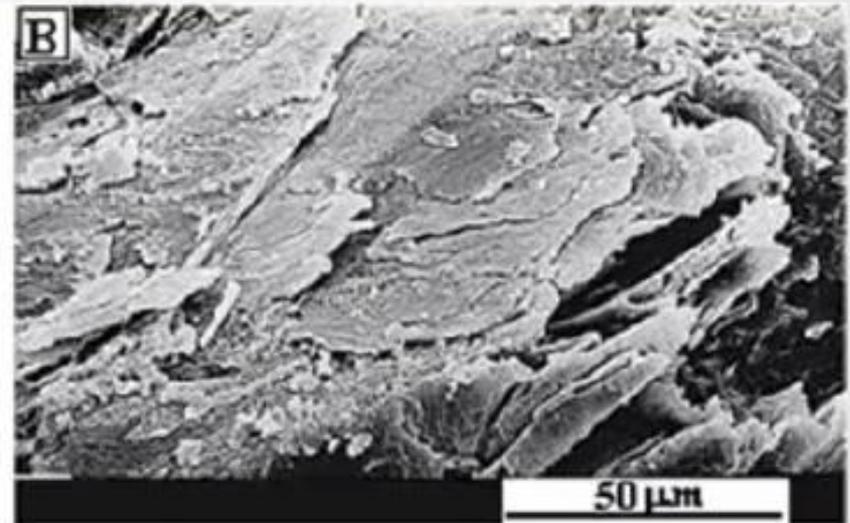
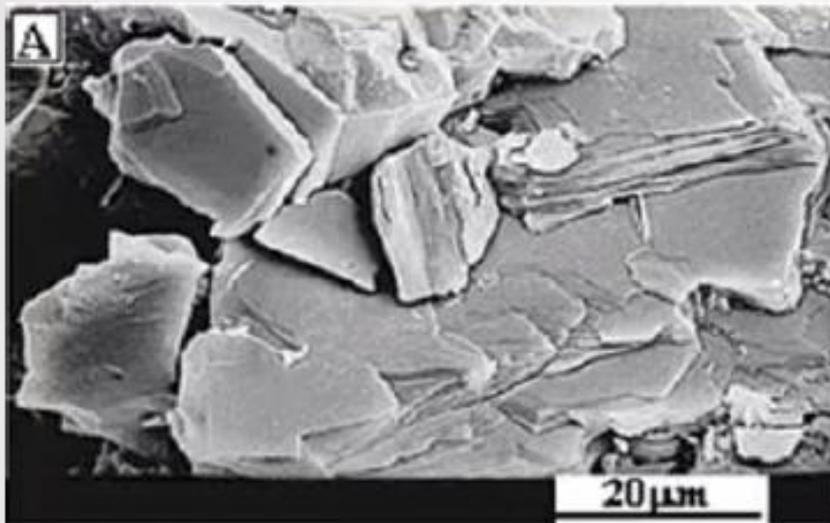
LÂMINA TETRAEDRAL (Si, O)

LÂMINA OCTAEDRAL (Al, O, H)

