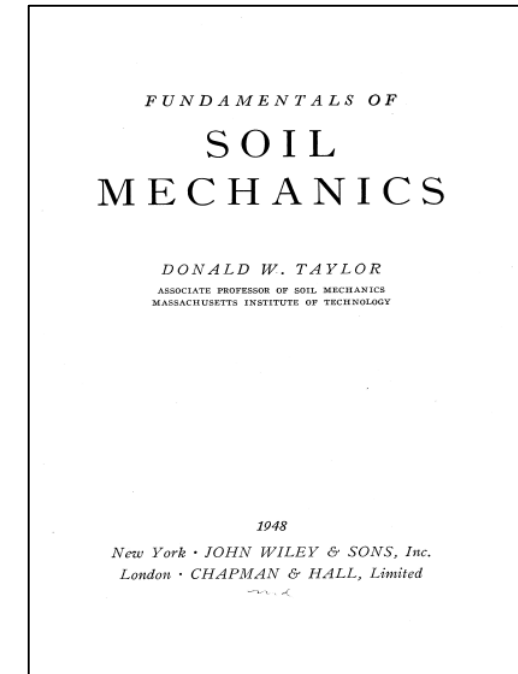
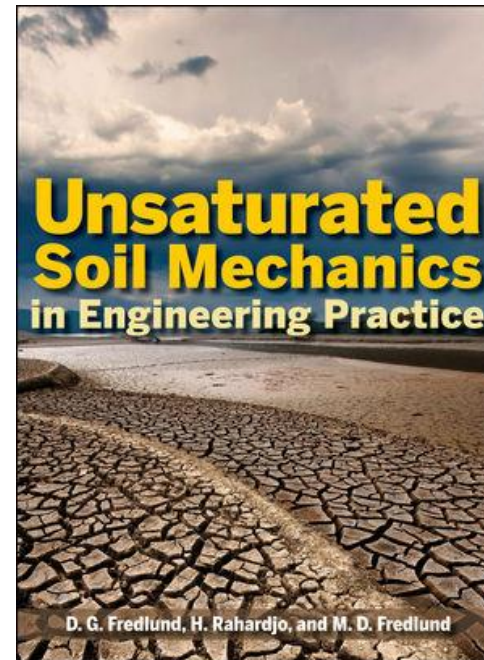
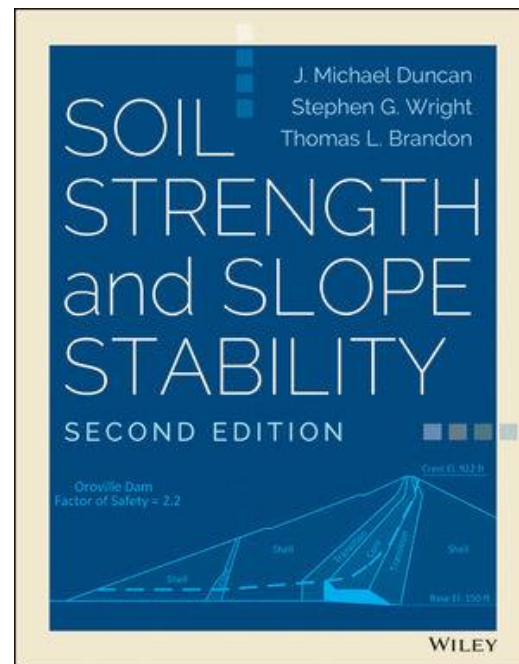
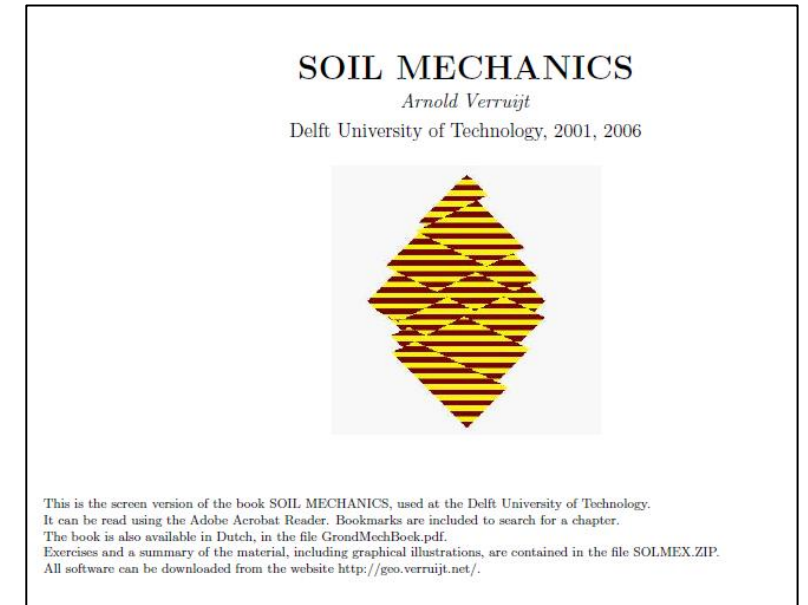
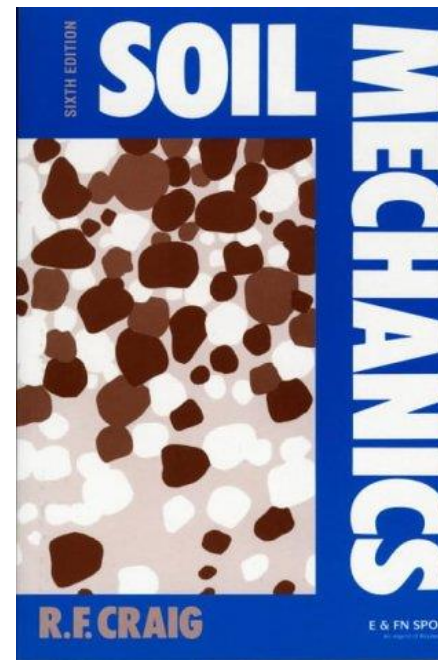
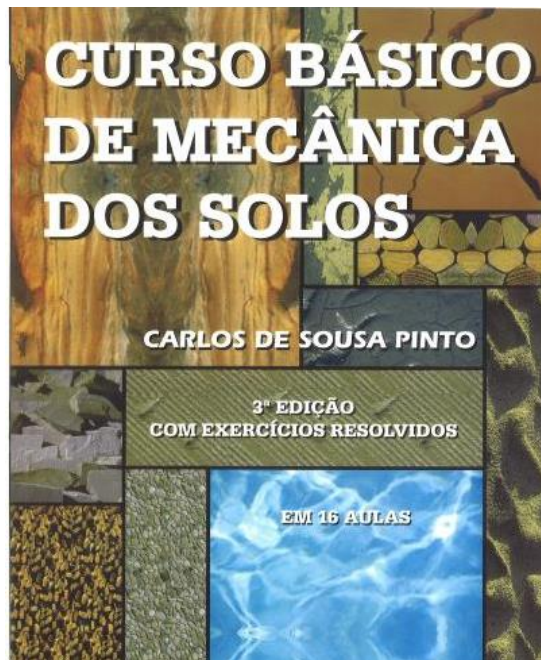


Natureza dos Solos

Caracterização

Prof. Fernando A. M. Marinho
2023



Características básicas dos solos

- O solo consiste de grãos (minerais e fragmentos de rochas) com ar e água nos vazios entre os grãos.
- Sob o ponto de vista da engenharia o solo não é um material sólido como o aço ou concreto, ele é um meio particulado.
- A quantidade de ar e água contida no solo varia de acordo com as condições locais. O solo pode estar completamente seco, totalmente saturado de água ou entre estes dois extremos
- É de grande importância compreender o significado dos tamanhos das partículas, sua forma e composição.
 - A estrutura formada pelos grãos (que não é um aspecto da natureza) é muito importante e falaremos dela quando formos discutir o estado do solo.

Descrição dos Solos

- A descrição dos engenheiros geotécnicos engloba o estado do solo e sua susceptibilidade para mudanças futuras.
- Estas mudanças podem ser devidas a: carregamento, drenagem, estruturas, e modificação da superfície do terreno
- As principais propriedades dos solos que os engenheiros geotécnicos estão interessados são:
 - Resistência
 - Rigidez
 - Permeabilidade
- Isto depende em primeiro lugar :
 - Dos grãos do solo (mineralogia, tamanho e forma), **Natureza**
 - do peso específico **Estado**
 - do Estado de tensão, **Estado**
 - do teor de umidade e grau de saturação, **Estado**

