

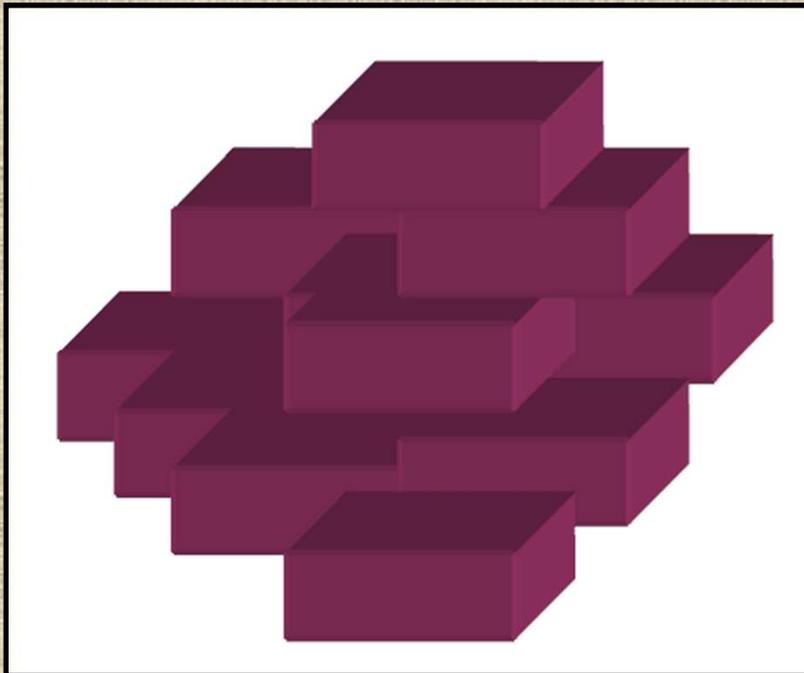
ESTRUTURA E AGREGAÇÃO DO SOLO

Aula 3

Prof. Miguel Cooper

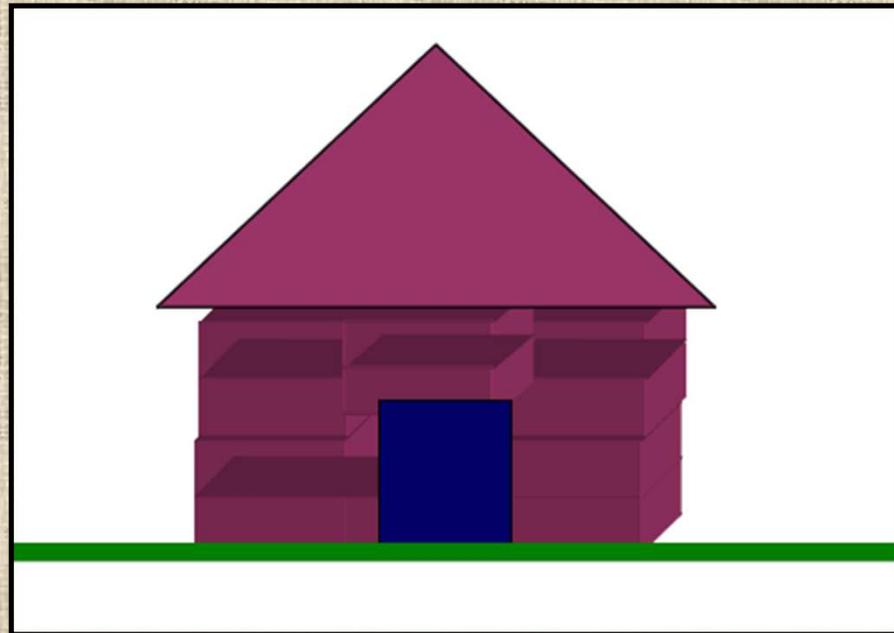
Visualize...

Tijolos sendo lançados ao acaso uns sobre os outros e produzindo uma pilha pouco atrativa...



Visualize...

Os mesmos tijolos sendo organizados e mantidos mutuamente ligados, formando uma casa ou uma fábrica!



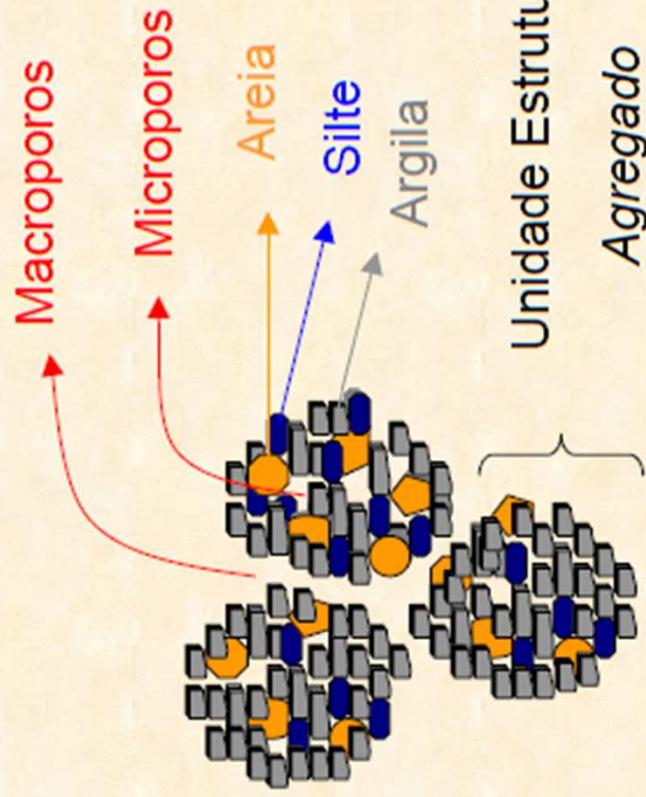
De modo análogo...

