

Disciplina:  
Mecânica dos Solos I

Docente:

Samuel Gadelha  
Guimarães



## AULA 2: ESTRUTURA DO SOLO

Os solos são formados a partir do intemperismo das rochas.

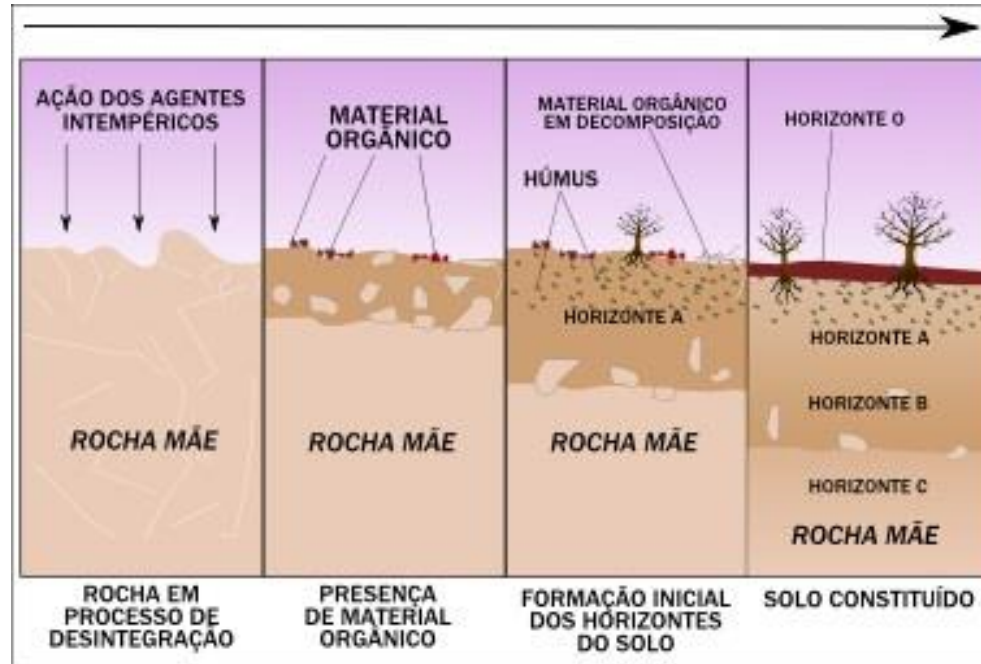
Suas propriedades são determinadas pelos minerais que constituem sua partículas sólidas provenientes das rochas de origem.





# 1 – INTRODUÇÃO

O material de origem é constituído por minerais com diferentes graus de **suscetibilidade** ao processo de **intemperismo**.



As partículas resultantes da desagregação de rochas dependem da composição da **rocha matriz!**

Quanto maior o grau de intemperismo e do tempo agindo, menos o solo final terá características equivalentes (**preservadas**) com a rocha matriz e mais refinado (**finos**) as partículas se encontram.

# 1 – INTRODUÇÃO



A primeira característica que diferencia os solos: **tamanho das partículas** que o compõem. O tamanho varia muito e quantidade de partículas de cada faixa de tamanho observado também varia bastante.

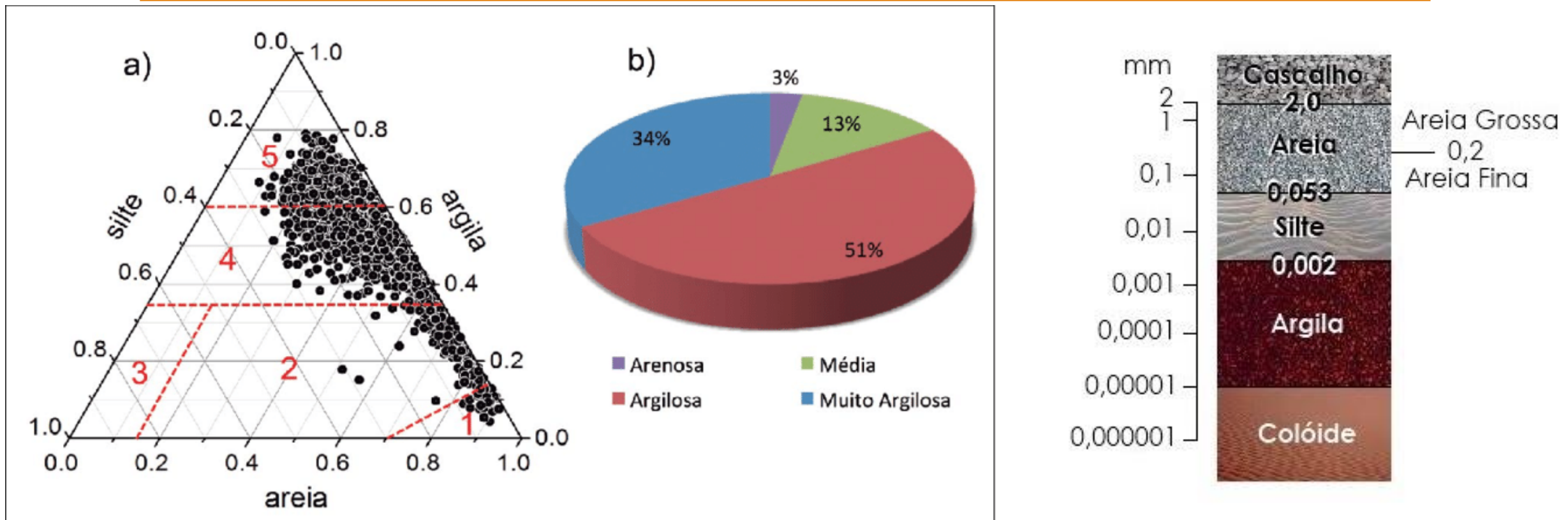
Fatores relevantes na composição do solo: a **densidade, a porosidade, a consistência e a relação com a água.**

Solos homogêneos são as exceções na natureza!

**Solos grossos podem ser vistos a olho nu e solos finos não.**



# 1 – INTRODUÇÃO



O solo recebe uma denominação (classificação) **dependendo do tamanho predominante das partículas**. De acordo com o tamanho, os solos são classificados em: pedregulho, areia, silte e argila.



# 1 – INTRODUÇÃO

Diversas organizações no mundo desenvolveram **faixas de classificação granulométricas**. O solo recebe uma denominação (classificação) dependendo do tamanho predominante das partículas.