Mineralogia
Distribuição granulométrica

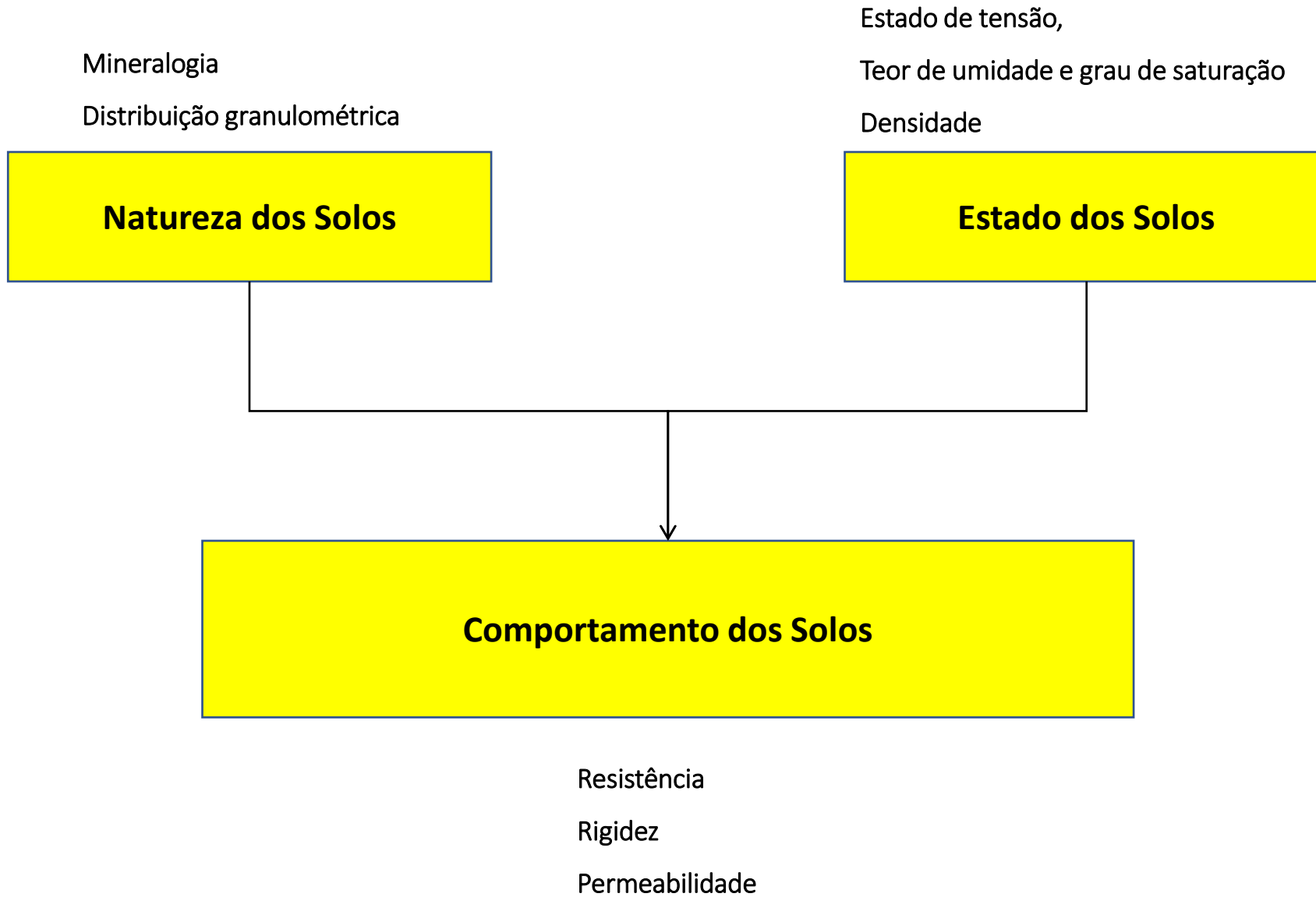
Natureza dos Solos

Estado de tensão,
Teor de umidade e grau de saturação
Densidade

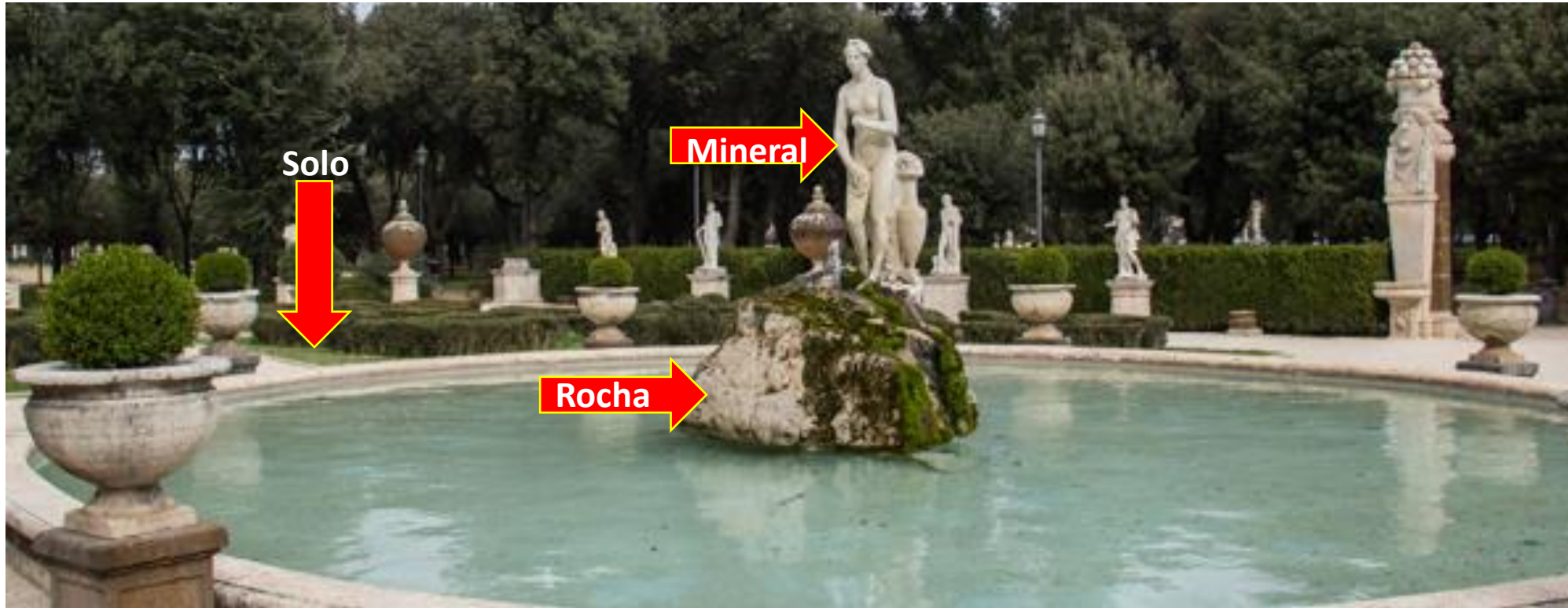
Estado dos Solos

Comportamento dos Solos

Resistência
Rigidez
Permeabilidade



A “Natureza”



O solo

O solo pode ser definido como sendo uma composição de materiais orgânicos e inorgânicos (predominantemente inorgânicos do ponto de vista geotécnico). Os materiais inorgânicos são os minerais



O solo é formado de minerais primários (que vêm diretamente da rocha) e de minerais secundários (que se originam da intemperização dos minerais primários)



Minerais primários

Quartzo
Moscovita
Biotita
Mica

Minerais secundários

Hematita
Gipsita
Mineral argila
Calcita
Gypsita



Minerais Argila

Caulinita
Esmectita
Ilita
Biotita

Origens dos Solos (Formação e Mineralogia)

- Os solos são os resultados de eventos geológicos.
- A natureza e estrutura do solo depende muito do processo geológico que o formou.
- Estes processos são:

Natureza • Destruição da rocha mãe (intemperismo, decomposição, erosão)

Natureza • Transporte para o local de deposição (gravidade, fluxo de água, vento)

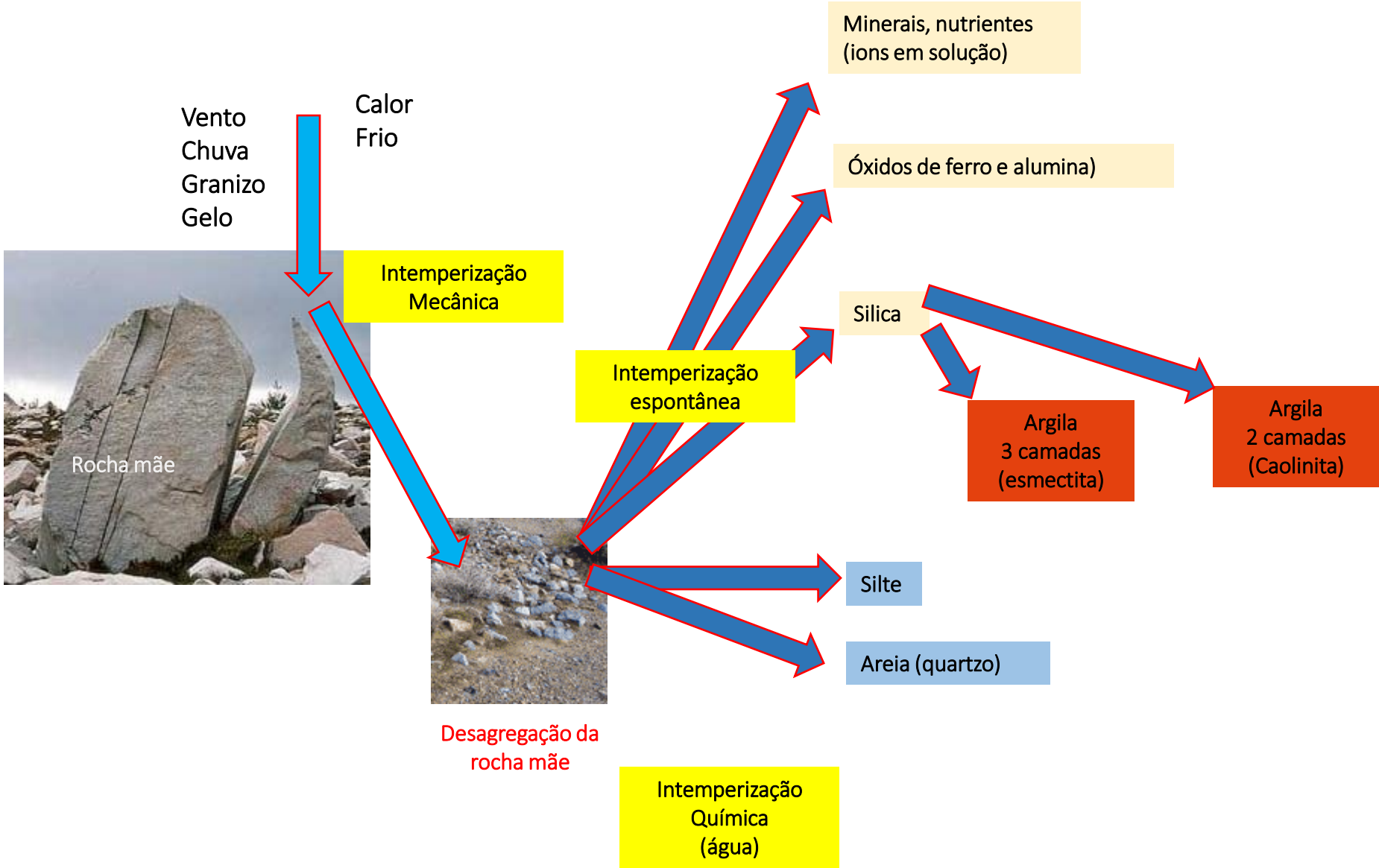
Estado • Condições ambientais no local da deposição (inundação em planície, bancos em rios, em lagos, no mar)

Estado • Condições de carregamento e drenagem após a deposição (sem sobrecarga, grande sobrecarga, mudanças de água, lixiviação, contaminação).