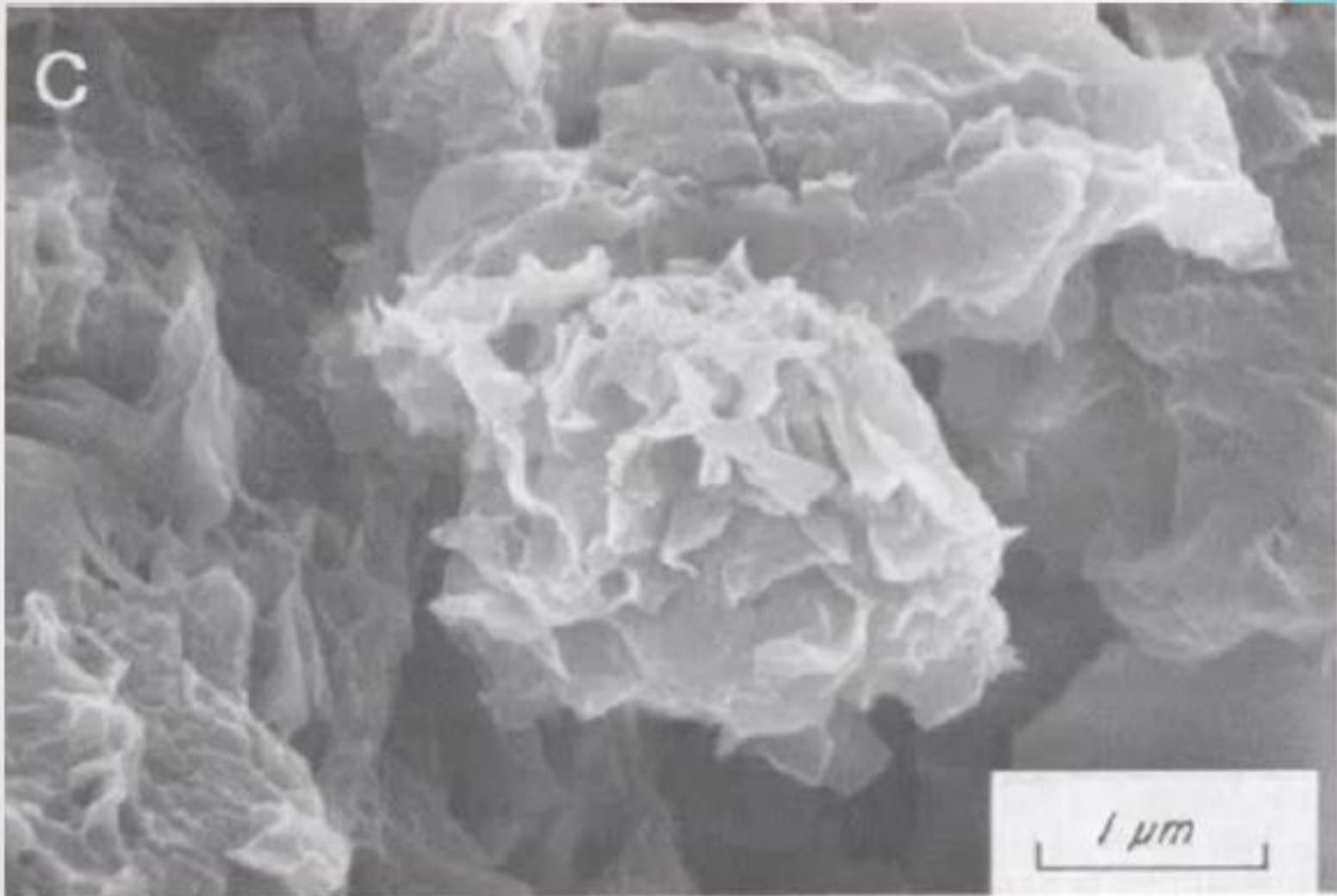
LÂMINA TETRAEDRAL (Si, O)



MICAS:
Argilominerais 2:1 não expansivos



ESMECTITA:
ARGILOMINERAL 2:1 EXPANSIVO



FASE ORGÂNICA DO SOLO

- A Matéria Orgânica

HÚMUS

Material orgânico que dá ao solo sua cor escura (“castanho-amarronzada”)

Constituído por vegetais e animais parcialmente decompostos



Imagem de uma porção de
húmus, retirada do solo

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Funções da Matéria Orgânica no Solo

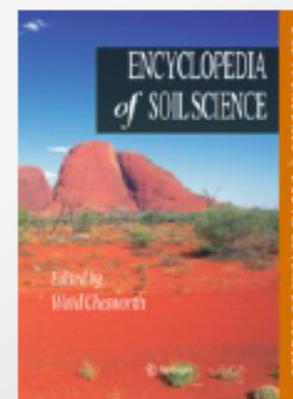


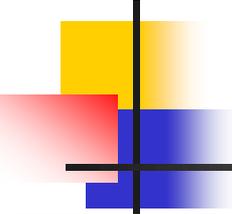
CONCEITOS E CONSTITUINTES DA MOS

Definição:

Todos os derivados de materiais vegetais e animais incorporados ao solo ou dispostos sobre sua superfície, na forma viva ou nos vários estágios de decomposição, mas exclui-se a parte aérea das plantas.