Um **solo** pode ser meramente uma assembléia instável e frouxa de partículas reunidas por acaso...

...Ou o **solo** pode consistir de um padrão distintamente estruturado de partículas interligadas, associadas em “agregados”, apresentando tamanho e formato regulares.

AGREGAÇÃO DO SOLO

Conceito: No solo, as partículas individuais constituintes das frações areia, silte e argila se encontram ligadas umas às outras, pela ação de *agentes cimentantes* e de *forças de coesão e adesão* que se estabelecem nas interfaces entre as partículas e entre as partículas e substâncias presentes no meio.

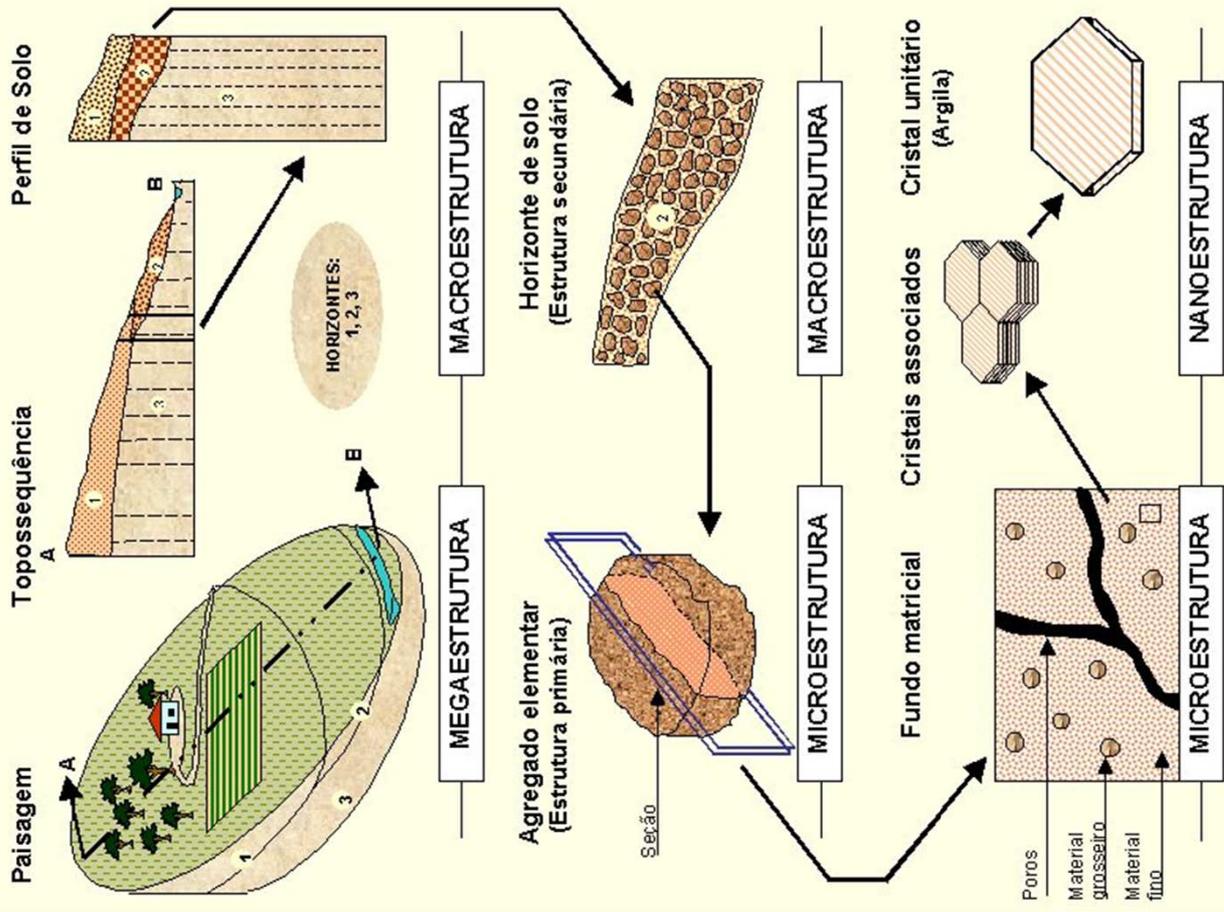


HIERARQUIA DA ESTRUTURA DO SOLO

No estudo morfológico do solo, a estrutura pode ser observada em diferentes níveis, desde a escala macroscópica dos agregados ou unidades estruturais até o nível microscópico das partículas de argila (*micromorfologia do solo*).