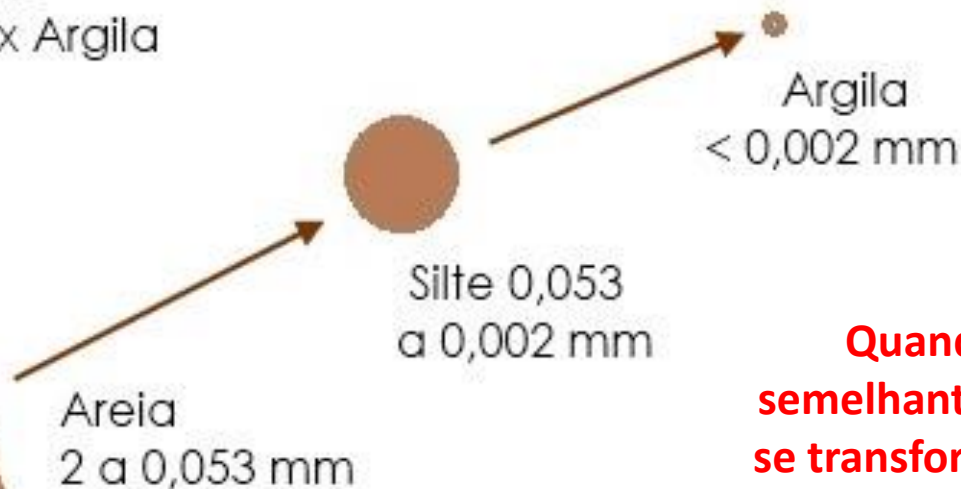
Fração	Limites
Matacão	25 cm – 1,0 m
Pedra de mão	7,6 cm – 25cm
Pedregulho	4,8 mm – 7,6 cm
Areia grossa	2,0 mm – 4,8 mm
Areia média	0,42mm – 2,0 mm
Areia fina	0,05mm – 0,42 mm
Silte	0,002 mm – 0,05 mm
Argila	Inferior a 0,002 mm

Os limites variam conforme os sistemas de classificação adotados.

# 1 – INTRODUÇÃO

As partículas de areia podem ter dimensões em torno de 1 a 2 mm e as de argila podem ter dimensões de até 10 Angstrons (0,000001 mm). Se uma partícula de argila fosse ampliada a ficar com o tamanho de uma folha de papel, o grão de areia de 2mm, ficaria com dimensões de 200 m.

Proporção  
Areia x Silte x Argila



Além da identificação **visual** (grossos e finos), é possível identificar através do **tato**.

Não é fácil, pois os solos são heterogêneos. Exemplo: um grão de areia pode estar envolto com uma grande quantidade de partículas argilosas.

**Quando secas, as duas formações são muito semelhantes. Quando úmida, a aglomeração argilosa se transforma numa pasta fina, enquanto a arenosa é facilmente reconhecida pelo tato.**

## 2 – CONSTITUIÇÃO MINERALÓGICA

Alguns solos são constituídos frequentemente de **aglomerações** de materiais distintos, mas é mais comum que as partículas sejam constituídas de um **único material**.

Pedaços de Rochas com algumas partículas de quartzo, feldspato e outros minerais



Pedregulho

Constituídas principalmente por quartzo e feldspatos, mas outros grãos minerais também podem estar presentes.



Areias

São frações de solos microscópicas que consistem em grãos de quartzo bem refinados e alguns fragmentos de minerais micáceos (partículas lamelares).



Siltes

Formadas principalmente por partículas lamelares microscópicas e submicroscópicas de mica, argilominerais e outros componentes.



Argilas



## 2 – CONSTITUIÇÃO MINERALÓGICA

---

Quanto a composição química dos principais minerais, os solos agrupam-se em:



Silicatos: feldspato, mica, quartzo, serpentina, clorita, talco;



Óxidos: hematita, magnetita, limonita;



Carbonatos: calcita, dolomita;



Sulfatos: gesso, anidrita.

## 2 – CONSTITUIÇÃO MINERALÓGICA



Mineral	Características
Quartzo	Presente na maioria das rochas, é bastante resistente à desagregação e forma grãos de silte e areia. Sua composição é simples, $\text{SiO}_2$ , as partículas são equipotenciais, como cubos ou esferas, e apresenta baixa atividade superficial.
Feldspato	Podem ser encontrados como areia e silte. Silicatos duplos de Al e de um metal alcalino ou alcalino terroso (K, Na ou Ca). São translúcidos ou opacos e podem apresentar cristais mistos de três componentes: feldspato potássio, sódico e calcico. São os minerais mais atacados, dando origem aos argilosminerais, que constituem a fração mais fina dos solos, geralmente inferior a 2mm. Devido sua composição e textura, possuem comportamento diferenciado, em relação as areias e siltes.
Mica	Podem ser encontrados como areia e silte. Geralmente ortossilicatos de Al, Mg, K, Na ou Li. Trata-se de um grupo de minerais caracterizados por uma ótima clivagem laminar e boa elasticidade. Distinguem-se 2 variedades principais: Muscovita e Biotita.
Calcita	Podem ser encontrados como areia e silte. Pertence ao grupo dos carbonatos. Sua composição é $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

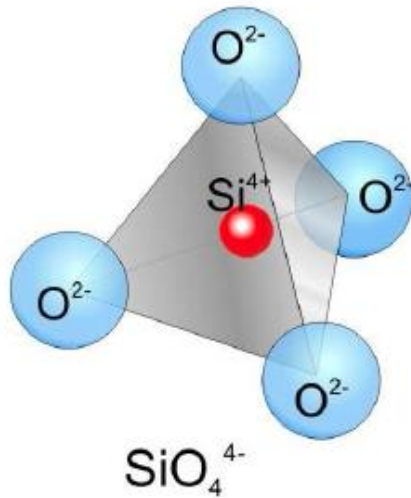
## 2.1 – Argilominerais

---

São silicatos de alumínio complexos compostos por:

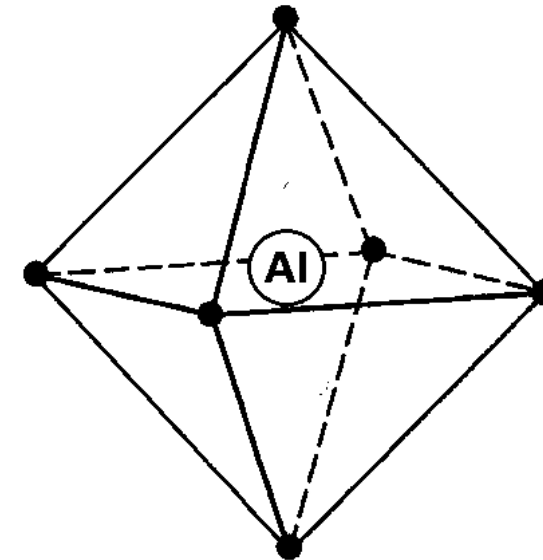
### Estrutura Tetraédrica (tetraedro de sílica)

Átomos de silício ligados a quatro átomos de oxigênio.