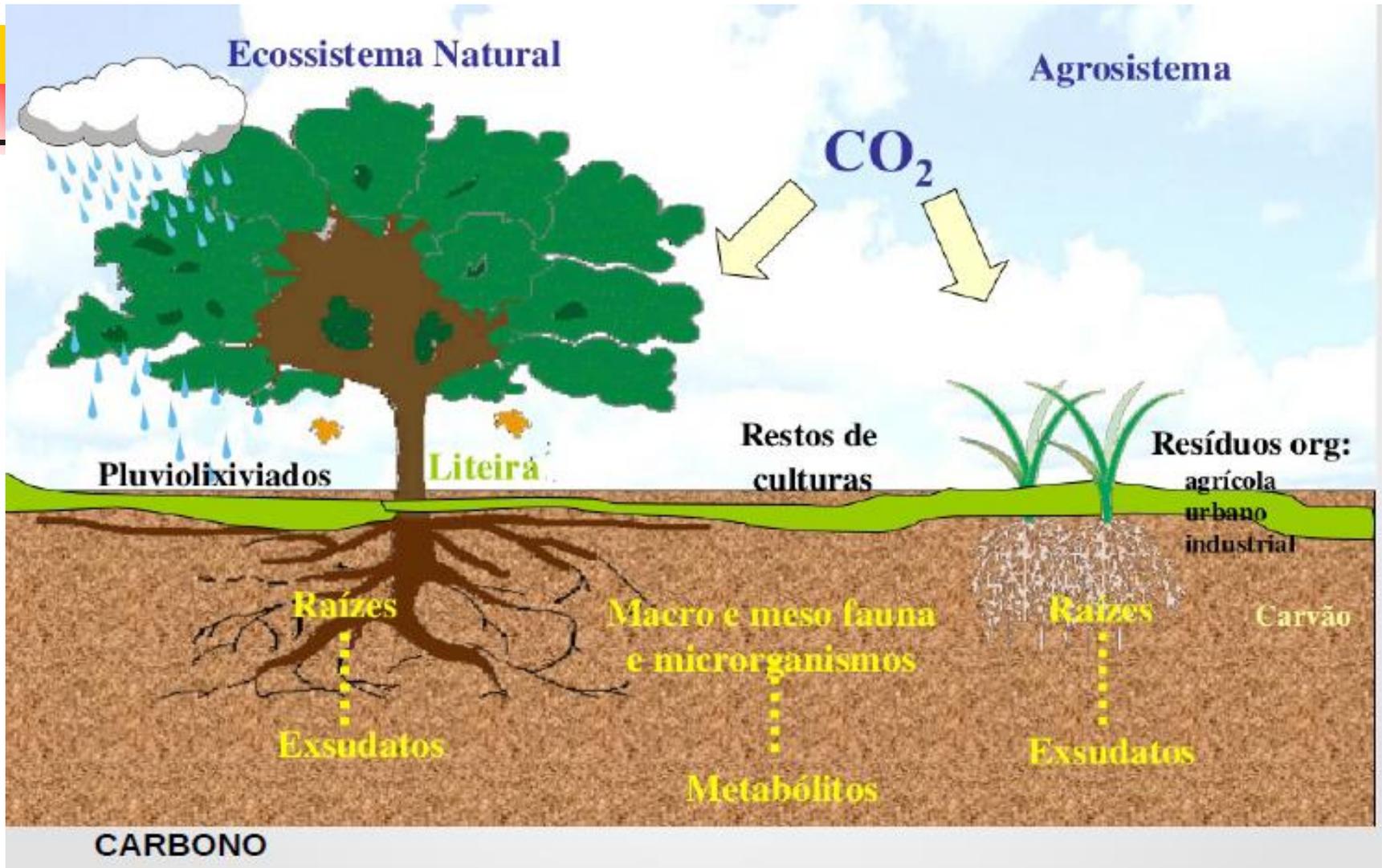
Encyclopedia of Soil Science





CONSTITUINTES

- Pluviolixiviados
- Liteira, restos de culturas e resíduos orgânicos
- Raízes e exsudatos
- Organismos do solo
- Substâncias não-húmicas
- Substâncias húmicas



MOS no fornecimento de nutrientes às plantas superiores

Decomposição da MOS:

(QUEBRA DA MOS)

Formas orgânicas \Rightarrow formas solúveis

Enzimas dos microrganismos

Quebra do material orgânico particulado, geralmente na forma de polímeros, em materiais solúveis que são absorvidos pelas células microbianas