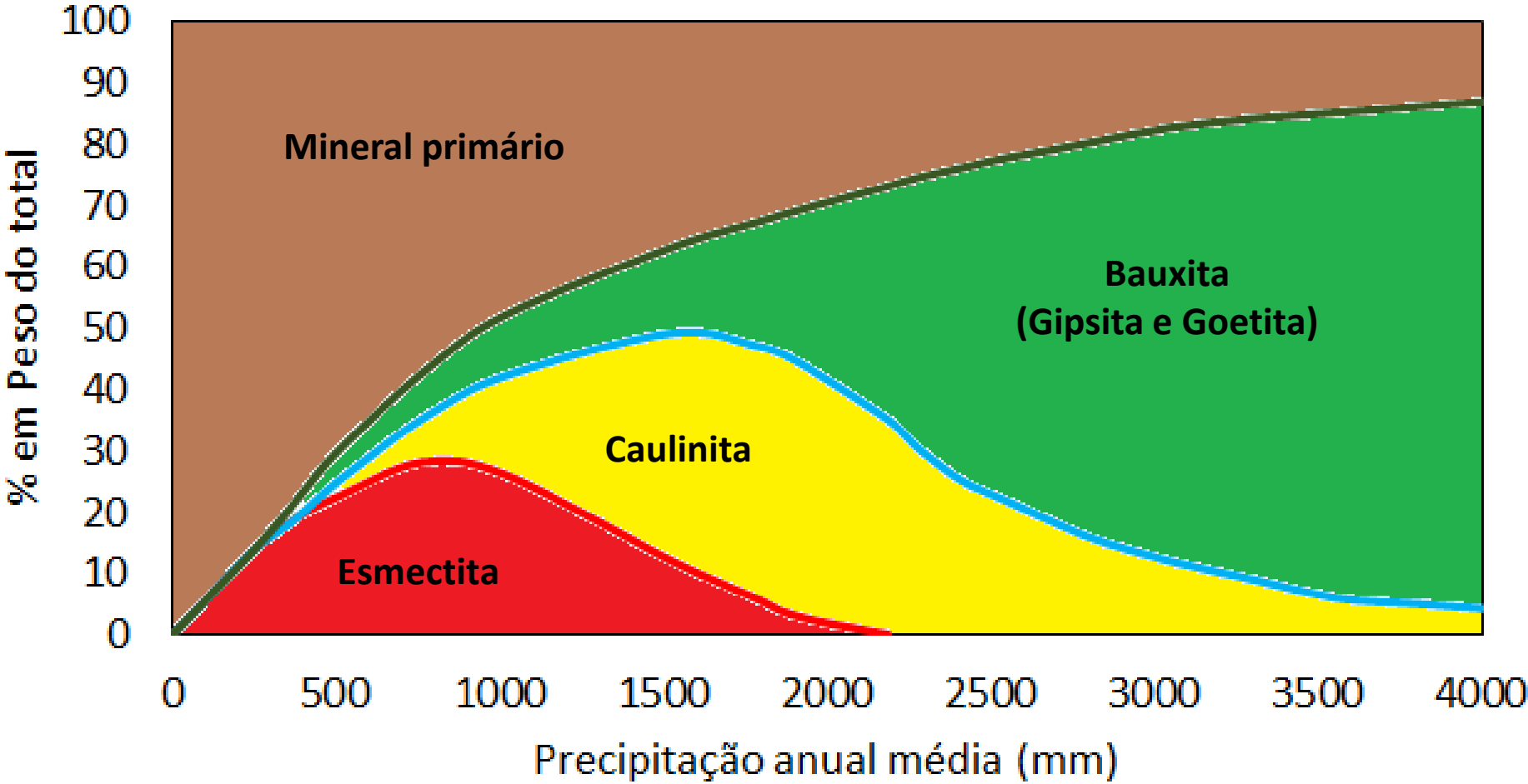
Origens dos Solos - INTemperismo

- A Intemperização das rochas pode ser dos seguintes tipos:
 - Física ou mecânica (ação da água, temperatura, vento)
O produto é um material grosso (silte, areias e pedregulhos)
 - Químico (ambiente quente e úmido. Degradação por alteração/ou decomposição).
O produto é geralmente solos finos.
O tipo de mineral depende da rocha mãe e da drenagem local.

Intemperização Esquemática



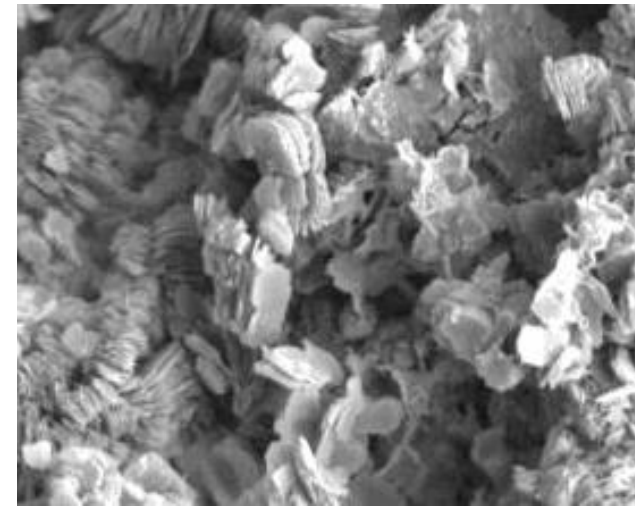
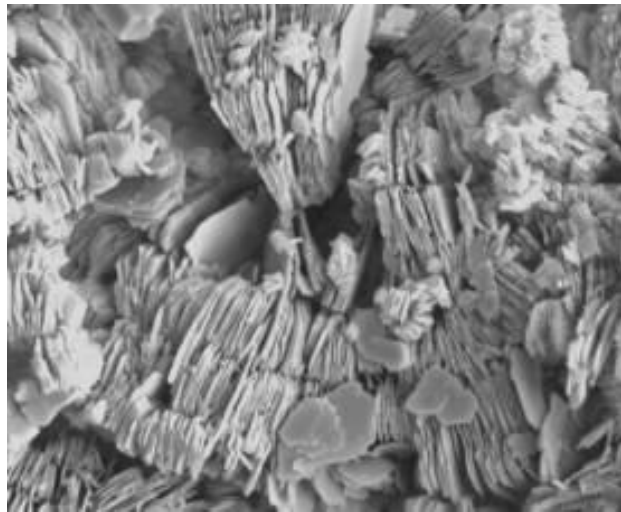
Produto da intemperização do Basalto no Havai



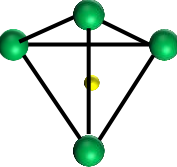
Tipos de minerais Argila

São três os principais tipos de minerais argila presentes nos solos:

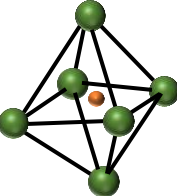
- As Caolinitas : Formada pela decomposição de feldspato alcalino (i.e. granito)
- Ilitas : São os mais comuns. São formados pela decomposição de algumas micas
- Montmorilonita : São do grupo das Esmectitas. São formados pela alteração de rochas ígneas básicas contendo silicatos ricos em Ca e Mg. São potencialmente expansivos.



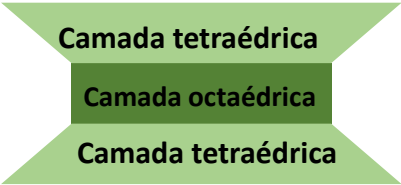
Estrutura mineral da Montmorilonita



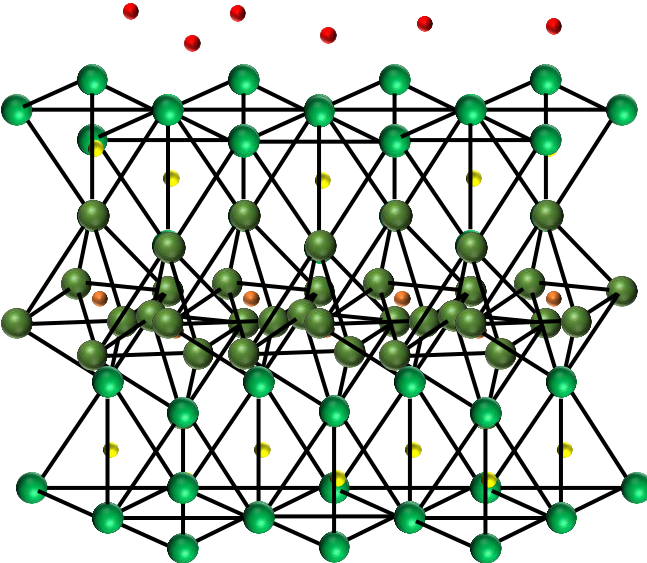
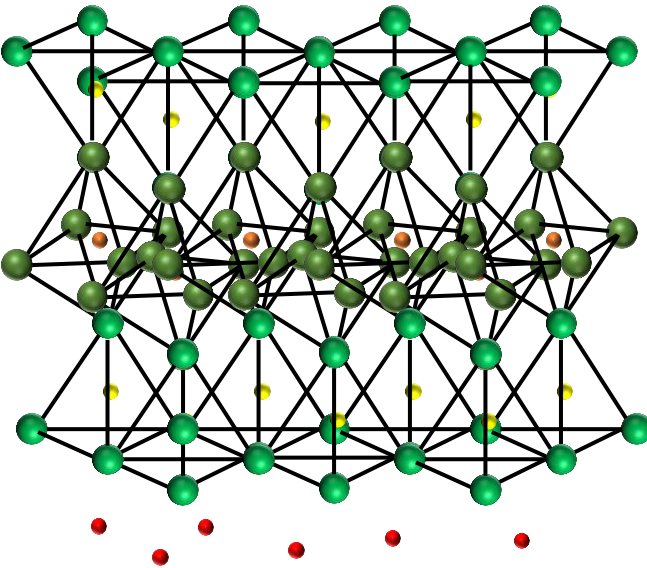
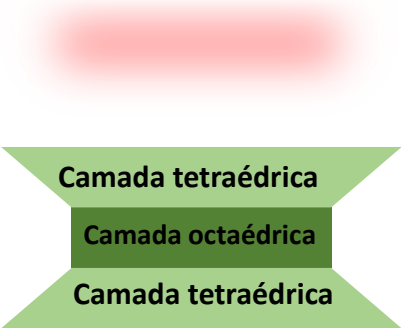
● Oxigênio
● Sílica