### Estrutura Octaédrica (octaedro de alumina)

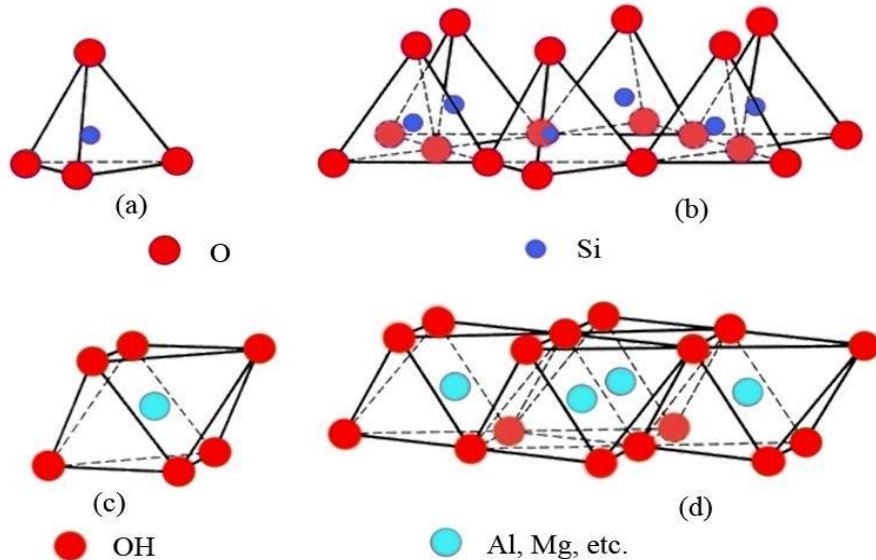
Átomos de alumínio circundados por oxigênio ou hidroxilas.





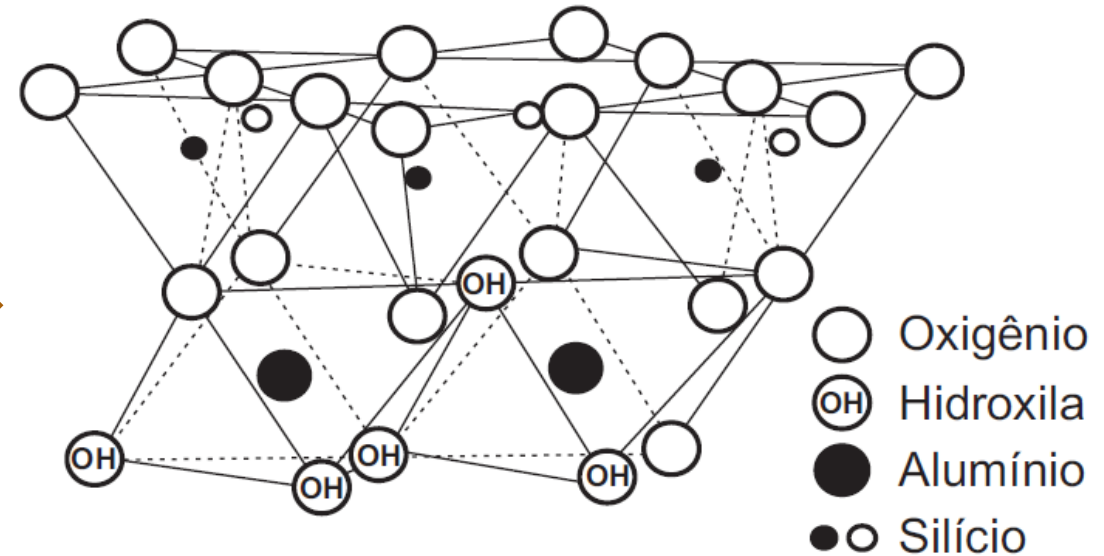
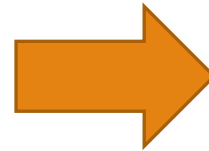
## 2.1 – Argilominerais

Apesar da aparência amorfa, as argilas são constituídas de pequeníssimos minerais cristalinos. A associação desses elementos entre si forma as diversas espécies de minerais argílicos.



### Caulinitas

- Estrutura 1T:1O
- Firmemente empacotadas
- Ligações de hidrogênio
- Impedem a entrada de moléculas de água;

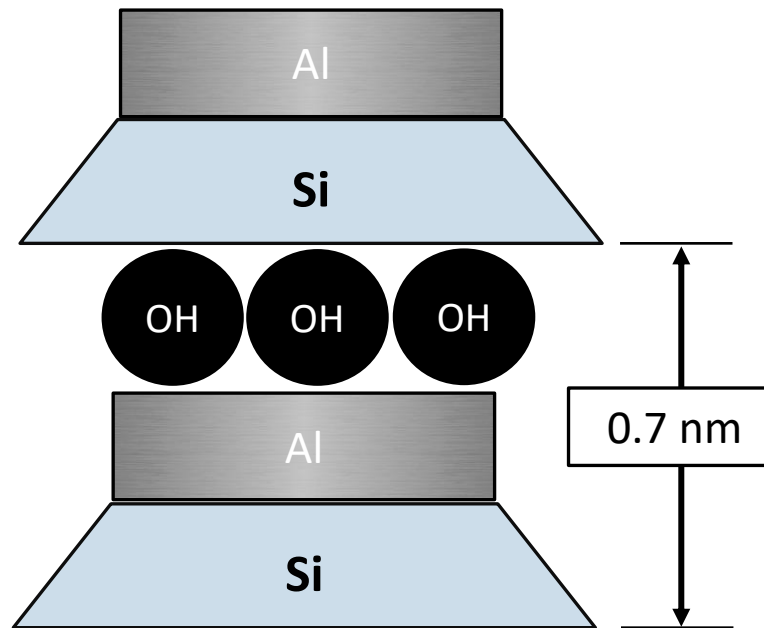


### Ilitas e Montmorilonitas

- Estrutura 2T:1O
- Ligações mais fracas
- Maior superfície específica
- Substituições Isomórficas

## 2.1 – Argilominerais

**Caulinitas:** São formadas por unidades de Silício e Alumínio que unem alternadamente, conferindo-lhes uma estrutura rígida. Em consequência, são relativamente estáveis em presença de água.