Mineralização da Matéria Orgânica

- *Processo de transformação de substâncias orgânicas de baixo peso molecular em formas inorgânicas.*
- *Última etapa da transformação dos materiais orgânicos no solo a qual ocorre simultaneamente com a imobilização de nutrientes minerais para atender a demanda nutricional da microbiota decompositora*

LIBERAÇÃO/TRANSFORMAÇÃO
Forma orgânica \Rightarrow forma inorgânica

Decomposição do húmus produz
 CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-}

Fonte de nutrientes para o crescimento das plantas
Pode liberar compostos na solução do solo

FASE GASOSA DO SOLO

Apresenta os mesmos constituintes do ar mas com algumas diferenças nas suas proporções

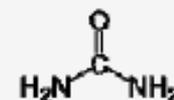
		Componentes (%)		
Ar	O ₂	CO ₂	N ₂	
Atmosférico	21	0,03	72	
No solo	19	0,9	79	

→ Solos BEM AREJADOS garantem bom desenvolvimento radicular

- Solos cinzentos indicam baixa aeração

→ O N₂ é o MAIS IMPORTANTE

- amônio (NH₄⁺)
- uréia
- nitrato (NO₃⁻)



Composição Química do Solo – Fase Gasosa

Presença das formas acessíveis de nitrogênio

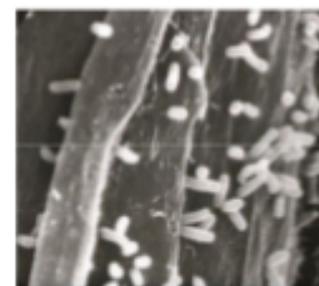


Fertilidade do solo

→ Transformação do nitrogênio orgânico nas formas acessíveis:

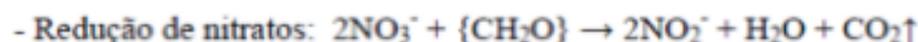
Fixação de nitrogênio

- Natural
- Uma das etapas envolve ação bacteriana
- Pode ser favorecido com o uso de certos cultivares



Bactérias Rhizobium

→ Reações:



A fixação de nitrogênio influencia o equilíbrio entre os ciclos biogeoquímicos

→ O N₂ fixado pode retornar à atmosfera: **desnitrificação**

Reação:

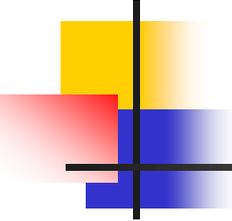


A atmosfera recebe continuamente N₂ tanto da hidrosfera quanto da litosfera, proveniente da decomposição da matéria orgânica



O uso de fertilizantes aumenta o aporte de N₂ do solos para a atmosfera

Propriedades físico-químicas do solo



- Menor partícula – maior reatividade;
- Fração reativa ou coloidal do solo (argila e matéria orgânica)
 - Parte inativa (partículas $>0,002$ mm) – cascalhos, pedras, areia e silte;
 - Parte ativa (partículas $<0,002$ mm) – argila e matéria orgânica (humus);
- Partículas coloidais
 - Grande área específica: área/peso
 - Cargas elétricas: cargas negativas predominantes

Propriedades físico-químicas do solo

FASE SÓLIDA \Leftrightarrow FASE LÍQUIDA

Sorção: diversos mecanismos de retenção de íons e moléculas pela fase sólida

Adsorção: acumulação de um elemento ou substância na interface entre a superfície sólida e a solução adjacente