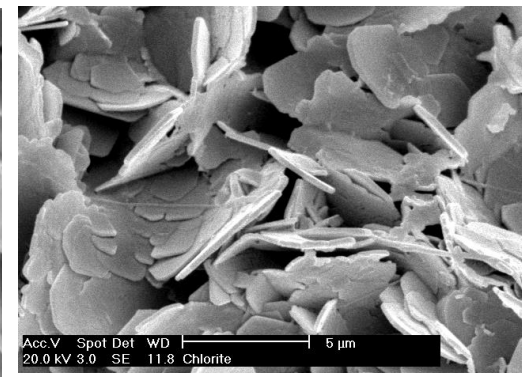
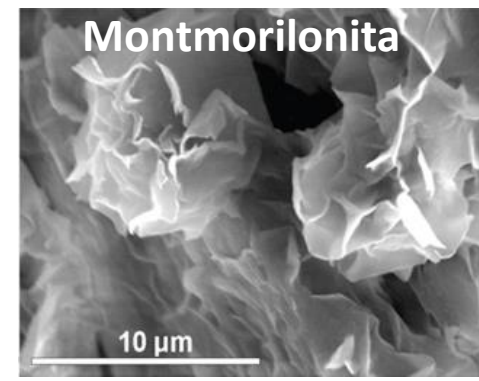
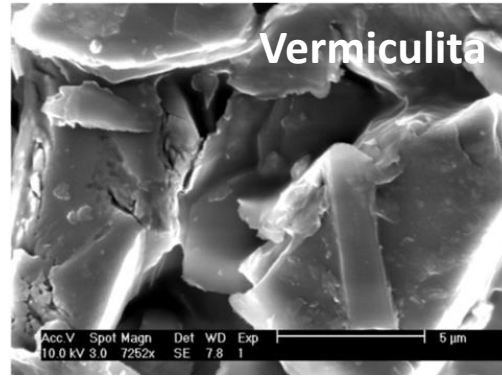
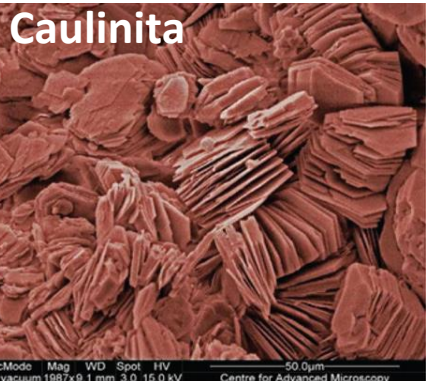


● Oxigênio, Hidroxila
● Alumínio



Água e Cátions trocáveis





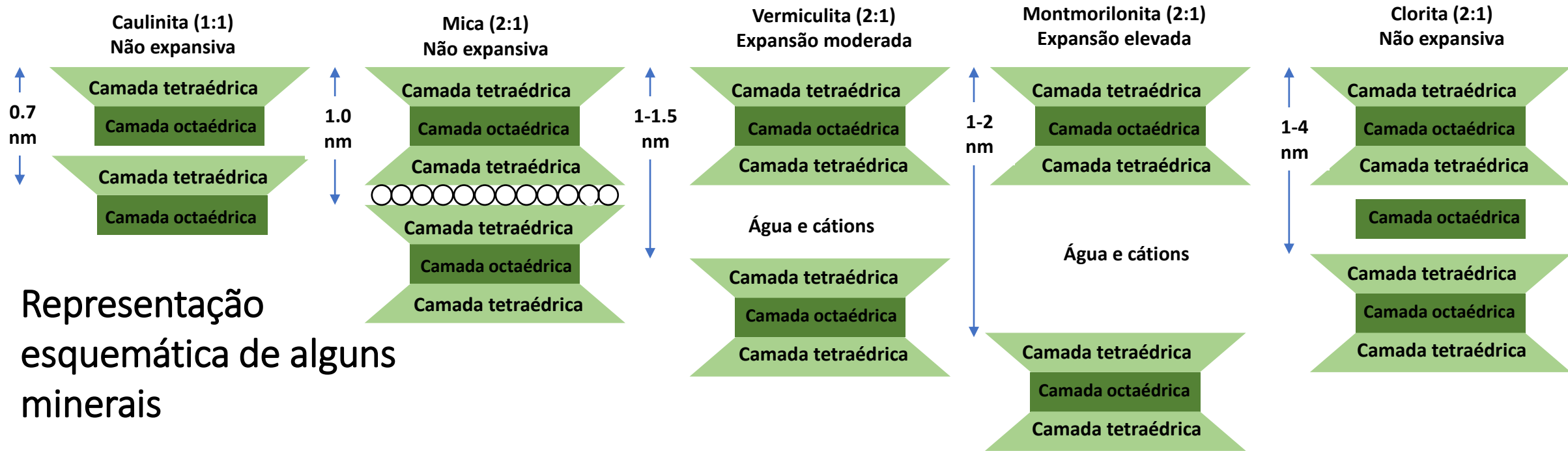
<https://www.grainsa.co.za/soil-the-producers-most-important-asset-part-4-the-clay-minerals>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Mica>

Campos et al (2009)

<https://www.grainsa.co.za/soil-the-producers-most-important-asset-part-4-the-clay-minerals>

<https://www.minersoc.org/images-of-clay.html>



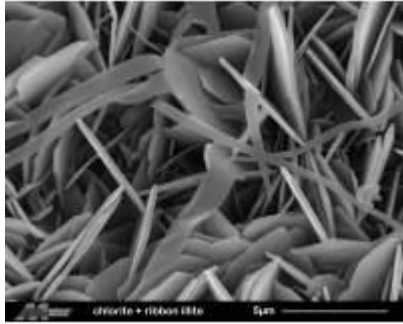


Geoterapia - o poder de argila...