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

- A unidade estrutural do solo ou agregado é também denominada *ped*. Na escala do **perfil de solo**, são reconhecidos solos com *estrutura pedal* (*estrutura fragmentada*) e com *estrutura apédica* (*estrutura contínua*).



(Inspirado em BOCQUIER, 1981)

Importância da Estrutura

...Assim, para entender como o solo se comporta como um corpo, é necessário considerar a **maneira** como as partículas individuais estão *arranjadas* e são mantidas *unidas*.

O arranjo das partículas é que define a **porosidade do solo**, que por sua vez condiciona a **aeração do solo e o movimento da solução do solo** em seu interior.

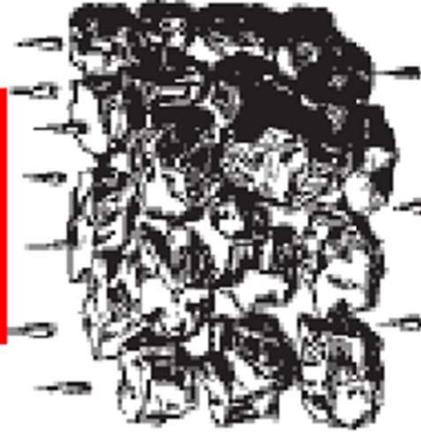
TIPOS DE ESTRUTURA E ÁGUA NO SOLO

GRÃO SIMPLES



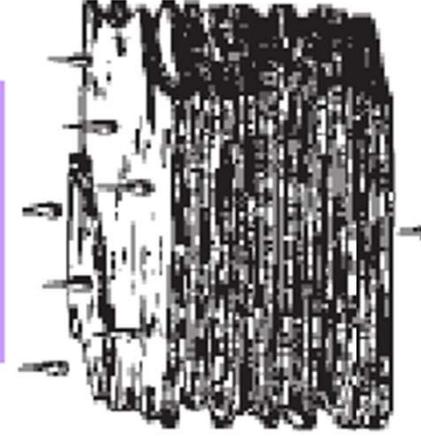
RÁPIDA

BLOCOS



MODERADA

PLACAS



3^o LENTA

GRANULAR



RÁPIDA

PRISMÁTICA



MODERADA

MASSIVA



LENTA

FUNCIONALIDADE DA ESTRUTURA

Nos solos bem estruturados a presença de *agregados grandes e estáveis*, os **macroagregados**, condiciona a ocorrência de poros grandes, pelos quais a água e o ar podem se mover livremente e as raízes de plantas encontram caminhos fáceis para crescer.

Em oposição ao conceito de solo bem estruturado, solos de **estrutura massiva** (adensados ou compactados) apresentam poucos ou raros macroporos, sendo por isso que o movimento de água e ar e o crescimento de raízes são praticamente inexistentes.

FORÇAS DE ADESÃO E COESÃO

- Durante o *secamento do solo*, as partículas tendem a se aproximar. Partículas menores, de silte ou microagregados de argila, podem então funcionar como pontes, ligando partículas maiores.

AGREGADO

CONCEITO: Grupo de partículas com uma estrutura que apresenta um certo grau de estabilidade em relação à uma força externa.

GÊNESE DOS AGREGADOS

Para ocorrer a **formação de agregados** no solo, são necessárias duas condições fundamentais:

- Uma força mecânica qualquer, deve **provocar a aproximação das partículas**.
- Após o contato entre as partículas, deve haver disponível no meio, um **agente cimentante** para consolidar essa união e gerar o agregado.

GÊNESE DOS AGREGADOS

Forças Mecânicas

- Gravidade
- Crescimento de raízes
- Contração e expansão do solo
- Ação da fauna

Agentes Cimentantes

- Argila
- Matéria Orgânica
- Sesquióxidos de ferro e alumínio
- Micélios de fungos e actinomicetos
- Polissacarídeos (bactérias)
- Dejetos de minhocas