Dessorção: liberação de um elemento retido pela fase sólida para a solução

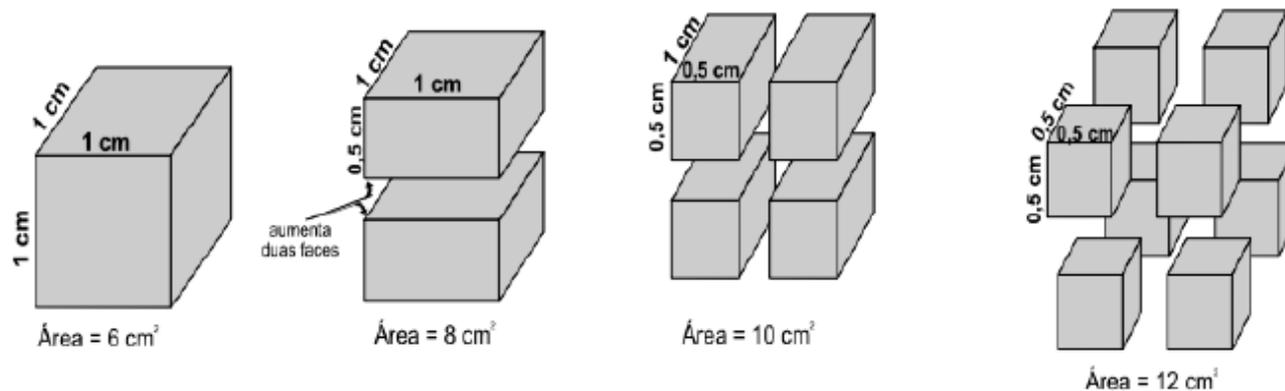


Propriedades físico-químicas do solo

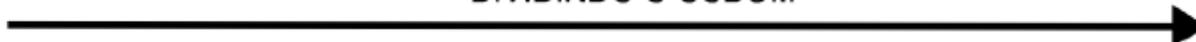
ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA

A área superficial específica (ASE) é a medida da área da superfície das partículas por unidade de peso ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$).

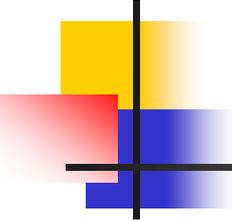
A ASE de uma massa de partículas aumenta proporcionalmente com a diminuição do diâmetro dela.



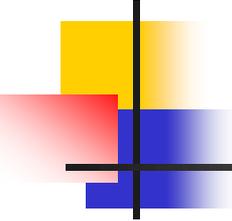
DIVIDINDO O CUBO...



Propriedades físico-químicas do solo



- Fração ativa – propriedades para fertilidade
 - Fonte de nutrientes;
 - Sede de reatividade do solo: reações do solo e troca iônica
- Materiais trocadores de íons
 - Fração argilosa
 - Argilas 1:1 e 2:1: argilas silicatadas (+ Si)
 - Óxidos de Fe e Al (- Si): argila 0:1
 - Fração orgânica: humus