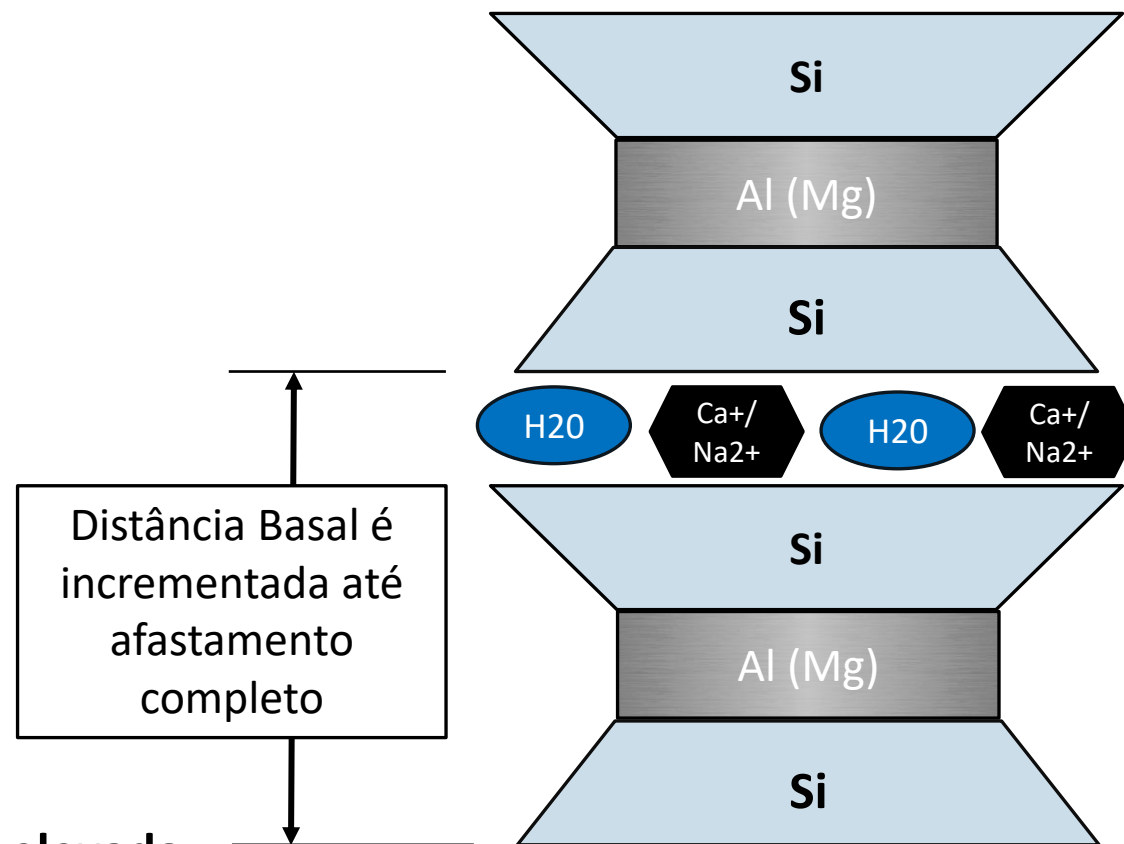
As caulinitas são compostas por fortes ligações entre as estruturas, formando **grãos maiores**, com menor superfície específica, **menos plasticidade** e baixa compressibilidade.

## 2.1 – Argilominerais

**Montmorilonitas:** São estruturalmente formadas por uma unidade de Alumínio entre duas unidades de Silício.

A ligação entre essas unidades, não sendo suficientemente firme para impedir a passagem de moléculas de água, torna as argilas montmoriloníticas muito **expansivas e, portanto, instáveis em presença de água.**

Este fato possibilita às montmorilonitas características de **elevada plasticidade e compressibilidade**, assim como alta superfície específica, aproximadamente 100 vezes maior que a caulinita.

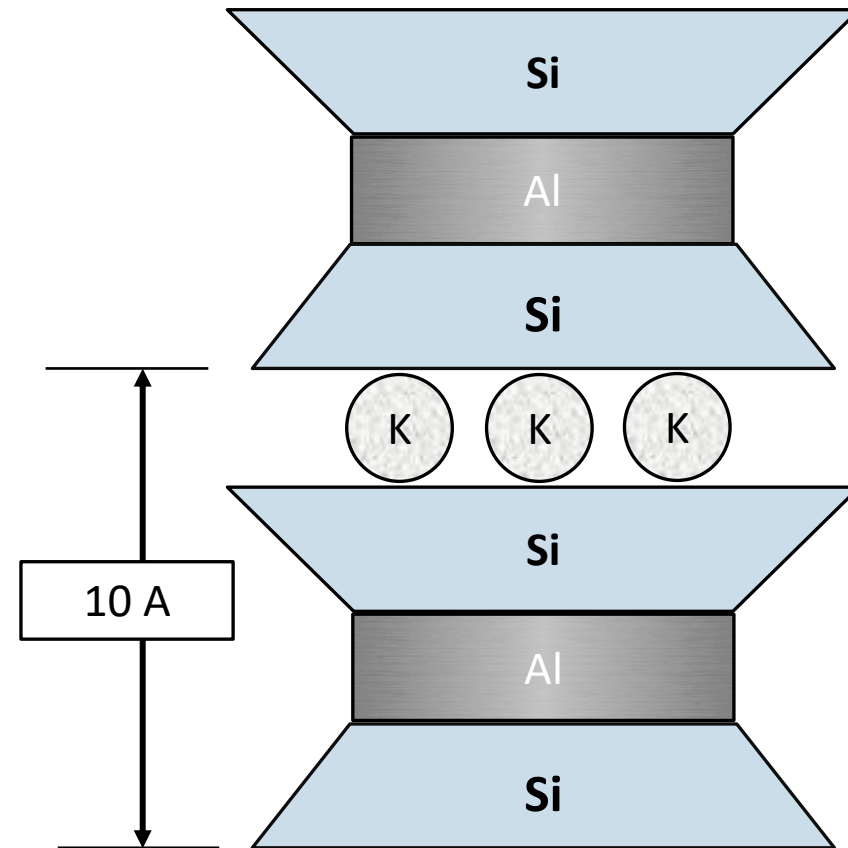




## 2.1 – Argilominerais

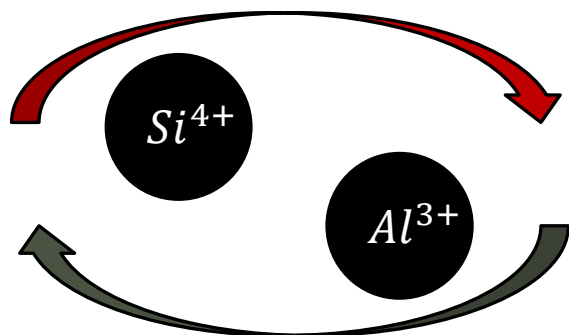
**Ilitas:** As ILITAS são estruturalmente análogas às Montmorilonitas, **sendo menos expansivas.**

As ilitas possuem características intermediárias entre as caulinitas e as motmorilonitas.



## 2.1 – Argilominerais

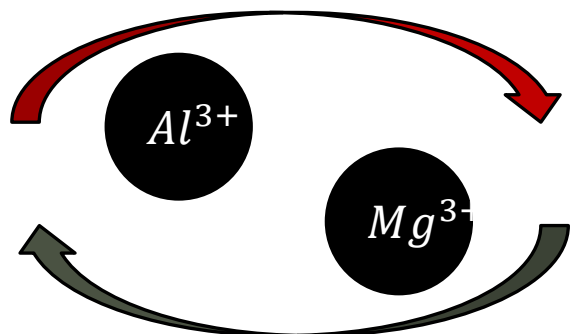
O comportamento das argilas seria menos complexo se não ocorressem imperfeições na sua composição mineralógica.



### Substituições Isomórficas

Embora não alterem o arranjo entre os átomos deixam as partículas com cargas negativas.

Para neutralizar as cargas negativas, existem **cátions livres no solo** (mas não impedem a entrada de água entre as camadas).



A liberdade de movimento das placas explica a elevada capacidade de absorção de água de certas argilas, sua expansão em contato com a água e **sua contração considerável** ao secar.

O tipo de íons presentes numa argila condiciona o seu comportamento.

## 2.2 – Superfície Específica

É a soma das superfícies de todas as partículas contidas na unidade de volume (ou peso) do solo.