GÊNESE DOS AGREGADOS

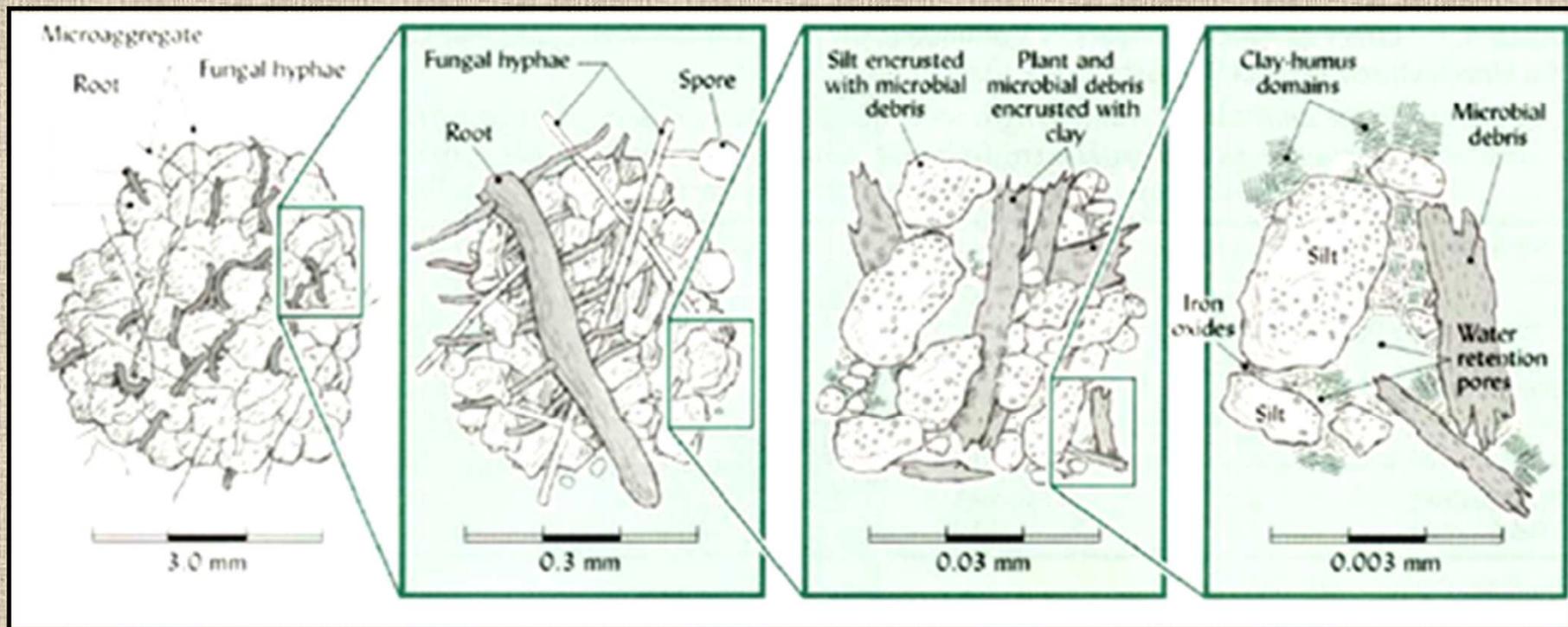


(Kiehl, 1979)

Partículas de argila, associadas a cátions, aderem a grãos de areia e se ligam umas às outras através de moléculas de água (dipolares), que se orientam em relação às cargas dos cátions trocáveis presentes na solução formando agregados. Com a desidratação do solo as partículas de argila se aproximam, tornando mais forte a coesão entre elas.

Fatores Biológicos Condicionantes de Agregação no Solo

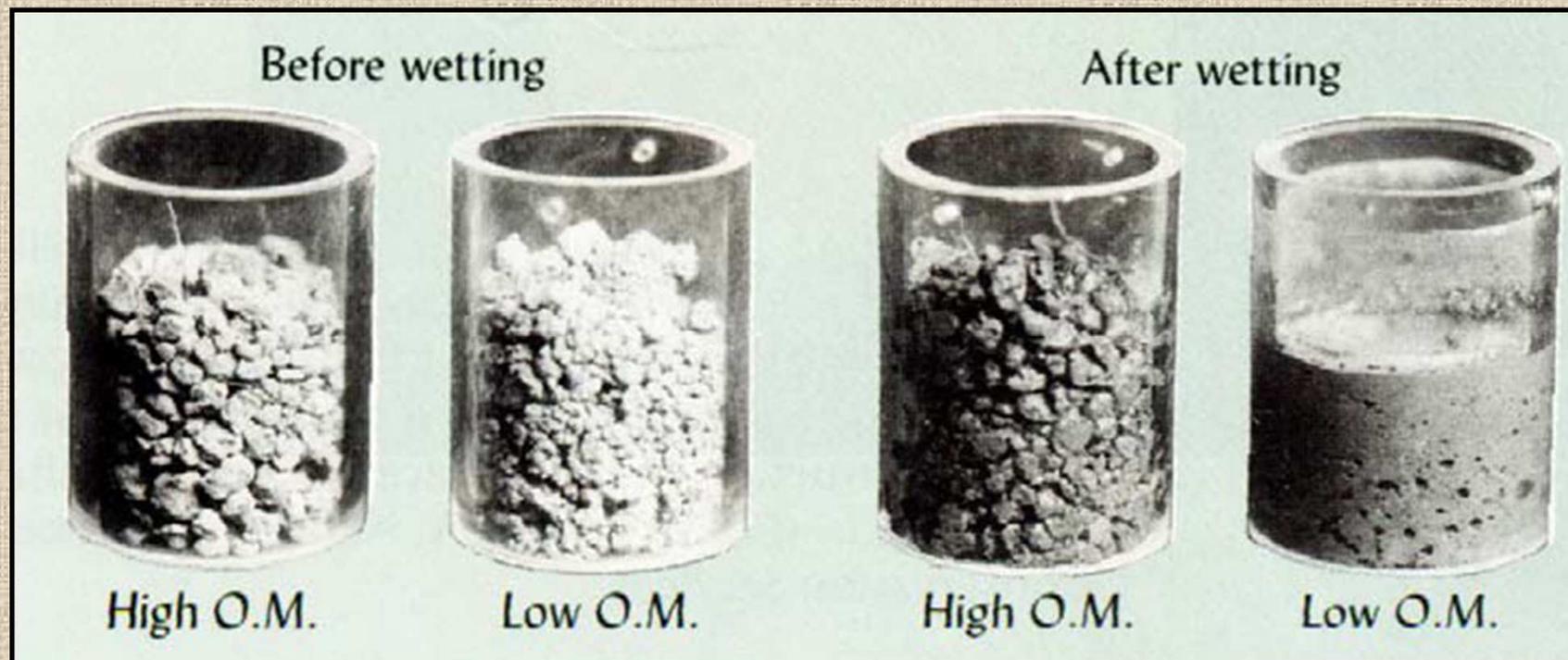
- O húmus atua como agente cimentante das partículas do solo, formando agregados muito estáveis, especialmente os agregados menores do que 1mm.