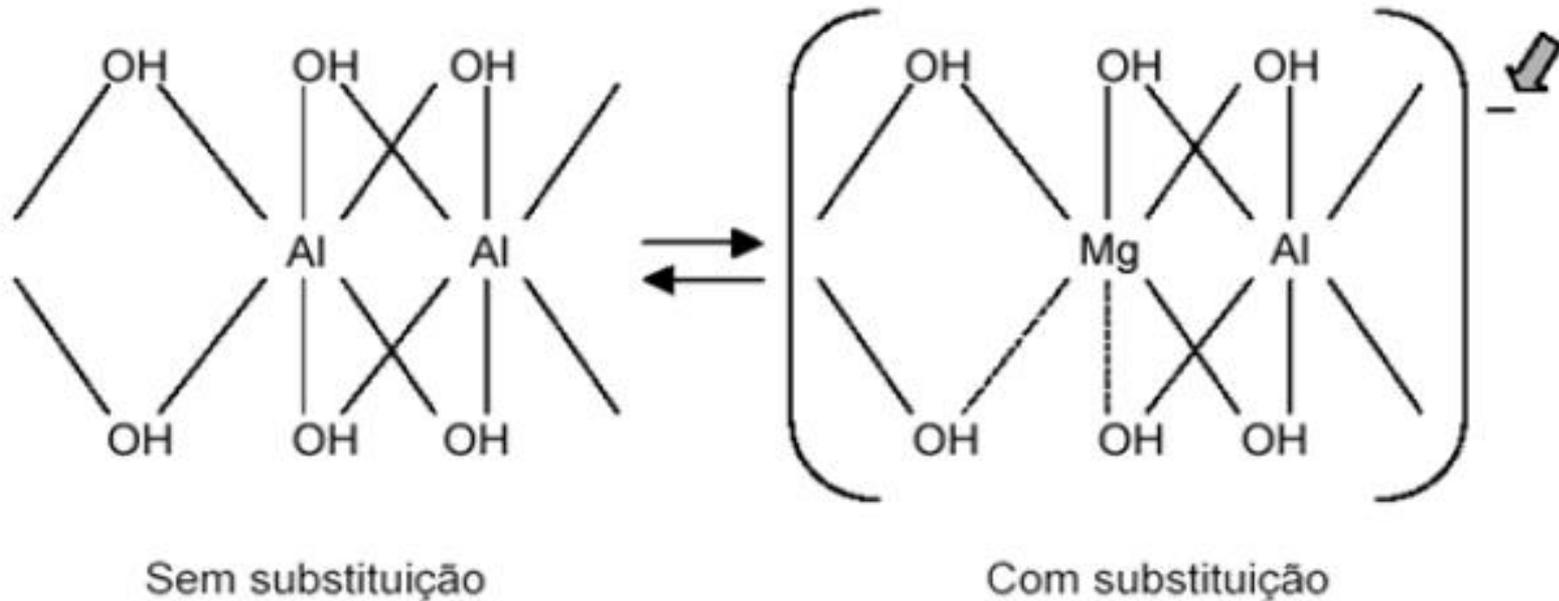


Propriedades físico-químicas do solo

■ Cargas elétricas do solo

- Cargas negativas;
- Solos altamente interperizados – presença de óxidos de Al e Fe (pH mais ácido – podem apresentar carga positiva);
- Argilas 2:1 – cargas negativas sempre;
- Argilas 1:1 – menos cargas que 2:1
- Argilas 0:1 – cargas negativas dependem do pH (acima do ponto de carga zero);
- Matéria orgânica – maior gerador de cargas negativas.

Propriedades físico-químicas do solo



Propriedades físico-químicas do solo

■ Cargas elétricas do solo

- Ponto de carga zero: pH em que a carga é nula na superfície do colóide

0	2	4	6	8	10 (pH)	Colóides	PCZ
+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	-----	Óxidos amorfos	8,3
+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	-----	Goetita (FeOOH)	6,7
+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	-----	Hematita (Fe ₂ O ₃)	5,4
+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	-----	Gibbsita (AlOH ₃)	5,0
+++++	+++++	-----	-----	-----	-----	Minerais de argila	<2,5
+++++	-----	-----	-----	-----	-----	Húmus	<2,0

Propriedades físico-químicas do solo

Constituinte	PCZ
α -Al ₂ O ₃	9,1
α -Al(OH) ₃	5,0
γ -AlOOH	8,2
CuO	9,5
Fe ₃ O ₄	6,5
α -FeOOH	7,8
α -Fe ₂ O ₃	6,7
Fe(OH) ₃ amorfo	8,5
δ -MnO ₂	2,8
β -MnO ₂	7,2
SiO ₂	2,0
ZrSiO ₄	5,0
Feldspatos	2,0-2,4
Caulinita	4,6
Montmorilonita	2,5
Albita	2,0

QUAL A CARGA DO
CONSTITUINTE QUANDO:

1) O pH ESTÁ ACIMA DO
PCZ?

2) O pH ESTÁ ABAIXO DO
PCZ?

Propriedades físico-químicas do solo

PCZ = valor de pH em que \sum de cargas (+) = \sum de cargas (-)

pH da solução do solo > PCZ do material = cargas negativas (comum em solos tropicais).

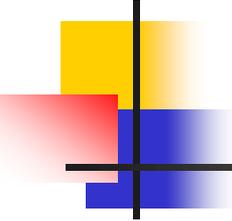
Atuam com trocadores de cátions.

pH da solução do solo < PCZ do material = cargas positivas.

Solos com > [óxidos e hidróxidos de Fe e Al],
PCZ são próximos da faixa de pH solos cultivados (4,0 a 6,0),

Podem atuar como trocadores de ânion e de cátions (sítios de sorção de herbicidas aniônicos).

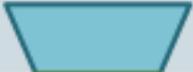
Propriedades físico-químicas do solo



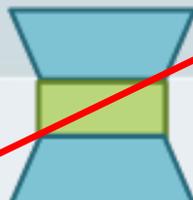
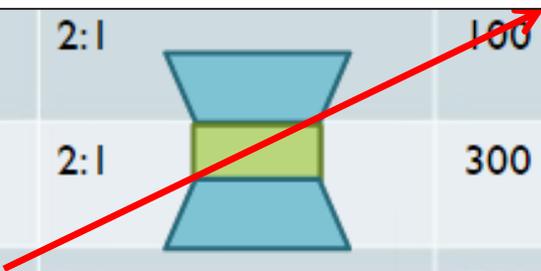
■ Cargas elétricas do solo

- Capacidade de troca catiônica (CTC): retenção de cátions na fase sólida numa forma trocável com outros cátions da solução (neutralização das cargas negativas);
- Rápido, reversível e estequiométrico;
- Cátions: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ (bases) e H^+ e Al^{3+} (ácidos);
- Maior teor de argila – maior CTC;
- Maior teor de matéria orgânica – maior CTC.