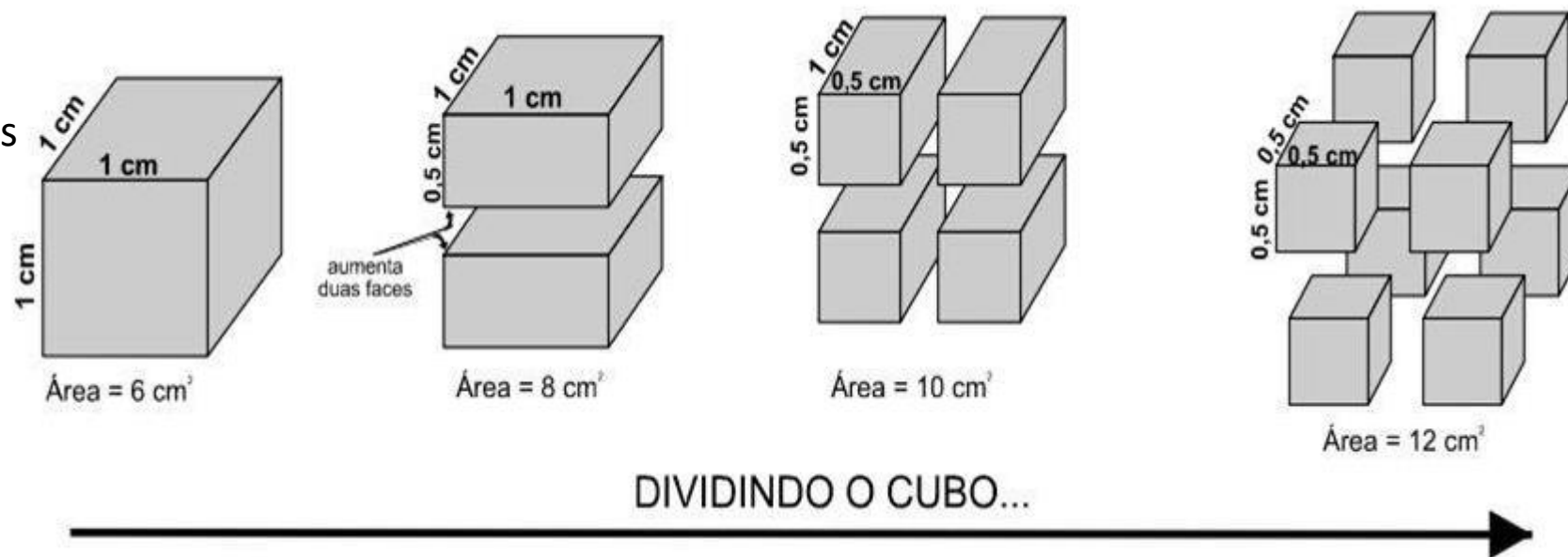
Quanto **mais fino** o solo, maior a sua superfície específica, o que constitui uma das razões da diferença entre as propriedades físicas dos solos arenosos e argilosos.

Para os minerais argilosos, os valores do ASE são:

**Caulinita:  $10 \text{ m}^2/\text{g}$**

**Ilita:  $80 \text{ m}^2/\text{g}$**

**Montmorilonita:  $800 \text{ m}^2/\text{g}$**



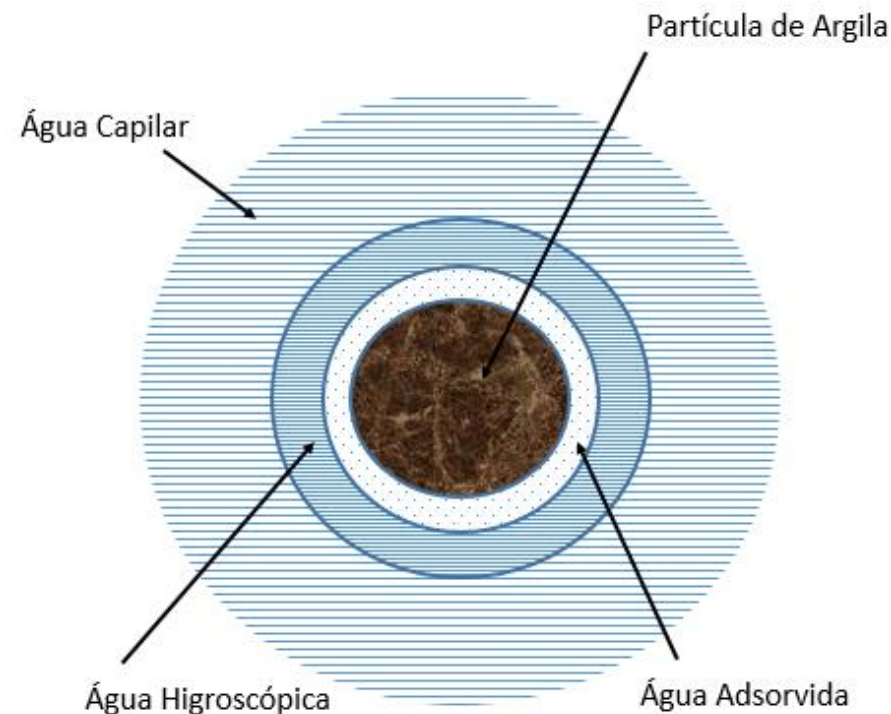


## 2.3 – Sistema solo-água

Com a elevação do teor de água, forma-se no entorno das partículas uma camada de água, devido a **atração dos íons do solo** e a superfície das partículas.

Toda água presa às partículas de argila pela força da atração é conhecida como **água de dupla camada**. Esta água possui forte atração (mais viscoso) o que a diferencia da água livre nos vazios (fluido).

Os contatos entre os argilominerais, portanto são feitos por esta camada dupla de água e **não diretamente entre os minerais**, diferentemente dos solos grossos, onde este contato é direto.



As **deformações** e a **resistência** dos solos quando solicitados por forças externas dependem, portanto, desses contatos.