DIVERSIDADE DE RAÍZES E MATERIAIS ORGÂNICOS



Solo desestruturado (à esquerda) e solo bem granulada (à direita). Raízes de plantas e especialmente húmus são fatores principais na granulação do solo.



Fonte: Brady, 1983

Agregados de solos com alto teor de **MO** são muito mais estáveis que aqueles provenientes de solos com baixo teor deste constituinte. Os agregados com baixo teor de MO se desfazem quando umedecidos; aqueles com alto teor em MO mantêm sua estabilidade.

Fatores Biológicos Condicionantes de Agregação no Solo

Fauna do Solo

Dos representantes da macro e mesofauna do solo, como formigas, besouros, larvas, centopéias, aranhas, nematóides e protozoários, os mais significativos em relação à agregação do solo são as minhocas.

Fatores Biológicos Condicionantes de Agregação no Solo

Vegetação

Ação direta: fator de agregação do solo pela ação mecânica das raízes e pela produção de substâncias com ação cimentante.

Ação indireta: fator de agregação ao se constituir em substrato para a atividade dos organismos no solo.

SESQUIÓXIDOS DE FERRO E ALUMÍNIO

Nos solos de clima tropical e subtropical os *sesquióxidos de ferro e alumínio* são importantes agentes estabilizadores da estrutura.

Esses compostos conferem elevada estabilidade aos agregados uma vez que precipitados e desidratados dificilmente se re-hidratam ou entram em suspensão.

ESTABILIDADE DA ESTRUTURA

A resistência do solo quando submetido à ação de forças externas (impacto da gota de chuva, tráfego de veículos, uso de ferramentas e implementos) é uma função da *estabilidade da estrutura*.

O fator decisivo na habilidade do solo em permitir a passagem livre de fluídos e a proliferação de raízes é a presença de *grandes agregados estáveis*.

Assim, além do arranjo das partículas, outro aspecto relacionado à estrutura se refere à *estabilidade do arranjo* entre as partículas ou *quão fortemente as partículas constituintes são mantidas unidas*.