Propriedades físico-químicas do solo

	Estrutura	Área específica m^2/g	Capacidade de Troca (T) $cmol_c dm^{-3}$
Caolinita	1:1 	50 – 20	3 - 15
Haloisita	1:1 	-	5 – 50
Ilita	2:1 	100 – 200	10 – 40
Vermiculita	2:1 	300 – 500	100 – 150
Montmorilonita	2:1	700 – 800	80 – 150
Silte	variável	<1	Muito pequena
Areia		<0,1	

Propriedades físico-químicas do solo

	Estrutura	Área específica m^2/g	Capacidade de Troca (T) $cmol_c dm^{-3}$		
Caolinita			<p>Grande capacidade de expansão e contração; Grande superfície específica; Grande capacidade de adsorver cátion Regiões clima temperado – menos interperizados</p>		
Haloisita				100 – 200	10 – 40
Illita				300 – 500	100 – 150
Montmorilonita	2:1	700 – 800	80 – 150		
Silte	variável	<1	Muito pequena		
Areia		<0,1			

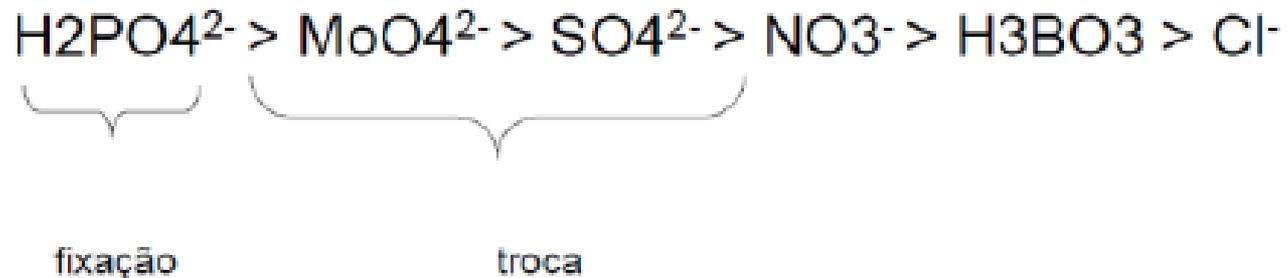
Propriedades físico-químicas do solo

	Estrutura	Área específica m^2/g	Capacidade de Troca (T) $cmol_c dm^{-3}$
Caolinita	1:1 	50 – 20	3 - 15
Haloisita	1:1 	-	5 – 50
Ilita	2:1 	100 – 200	10 – 40
Vermiculita	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Tamanho grande Baixa superfície específica Cargas negativas menores que argilas 2:1 Clima tropical – estágio avançado de interperismo</p> </div>		
Montmorilo			
Silte	variável	<1	Muito pequena
Areia		<0,1	

Propriedades físico-químicas do solo

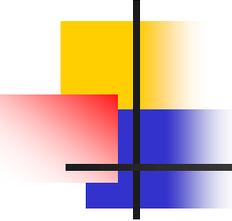
■ Cargas elétricas do solo

- Capacidade de troca aniônica (CTA): retenção de ânions na fase sólida numa forma trocável com outros ânions da solução;
- Ânions trocáveis





PARTE II – POLUIÇÃO DO SOLO OCORRÊNCIA E CONTROLE



Referências

- ALCÂNTARA, M. A. K. **Meio Terrestre**. Apostila da Disciplina LOB1046 – Engenharia do Meio Ambiente. Escola de Engenharia de Lorena - USP. Departamento de Ciências Básicas e Ambientais. Lorena, 2017.
- BRAGA B. et.al. **Introdução à engenharia ambiental** – O desafio do desenvolvimento sustentável. 2a. Ed., Pearson Prentice Hall, 2007.