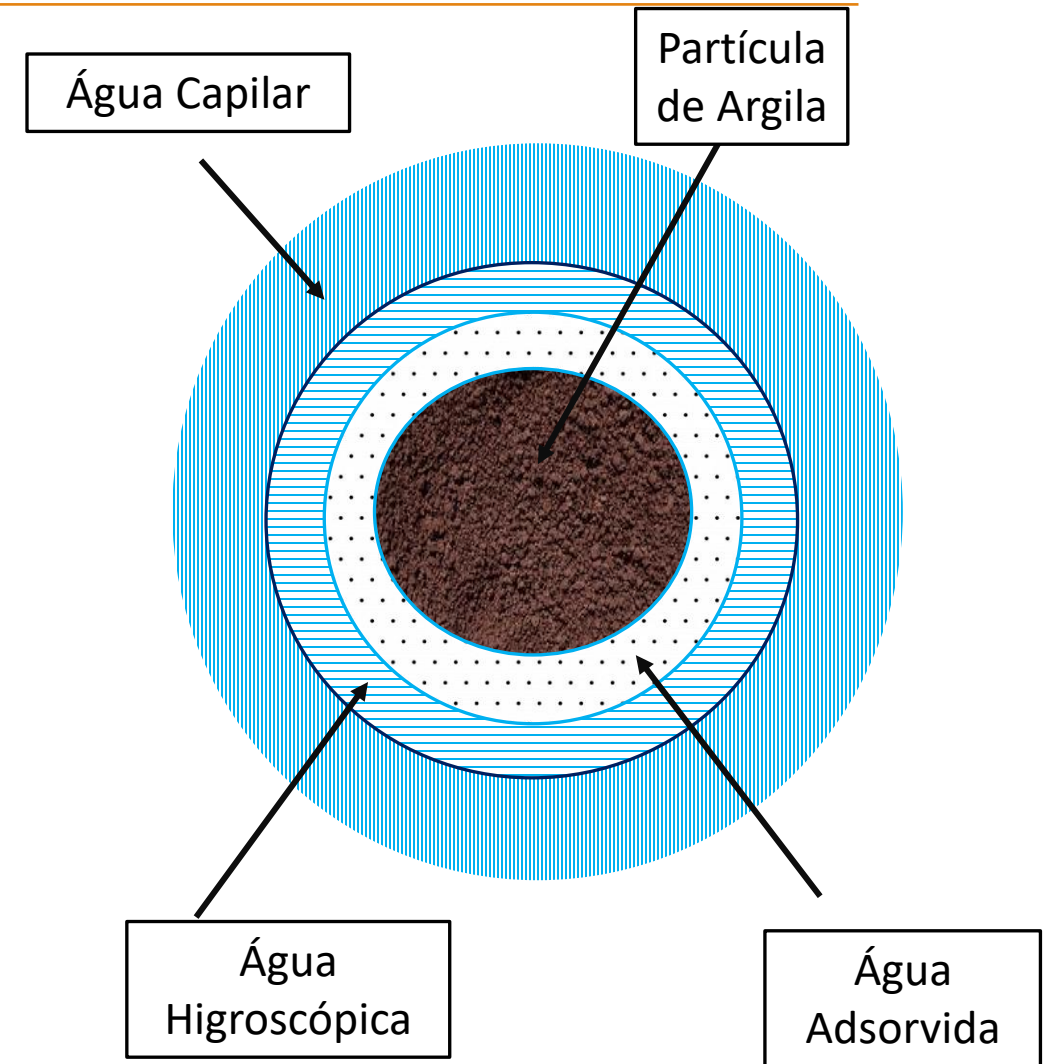
## 2.3 – Sistema solo-água

A camada mais **interna** da água com dupla camada, que é mantida **fortemente pela argila**, é conhecido como **água adsorvida (adesiva)**. Esta água é mais viscosa que a água livre.

A orientação da água em volta das partículas de argila dá aos solos argilosos suas **propriedades plásticas**.

Quando a umidade **está presente**, o comportamento de um solo será bastante alterado à medida que a porcentagem do conteúdo de argilomineral aumentar.

Para fins práticos, quando o conteúdo argiloso é de pelo menos **50%**, as partículas de areia e de silte flutuam em uma matriz de argila, e os argilominerais determinam as propriedades de engenharia do solo.



### 3 – CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES TIPOS DE SOLOS

---

São os que possuem **mais areia na composição**, podendo ser de grãos grossos, médios e finos (todos visíveis a olho nu).



O problema da areia, se dá pela **falta de coesão**, ou seja, os seus grãos são facilmente separáveis uns dos outros **quando estão secos**.

Também **possuem alta permeabilidade**, que é uma grande capacidade de circulação de água por meio dele.

Quando há lençóis freáticos o solo arenoso pode permanecer firme enquanto em contato com a água, mas outras construções abaixam o lençol e movimentam o terreno.



### 3 – CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES TIPOS DE SOLOS

---

**Possui grande capacidade de aglutinação, ou seja, de torna-se lama com facilidade.**

O terreno argiloso caracteriza-se pelos grãos microscópicos (de até **0,005 mm**), de cores vivas e de grande impermeabilidade.

É um solo plástico e coeso. Sendo **altamente denso** quando não há umidade ou presença de água. Ao umidificar-se, ele torna-se viscoso.

**Utilizado para construção de barragens e taludes**



**É o tipo de solo mais comum em todo o Brasil.**

### 3 – CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES TIPOS DE SOLOS

---

O silte é considerado um tipo “*ruim*” de solo.

Ele é **microscópico**, assim como a argila, possui diâmetro de 0,005 mm. a 0,05 mm. Mas nem de longe possui o **mesmo grau de coesão**. Do mesmo modo, **não há a plasticidade** que o solo argiloso possui quando molhado.

Outra característica é a grande possibilidade de ser **vítima de erosão e desagregação natural**. É um tipo de solo que demanda muito mais cuidados e manutenção, pois apresenta pouca estabilidade a longo prazo



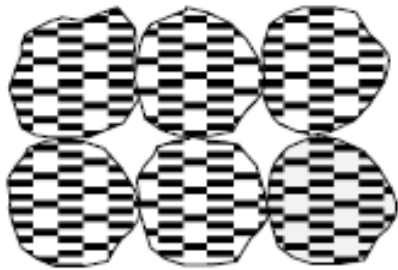
Os piores tipos de estradas são as que estão em solo siltoso. Formam grandes atoleiros em épocas de chuva e muito pó no período seco.

## 4 – ESTRUTURA DOS SOLOS

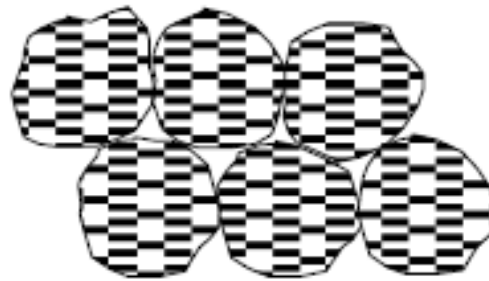
### Solos granulares (arenosos)

Podem apresentar estrutura:

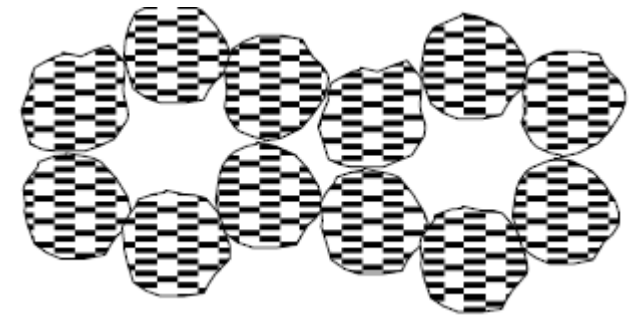
**Fofa**



**Densa**

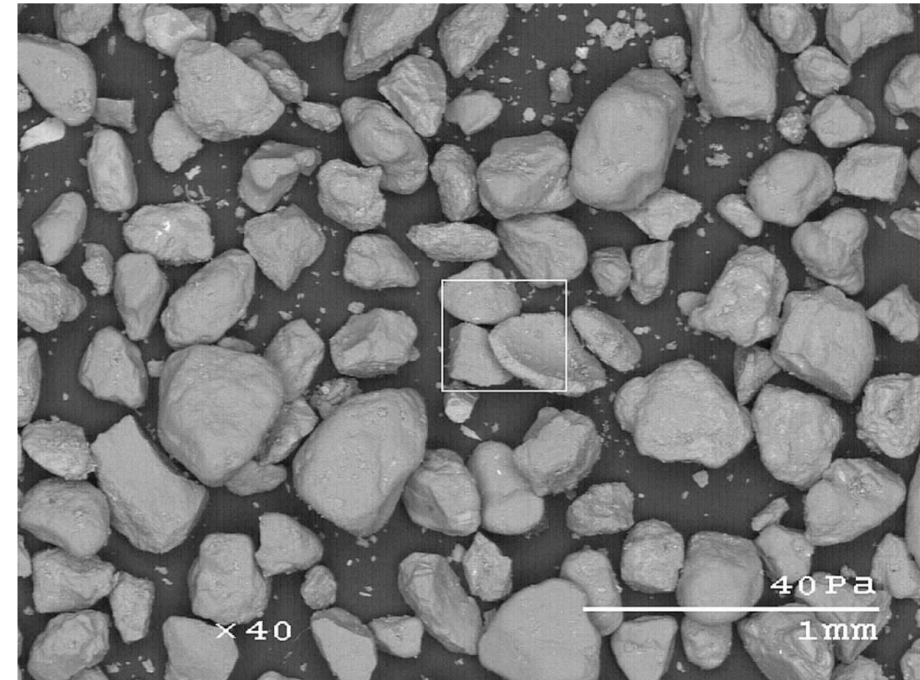
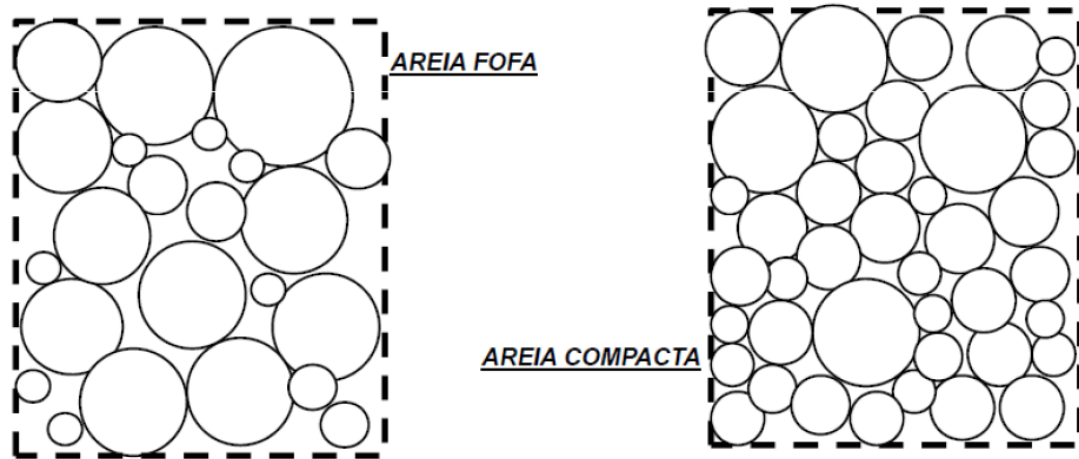


**Favo de mel**



Predominam as forças de gravidade na disposição das partículas que se apoiam diretamente umas sobre as outras.

# 4 – ESTRUTURA DOS SOLOS



- ✓ São solos de **baixa atividade superficial**
- ✓ Elevada permeabilidade

- ✓ Capilaridade
- ✓ Coesão Aparente
- ✓ Inchamento

- ✓ Elevado Ângulo de Atrito
- ✓ Compactação em Vibração

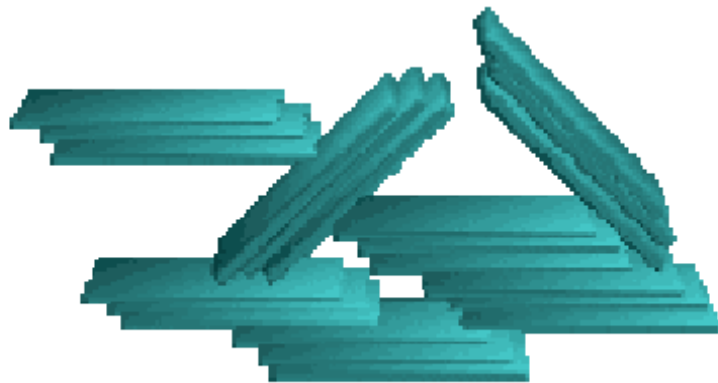


# 4 – ESTRUTURA DOS SOLOS

## Solos argilosos

Podem apresentar estrutura

**Dispersa**

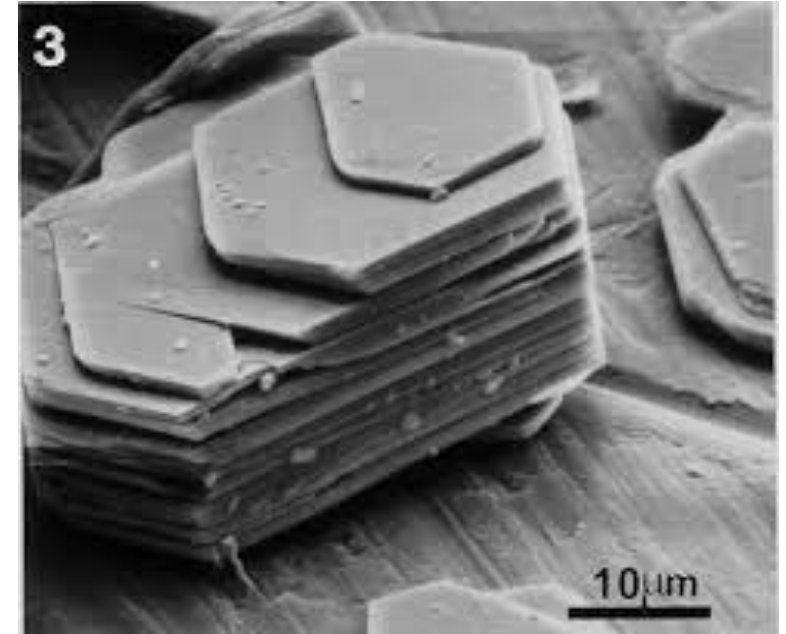


**Floculada**



**As estruturas dos solos argilosos dependem das forças de atração e repulsão que existem entre os contatos das partículas, que se refere à disposição das partículas na massa de solo.**

## 4 – ESTRUTURA DOS SOLOS



✓ São solos de **alta atividade superficial**

✓ Impermeabilidade

✓ Coesão Real

✓ Plasticidade

✓ Baixo Ângulo de Atrito

✓ Compactação por pressão

USO	ARENOSO	SILTOSO	ARGILOSO
FUNDAÇÃO RASA	É adequado seu uso. Instabilidade lateral e difícil escavação.	Similar ao arenoso. Menos sensível ao lençol freático e mais fácil a escavação.	Recomendável. Durante a escavação, há estabilidade lateral.
FUNDAÇÃO PROFUNDA	Alto atrito lateral, difícil cravação de estacas. Não indicado.	Usual, tendo tanto resistência de ponta e lateral.	Mais recomendável, porém necessidade de profundidades maiores.
TALUDES	Instabilidade.	Possível. Altura de corte menor que nos argilosos.	Ideal: grande coesão e estabilidade.
CONTENÇÃO	Não recomendável devido a permeabilidade, capilaridade e sem coesão.	Possível, desde que com maior coeficiente de segurança e menor ângulo.	Recomendável.