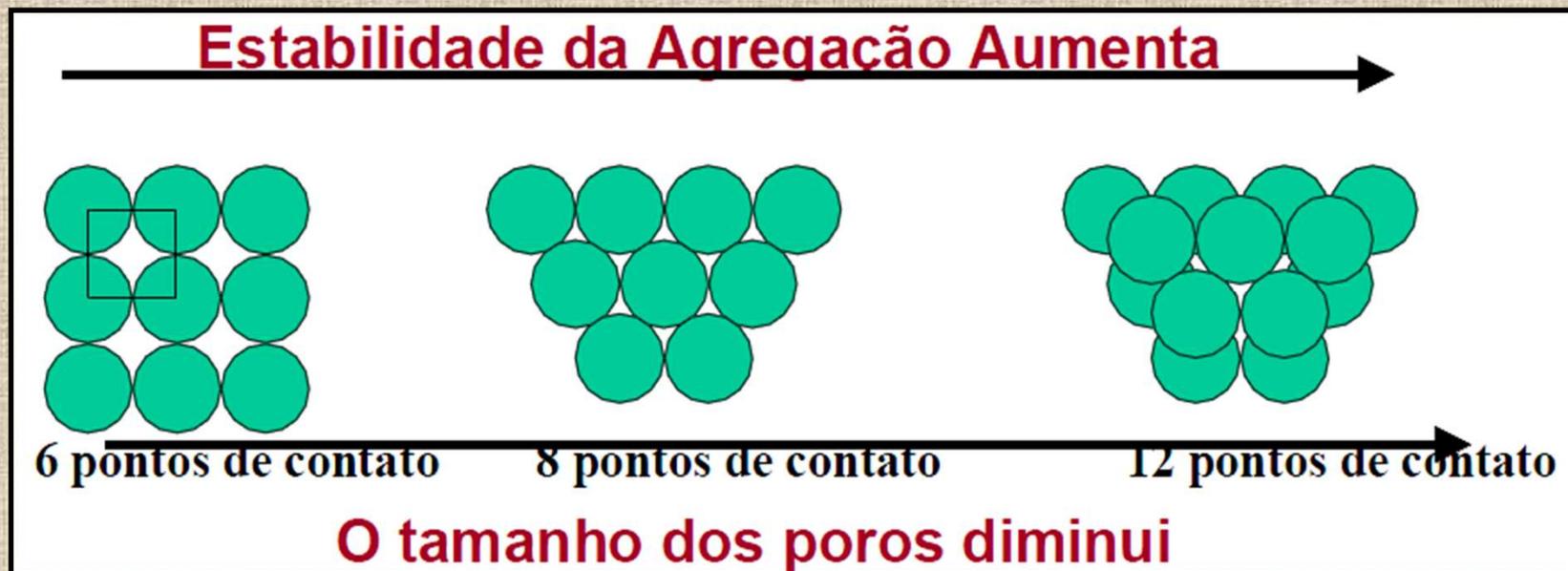
IMPORTÂNCIA DA AGREGAÇÃO DO SOLO

A *estabilidade da estrutura* é dada pela *estabilidade dos agregados*, que é definida como a resistência do solo à desagregação frente a atuação de uma força externa.

A *porosidade* resulta da **ESTRUTURA**, mas a *estabilidade da porosidade* resulta da estabilidade da AGREGAÇÃO.

ESTABILIDADE DO AGREGADO

A estabilidade da agregação aumenta com o aumento do número de pontos de contato entre as partículas constituintes.



MACROAGREGADOS

Os Macroagregados do solo são agregados grandes ($>0,25\text{mm}$), visíveis a olho nú, cujo agente estabilizador principal é representado por material orgânico, como que hifas de fungos.

MACROAGREGADOS

A quantidade e a estabilidade dos macroagregados são influenciadas pelo **manejo do solo**, podendo ser destruídos pelos implementos de preparo do solo e pela rodagem de máquinas.

Práticas de manejo que condicionam menor aporte de resíduos orgânicos vivos e mortos no solo, condicionam a ocorrência de macroagregados menos estáveis.

MICROAGREGADOS

- **Microagregados** são agregados pequenos, menores do que 0,1mm, identificados somente por processos óticos.

Compõem-se por partículas de tamanho silte ou por conjuntos de partículas de argila de tamanho silte.

Os microagregados **não são afetados** pelas operações agrícolas.

CLASSIFICAÇÃO DA MACROESTRUTURA DO SOLO

- Efetuada no campo, durante o estudo morfológico do perfil.

➤ Tipos:

- **Esferoidal** { granular ou grumosa
- **Bloco** { angular ou subangular
- **Prismática** { prismática ou colunar
- **Laminar**

Spheroidal

Characteristic of surface (A) horizons. Subject to wide and rapid changes.

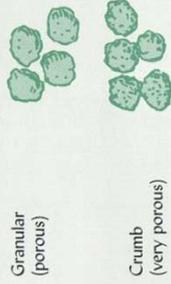


Plate-like

Common in E-horizons, may occur in any part of the profile. Often inherited from parent material of soil, or caused by compaction.



Block-like

Common in B-horizons, particularly in humid regions. May occur in A-horizons.



Subangular blocky



Prism-like

Usually found in B-horizons. Most common in soils of arid and semi-arid regions.



Prismatic (flat, angular tops)

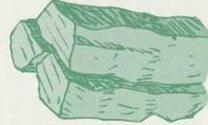


FIGURE 4.11 The various structure types (shapes) found in mineral soils. Their typical location is suggested. The drawings illustrate

ESTRUTURA ESFEROIDAL

➤ Abrange dois sub-tipos: *granular* e *grumosa*.

Seus inúmeros eixos apresentam praticamente as mesmas dimensões. A forma é de grânulos arredondados.

- ✓ Tipo de estrutura característico dos **horizontes superficiais**, ricos em matéria orgânica (A1 e Ap). O sub-tipo **grumoso** se diferencia do granular pelo fato de ser mais poroso.

Estrutura granular e em grumos de um horizonte superficial orgânico



ESTRUTURA EM BLOCOS

- Também conhecida como **cúbica**, abrange dois sub-tipos: angular e subangular.
 - ✓ **Bloco angular**: As faces planas são mais evidentes e as arestas mais definidas (ângulos mais vivos).
 - ✓ **Bloco subangular**: As faces são arredondadas, com muitos vértices arredondados.



Estrutura grumosa e em blocos subangulares em horizonte organo-mineral superficial.

ESTRUTURA PRISMÁTICA

- Dois eixos horizontais iguais e um vertical de maior comprimento dão à estrutura aspecto de **pilar**. São estruturas típicas de **horizonte B**.
- ✓ O subtipo **colunar** tem os topos arredondados, sendo característico de solos salinos.
- ✓ O subtipo **prismático** tem topos planos, nivelados e com contornos definidos.