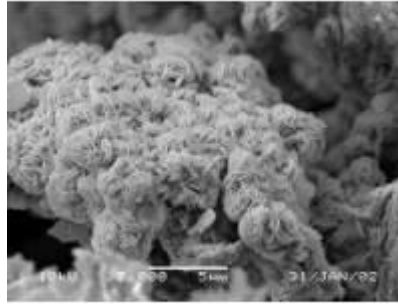
Argilas



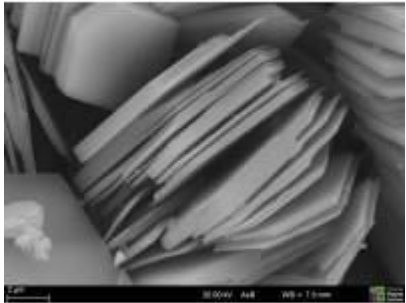
Allophane



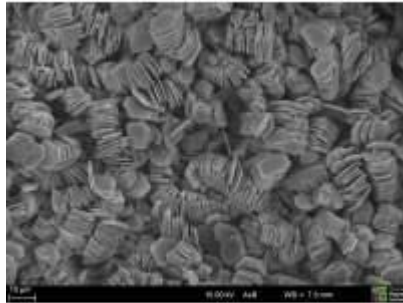
Chlorite + illite



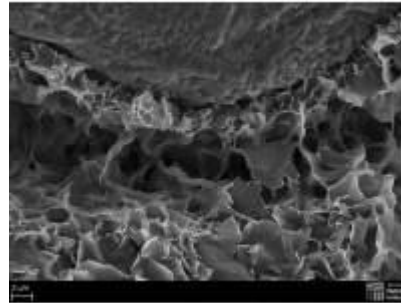
Gibbsite



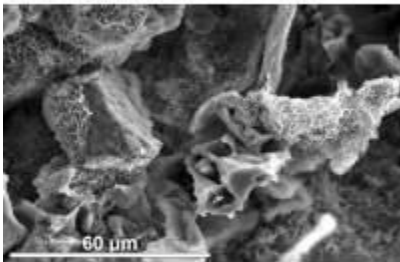
Kaolinite



Kaolinite



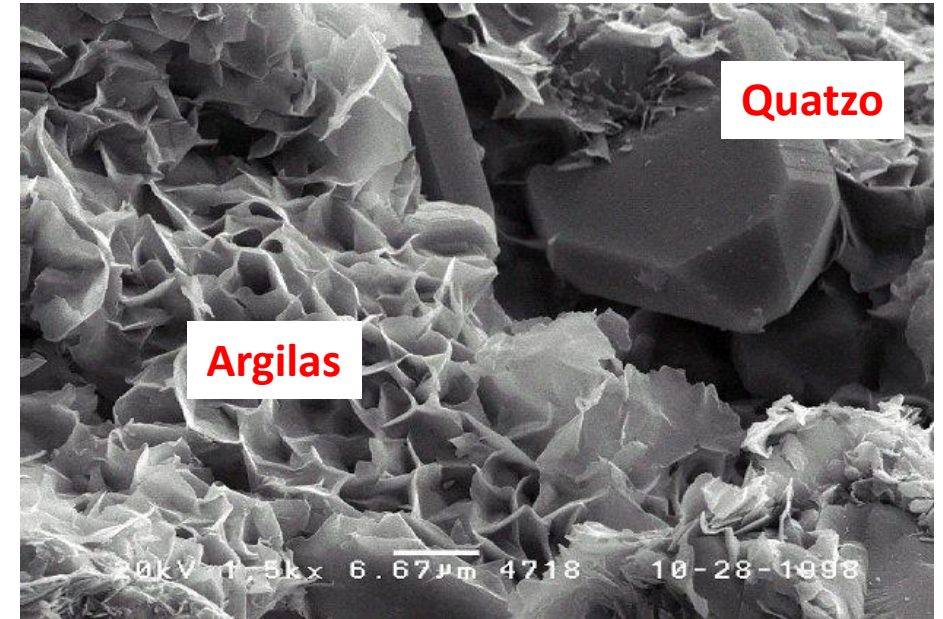
Smectite



Smectite, montmorillonite



Vermiculite



OMNI Laboratories, Inc

Solos Residuais

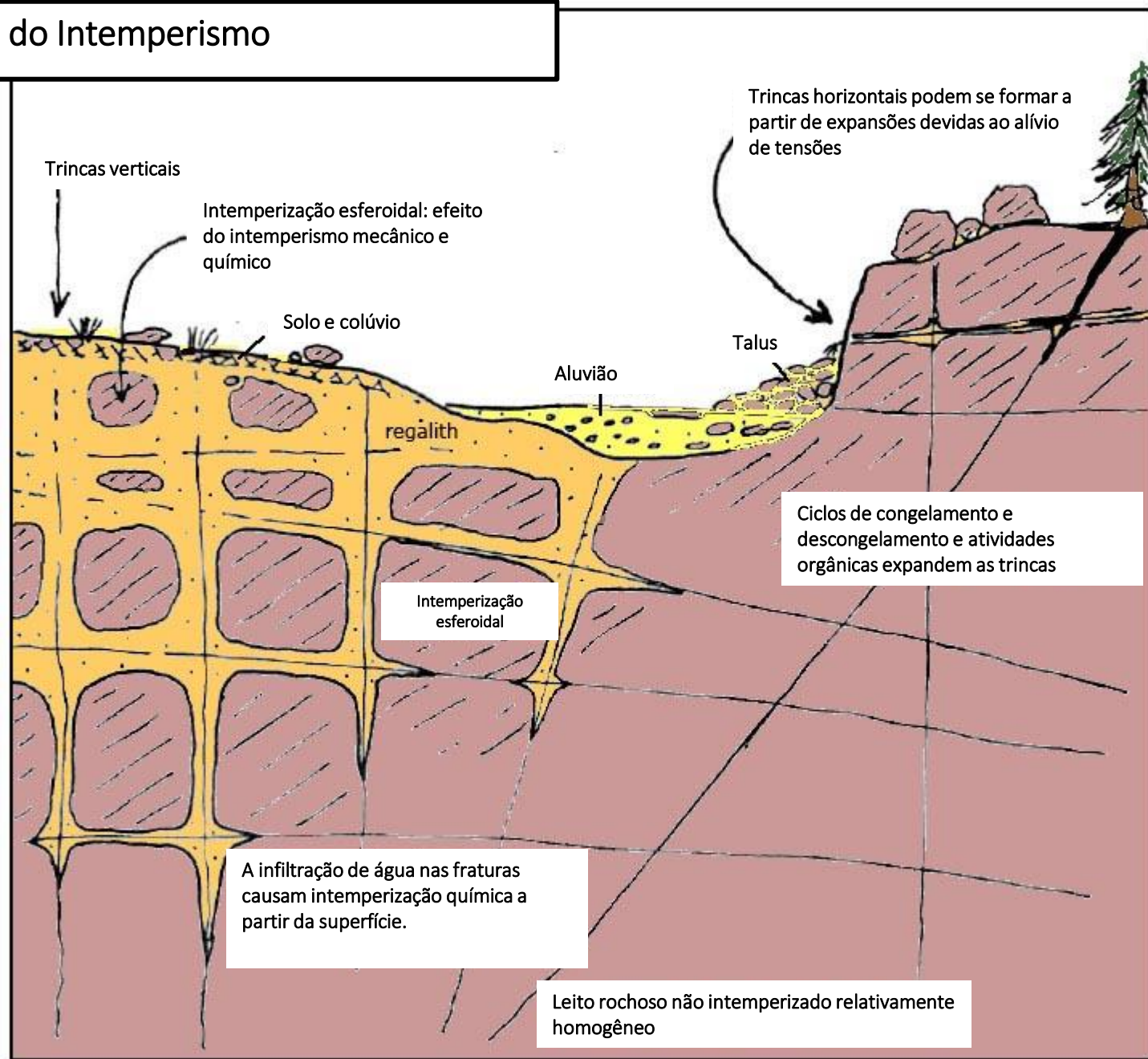


Solos Transportados





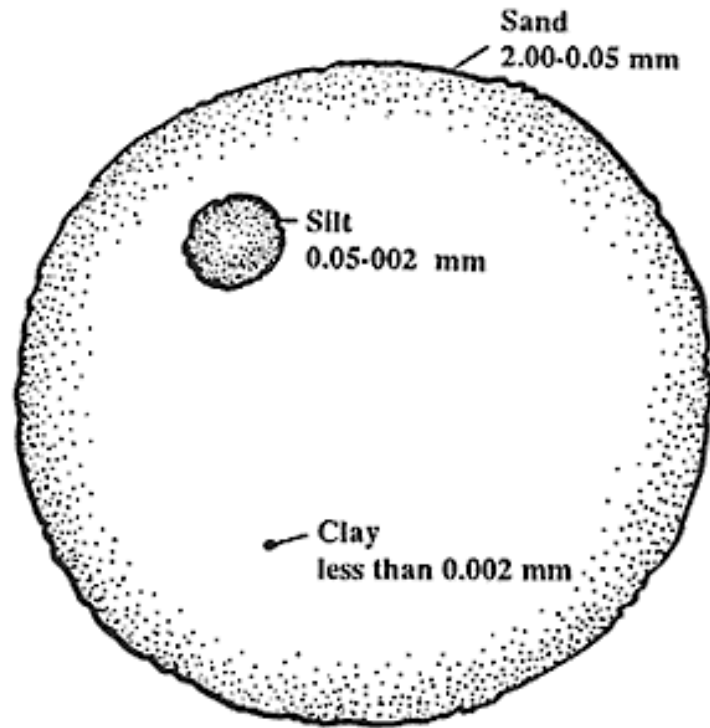
Aspectos do Intemperismo



Tamanho das Partículas, Forma e Distribuição



Tamanho das Partículas



http://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a_comp01.aspx

Areia grossa
(0.2 a 2 mm)



Areia fina
(0.02 a 0.2 mm)



Argila
(< 0.002 mm)



Silte
(0.002 a 0.02 mm)