OCORRÊNCIA	ARENOSO	SILTOSO	ARGILOSO
RECALQUES	Recalque imediato pelo peso próprio. Posterior devido ao lençol freático.	Intermediário.	Recalques lentos, pode levar décadas até estabilização.
COMPACTAÇÃO	Vibração.	Percussão ou com rolos.	Percussão, pressão e rolos.
DRENAGEM	Ocorre facilmente. Cuidado com a instabilidade.	Aceita água passante. Necessita verificação da coesão e ângulo de atrito.	Alta impermeabilidade. Retém água.

Um engenheiro civil deverá executar a compactação do talude de um aterro de barragem com material arenoso e precisa que, ao final, este elemento fique com a menor permeabilidade possível. Qual característica este profissional deve procurar na propriedade de granulometria das areias em análise.



Um engenheiro civil está dimensionando um tipo de estrutura de contenção conhecida como terra armada. Nestas estruturas os muros que suportam as forças laterais de empuxo do maciço são estabilizados por tiras metálicas que ficam presas no muro e se estendem para o interior do maciço. Sendo assim o material do aterro deve ser de elevada resistência por atrito, para impedir que as fitas deslizem. Qual tipo de solo é mais apropriado nesta situação?



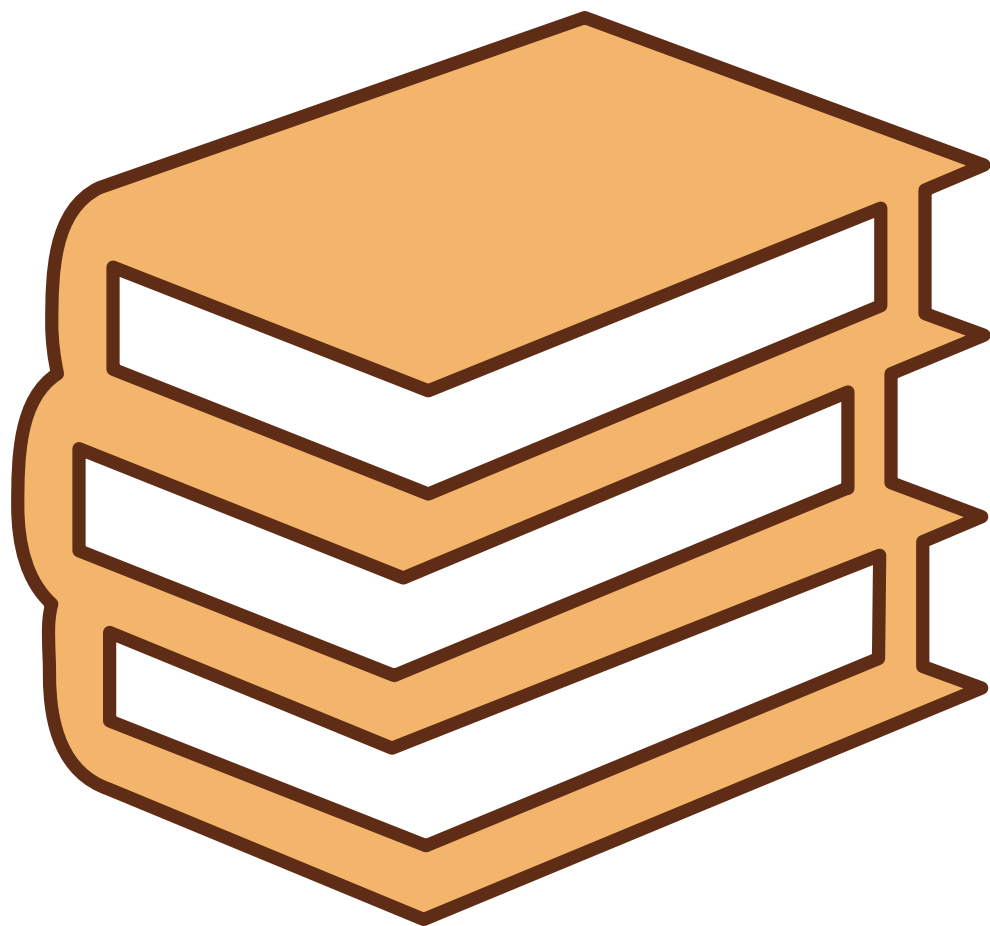
Sabe-se que a coesão é uma das parcelas de resistência dos solos. Os solos arenosos também apresentam uma parcela de coesão em determinadas condições. Indique que condições são essas e se no processo de cálculo para resistência desse tipo de solo essa parcela de coesão deve ser considerada.



Durante a escavação de uma área para a construção de uma estrutura enterrada o engenheiro responsável constatou a presença de grande quantidade de material argiloso. Com base no que foi visto até então, cite alguns cuidados que esse engenheiro deve ter para construir a estrutura neste local.



DÚVIDAS?



## Leitura Sugerida

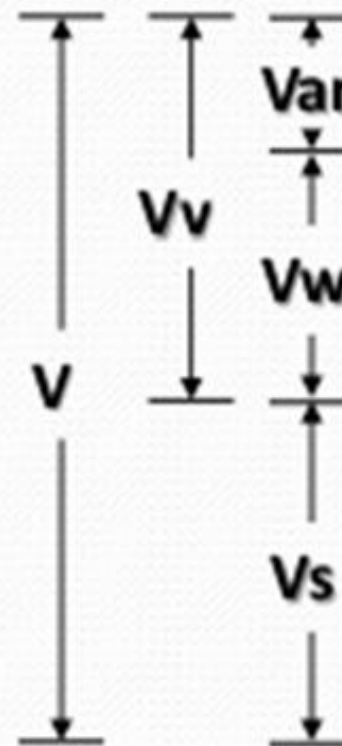
---

**BRAJA DAS** – Capítulo 2:  
Origem do solo

**CAPUTO** – Capítulo 2: Origem  
e formação dos solos

**SOUZA PINTO** – Cap. 1:  
Origem e natureza dos solos

# VOLUMES



# MASSAS



PRÓXIMA AULA:  
**ÍNDICES FÍSICOS**



OBRIGADO!