Vertissolo com estrutura prismática forte e grande (Portugal). Clima mediterrânico sub-úmido.

ESTRUTURA LAMINAR

- Não apresenta subtipo. O eixo horizontal neste caso é mais comprido do que o eixo vertical.
- ✓ Estrutura característica dos **horizontes C**, podendo ocorrer também em ***horizontes compactados***.

GRAU DE DESENVOLVIMENTO DA MACROESTRUTURA

1- Fraca: Unidades estruturais ou *peds* são pouco resistentes à pressão. Não observável em exposições de solo.

- O material do solo se apresenta como uma mistura de poucos agregados inteiros, muitos agregados quebrados e muita terra desagregada (maciça).

GRAU DE DESENVOLVIMENTO DA MACROESTRUTURA

2- Moderada: Constatável apenas quando uma porção de terra é removida do perfil. Agregados bem formados, moderadamente resistentes à fragmentação.

- A massa do solo se parte em muitos agregados inteiros, alguns quebrados e pouco material não agregado.

GRAU DE DESENVOLVIMENTO DA MACROESTRUTURA

3- **Forte**: Agregados bem formados, resistentes e observáveis no perfil, separando-se uns dos outros pela remoção de terra, a qual se desfaz quase que inteiramente em material estruturado (pouca ou nenhuma terra desfeita).



Estrutura grumosa e em blocos subangulares em horizonte organo-mineral superficial. (Brasil, Ilha Solteira);

Colocar + fotos mostrando o grau de desenvolvimento

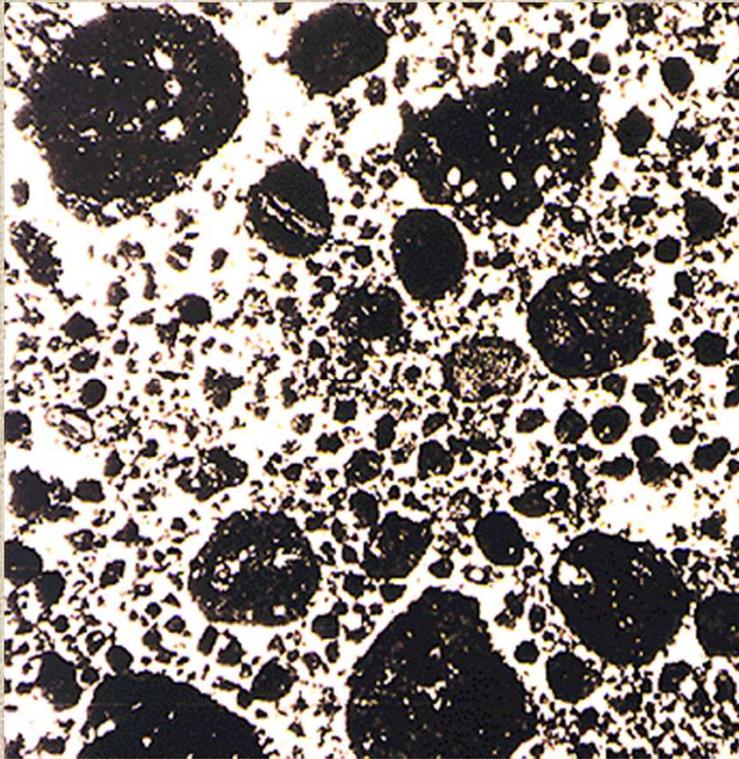
CLASSIFICAÇÃO DA “MICROESTRUTURA”

- Microestrutura do solo é objeto de estudo da micromorfologia do solo, em seus primórdios designada por *micropedologia* (Kubiena, 1938).

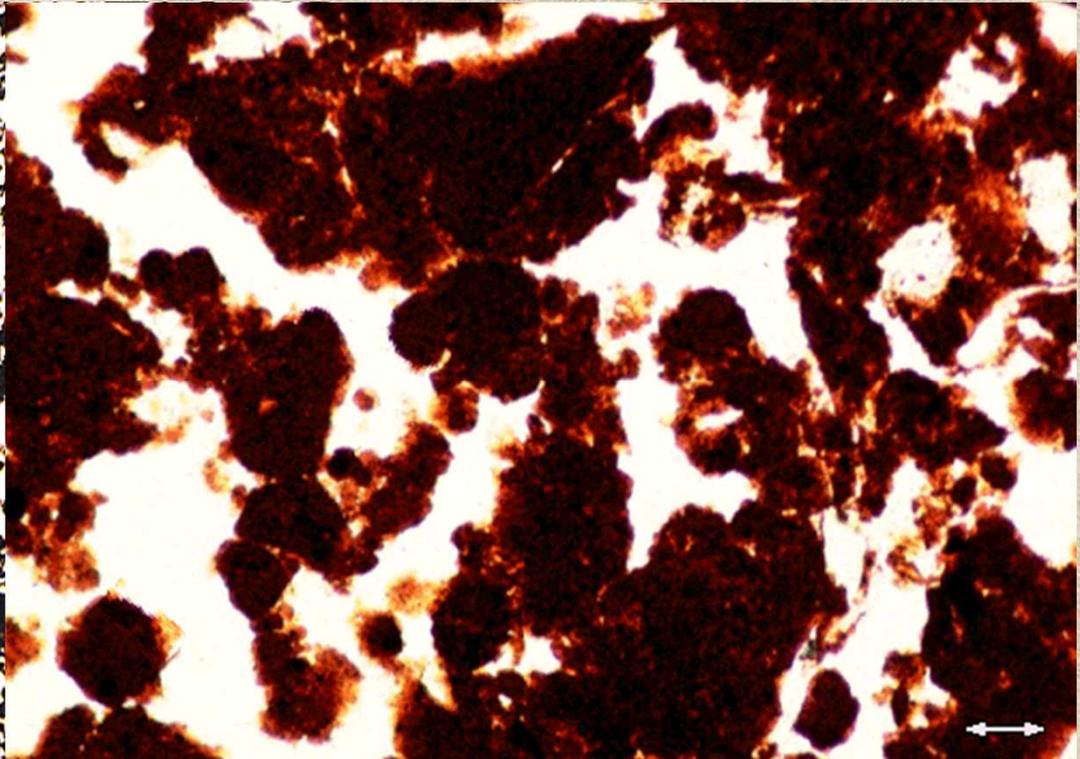
Uma terminologia especial foi criada:

- ✓ *Fábrica do Solo*: arranjo das partículas primárias e “secundárias” e os vazios entre elas;
- ✓ *Material Fino*: material coloidal, mineral ou orgânico, não estruturado;
- ✓ *Material Grosso*: material não coloidal mineral ou orgânico.

Microestrutura

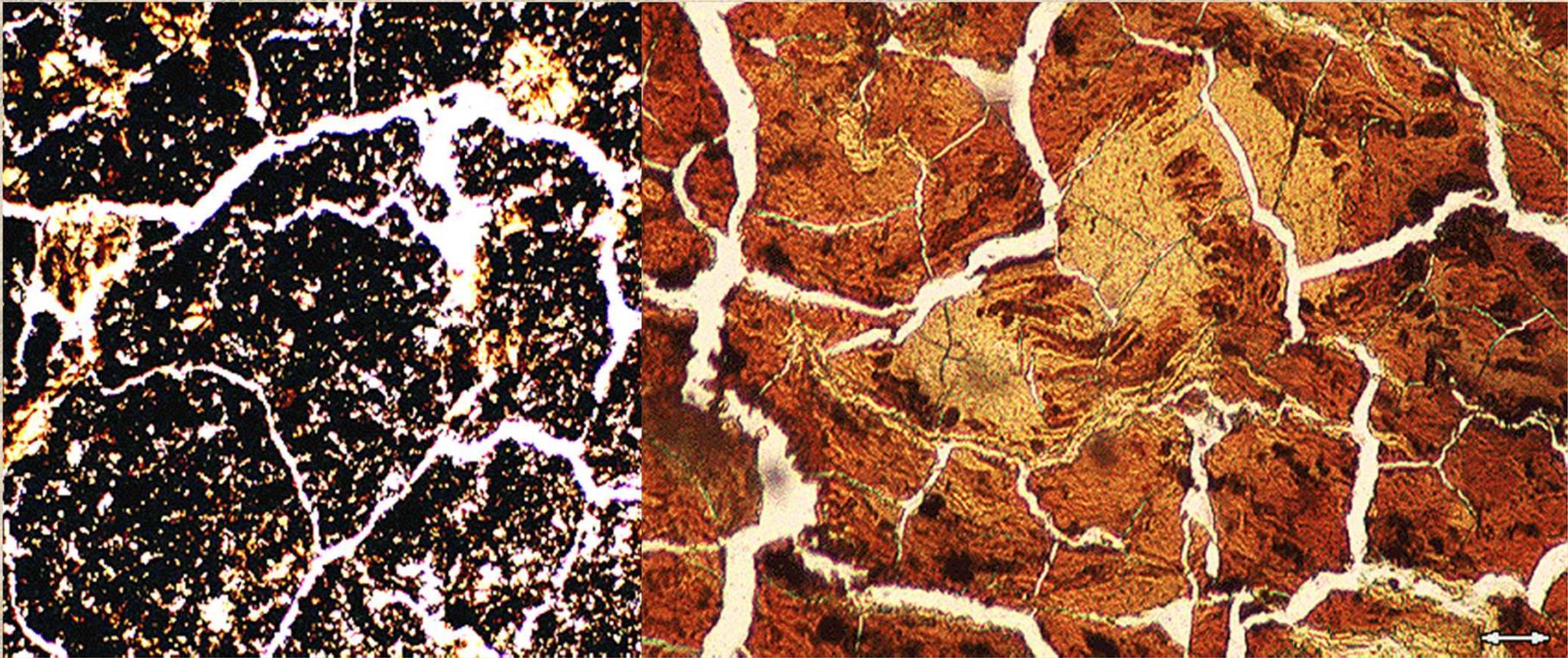


Grumosa



Granular

Microestrutura



Blocos subangulares

Blocos angulares