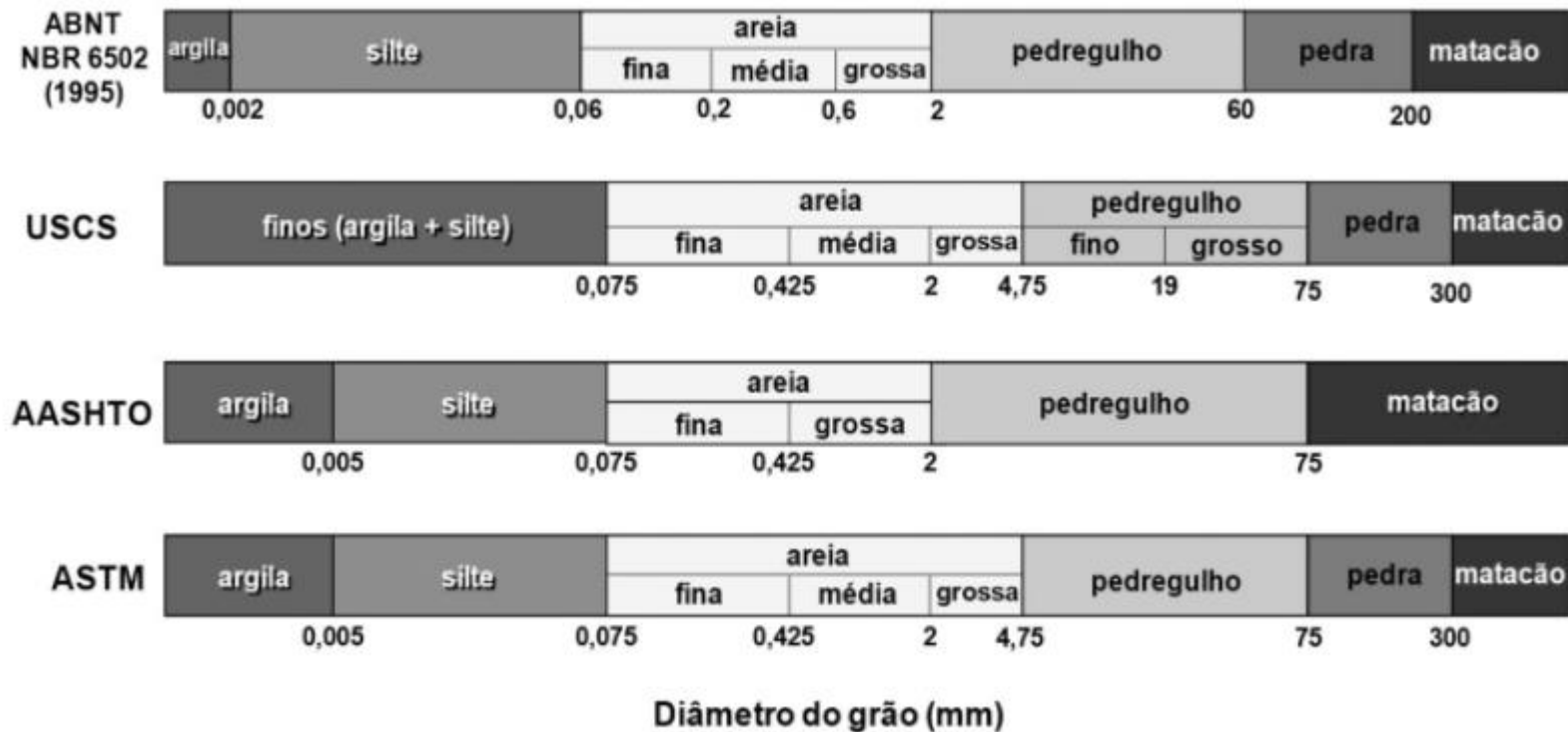


Areias



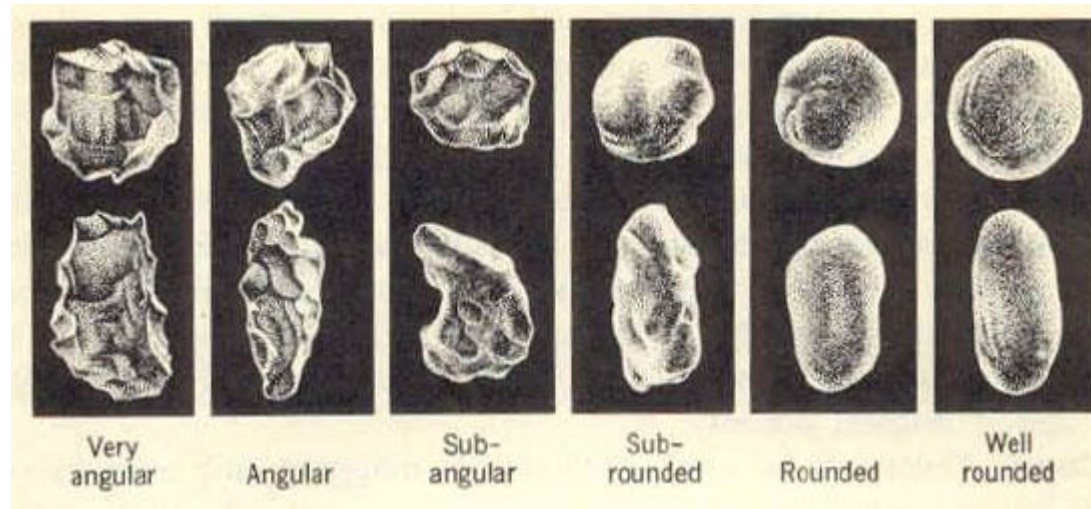
Tamanho das Partículas

- Areias – As partículas são visíveis a olho nu
- Siltes – Quando secam ficam viram pó e são facilmente removidos das mãos e dos sapatos.
- Argilas – Quando úmidas são pegajosas e difíceis de serem removidas das mãos e dos sapatos.



Areias e Siltes

- Areias e partículas de grandes diâmetros são arredondadas, mas possuem diferentes características na forma e na rugosidade da superfície
- Isto depende da forma de transporte
- Possuem uma baixa superfície específica



<http://www.sand-atlas.com/en/shape-of-sand-grains/>

- **Aredondados** – água ou ar – sedimento transportado
- **Angular** – Faces planas e quinas vivas – solos residuais



Areias no Mundo



Brasil – Bahia – Salvador, Jardim de Alá



USA – California – Palm Springs



Mexico – Baja California Sur – Cabo – Cabo San Lucas



Africa do Sul – Western Cape – Cape Peninsula, Hout Bay



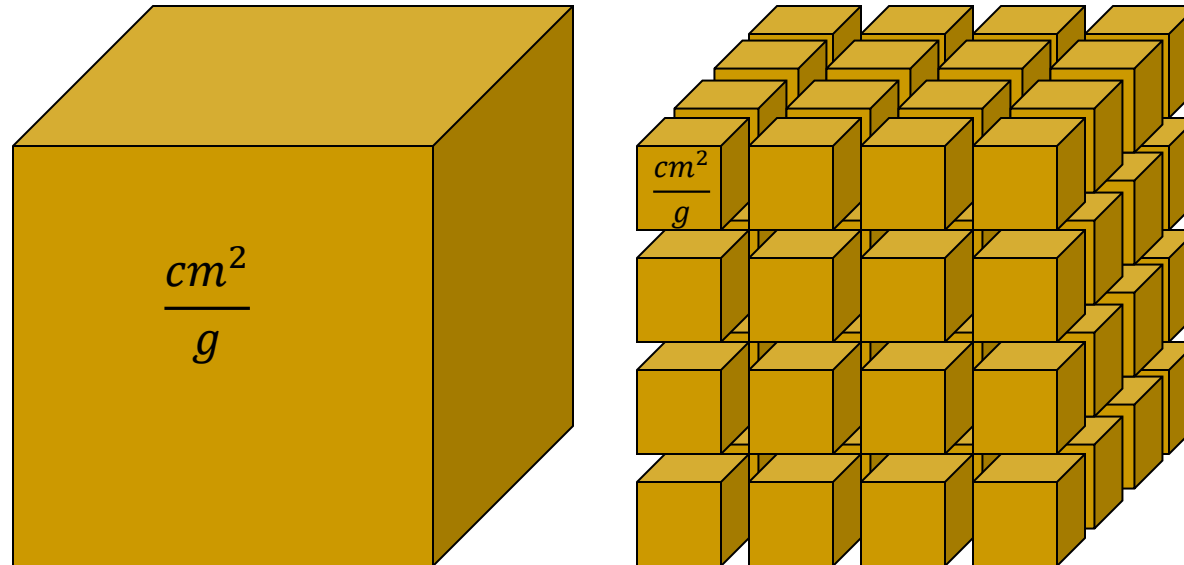
Kenia – Coast – Beach at Pate island



Australia – Victoria – Great Ocean Road, 12 Apostels

Argilas

- As argilas possuem uma forma de placas onde sua espessura é muitas vezes menor que seu comprimento e largura.
- Muitas vezes isto chega a 1/100 de seu comprimento.
- Possuem um elevado valor de superfície específica.
- Suas superfícies possuem uma carga elétrica negativa que atrai a carga positiva das moléculas de água.
- A carga depende do tipo de mineral e pode ser afetado pela característica da água.
- Esta característica causa forças entre as partículas que são proporcionais a superfície específica.
- Muita água pode ser absorvida pela argila.



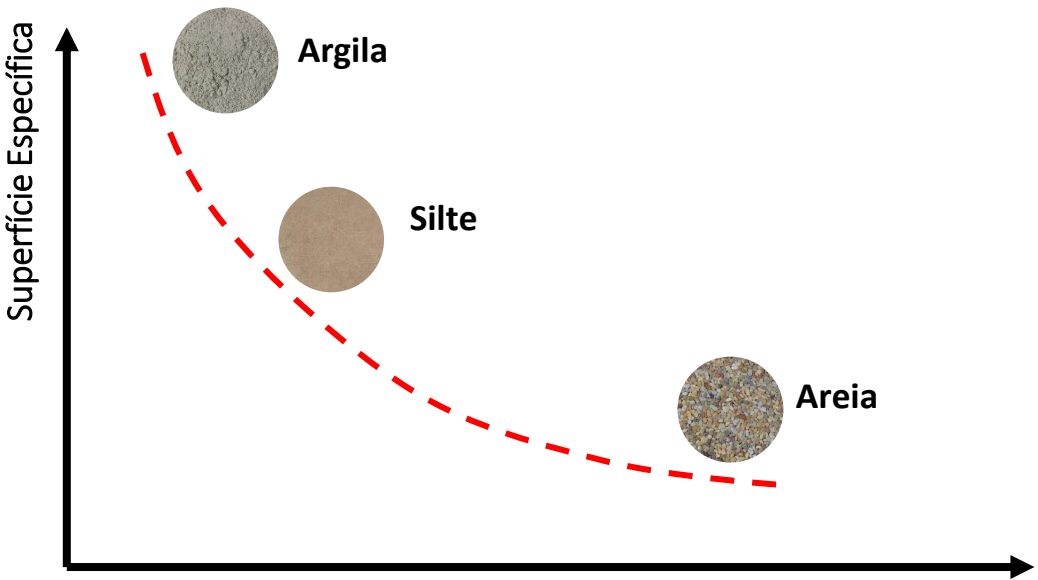
Superfície específica.

Specific surface area of soil particles

Particle	Effective Diameter (cm)	Mass (g)	Area (cm ²)	Specific Surface Area (cm ² g ⁻¹)
Gravel	2×10^{-1}	1.13×10^{-2}	1.3×10^{-1}	11.1
Sand	5×10^{-3}	1.77×10^{-7}	7.9×10^{-5}	444.4
Silt	2×10^{-4}	1.13×10^{-11}	1.3×10^{-7}	11.1×10^4
Clay ^a	2×10^{-4}	8.48×10^{-15}	6.3×10^{-8}	7.4×10^6

^aThickness = 10^{-7} cm

Hopmans (2002)





Caulin



Bentonita



Solo Laterítico



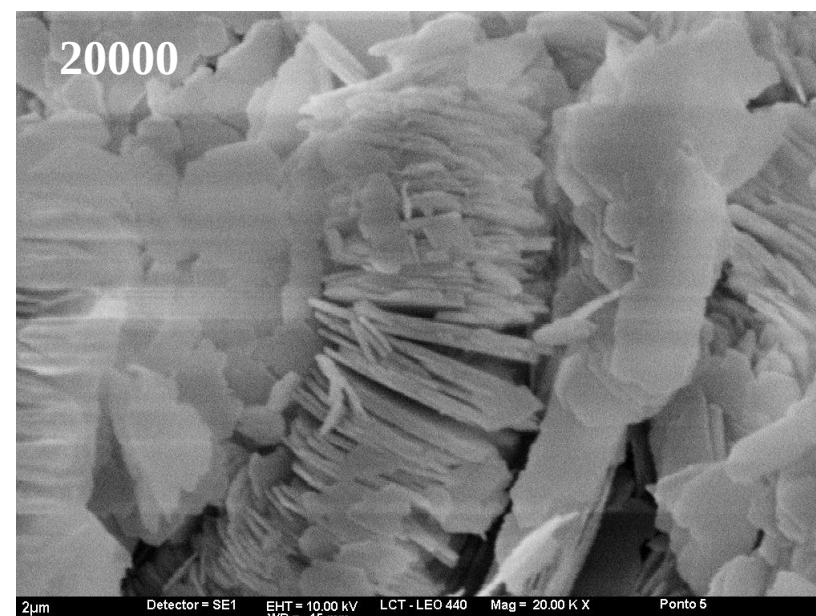
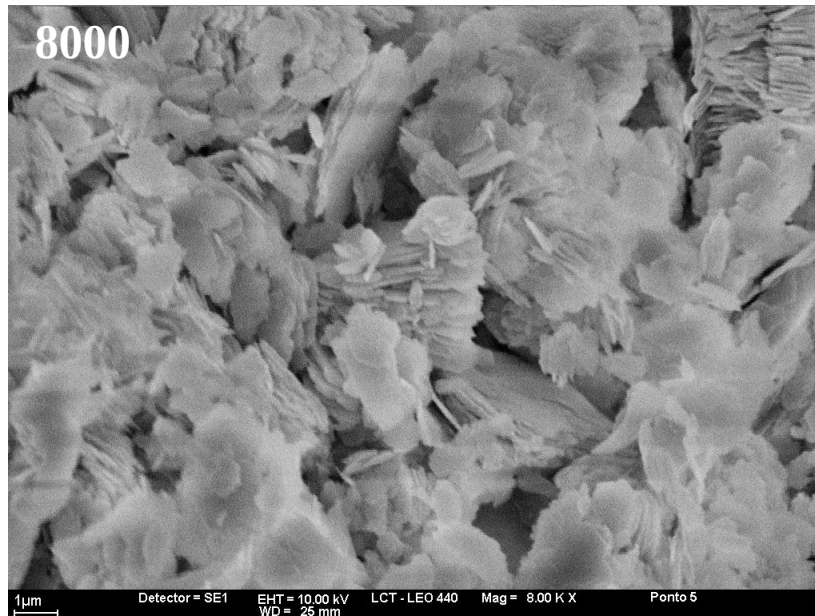
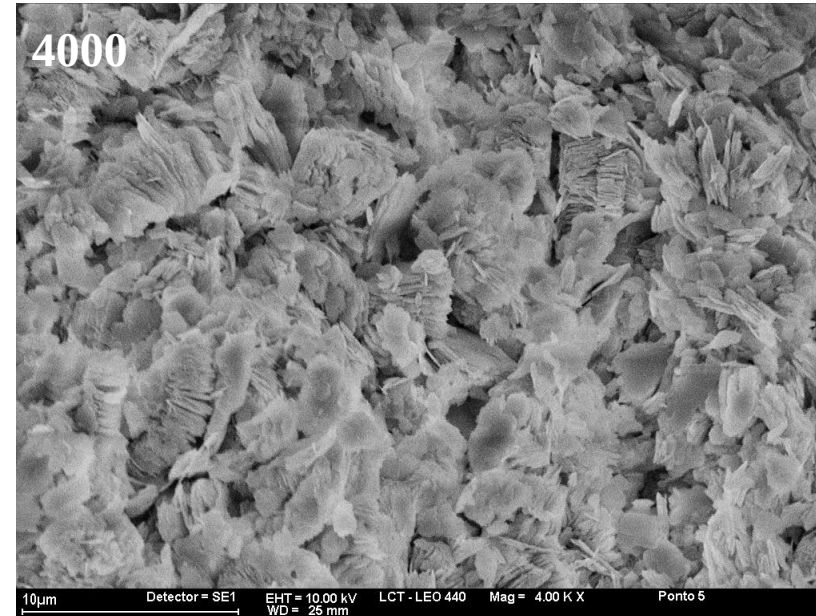
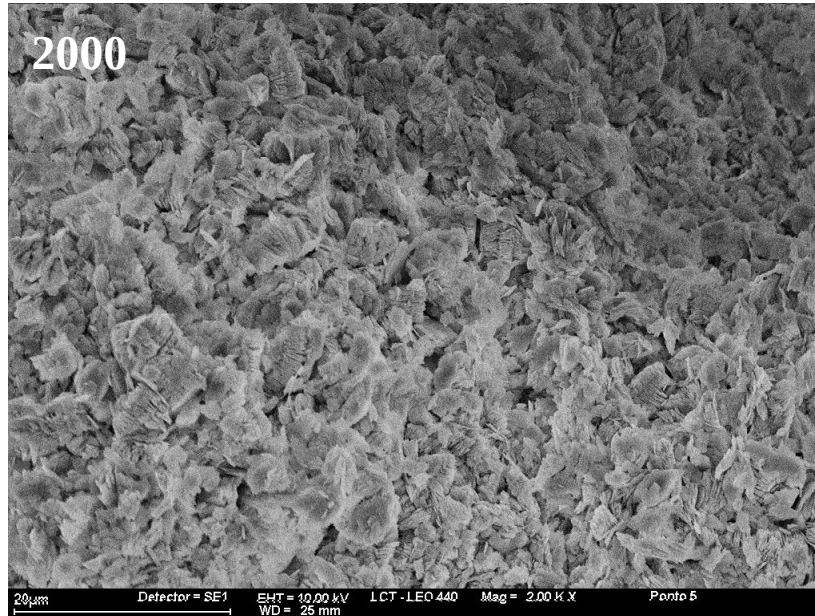
Solo Residual



Solo Residual - compactado

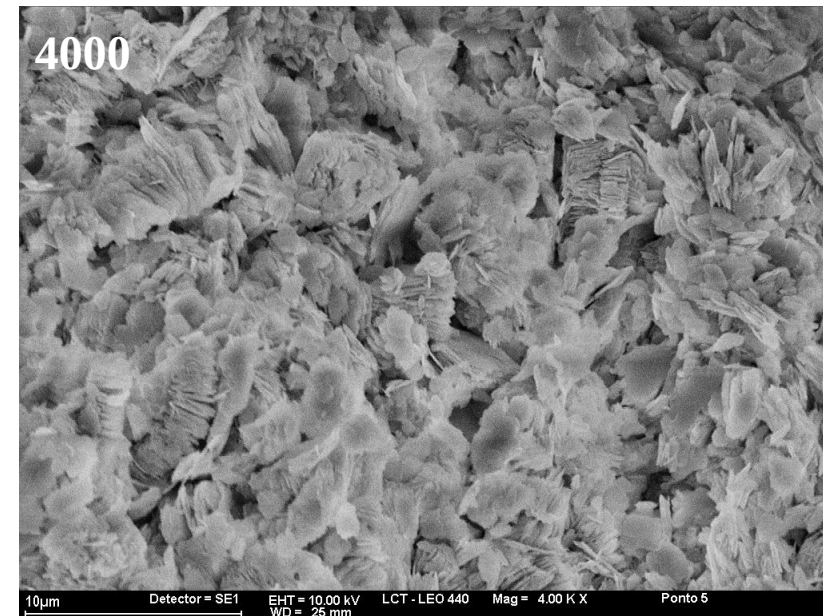
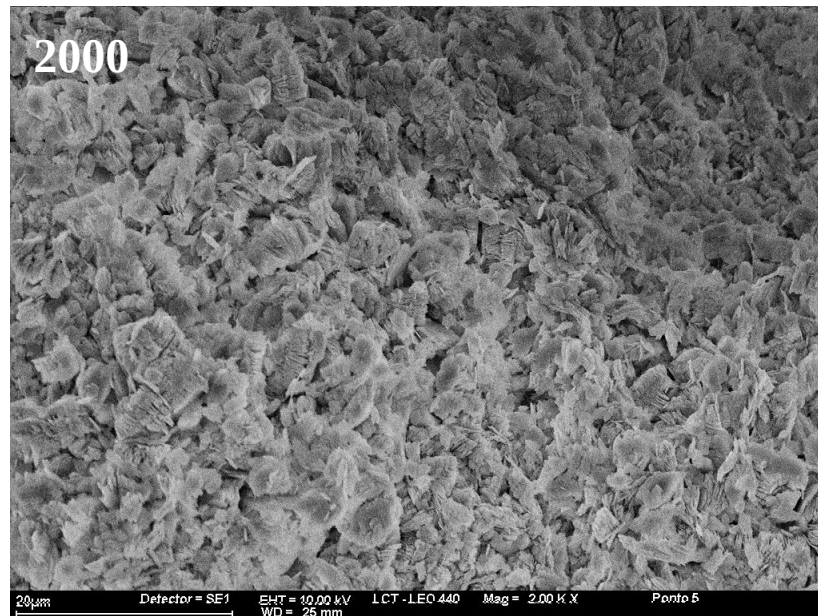
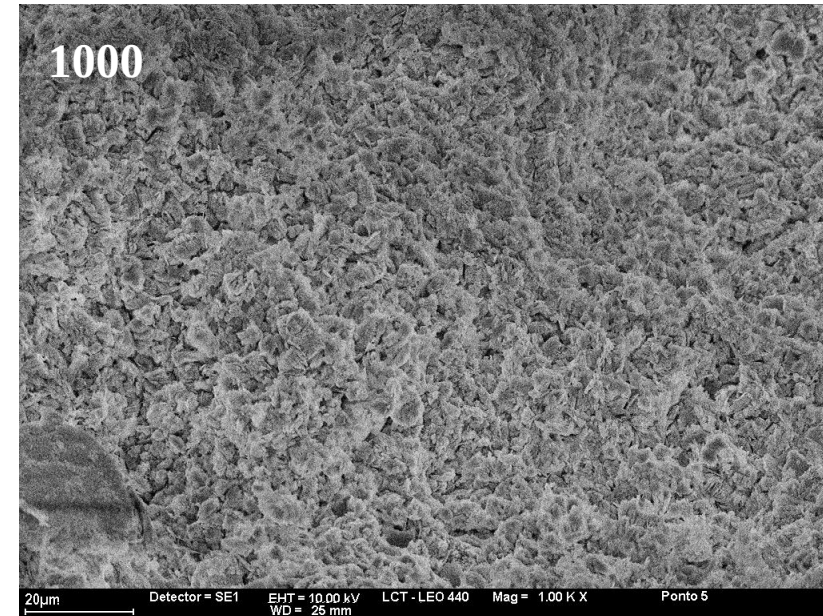
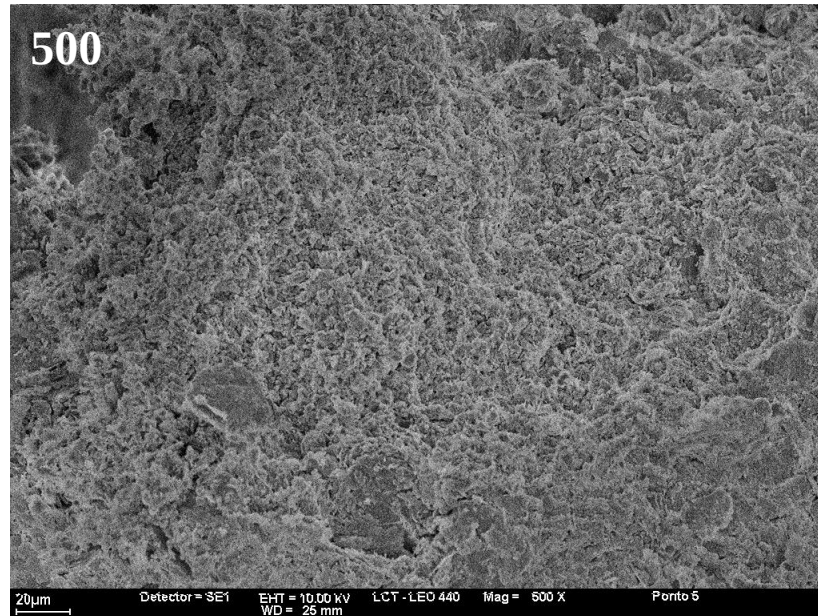
Solo Residual de Gnaiss - compactado

Microscopia Eletrônica



Solo Residual de Gnaiss - compactado

Microscopia Eletrônica





Solo Residual

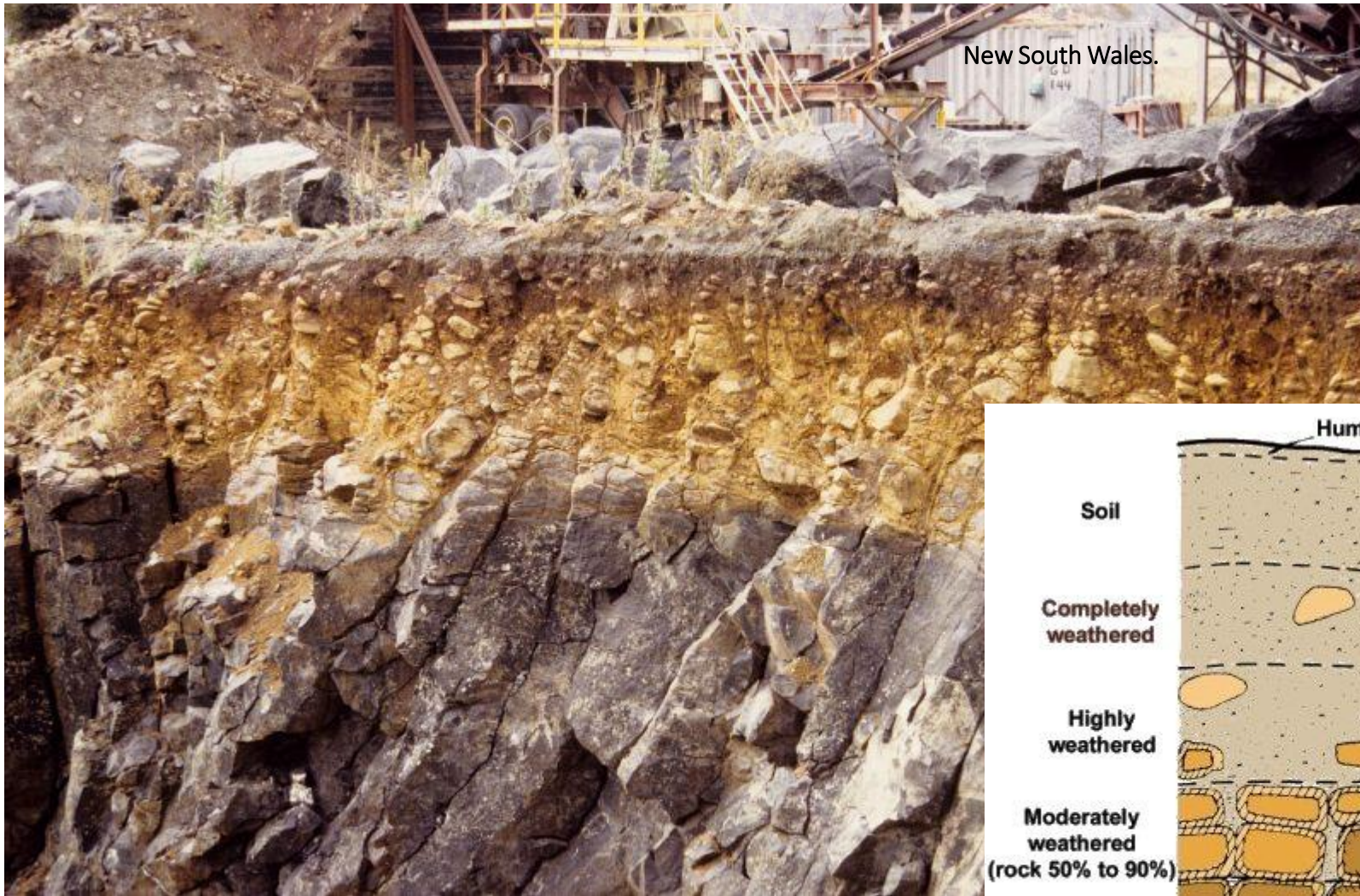


Solo Residual

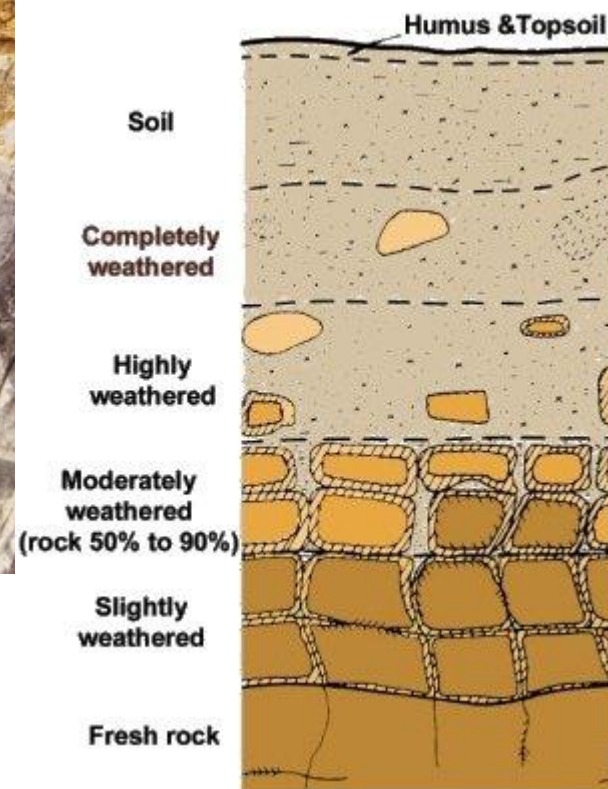


Turfa – Solo orgânico





http://crlcme.org.au/Educ/rgg/4-mt_oberon/index.html



Little (1969)

Natureza dos Solos

Caracterização dos solos

Prof. Fernando A. M. Marinho
2022



Análise Tátil Visual



Meehan & Tehrani (2009)

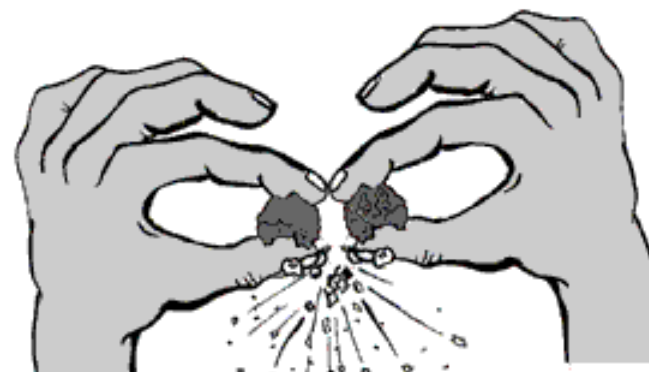
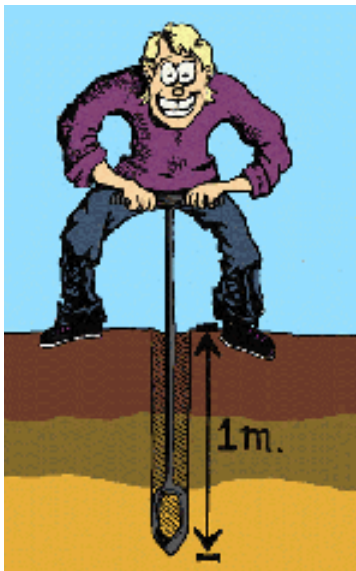


<https://www.nrcan.gc.ca/>



<https://www.guiadaengenharia.com/ensaios-de-sondagem/>

Análise Tátil Visual



Análise Tátil Visual



Solo solto



Solo friável



Solo firme



Solo extremamente firme



Meehan & Tehrani (2009)

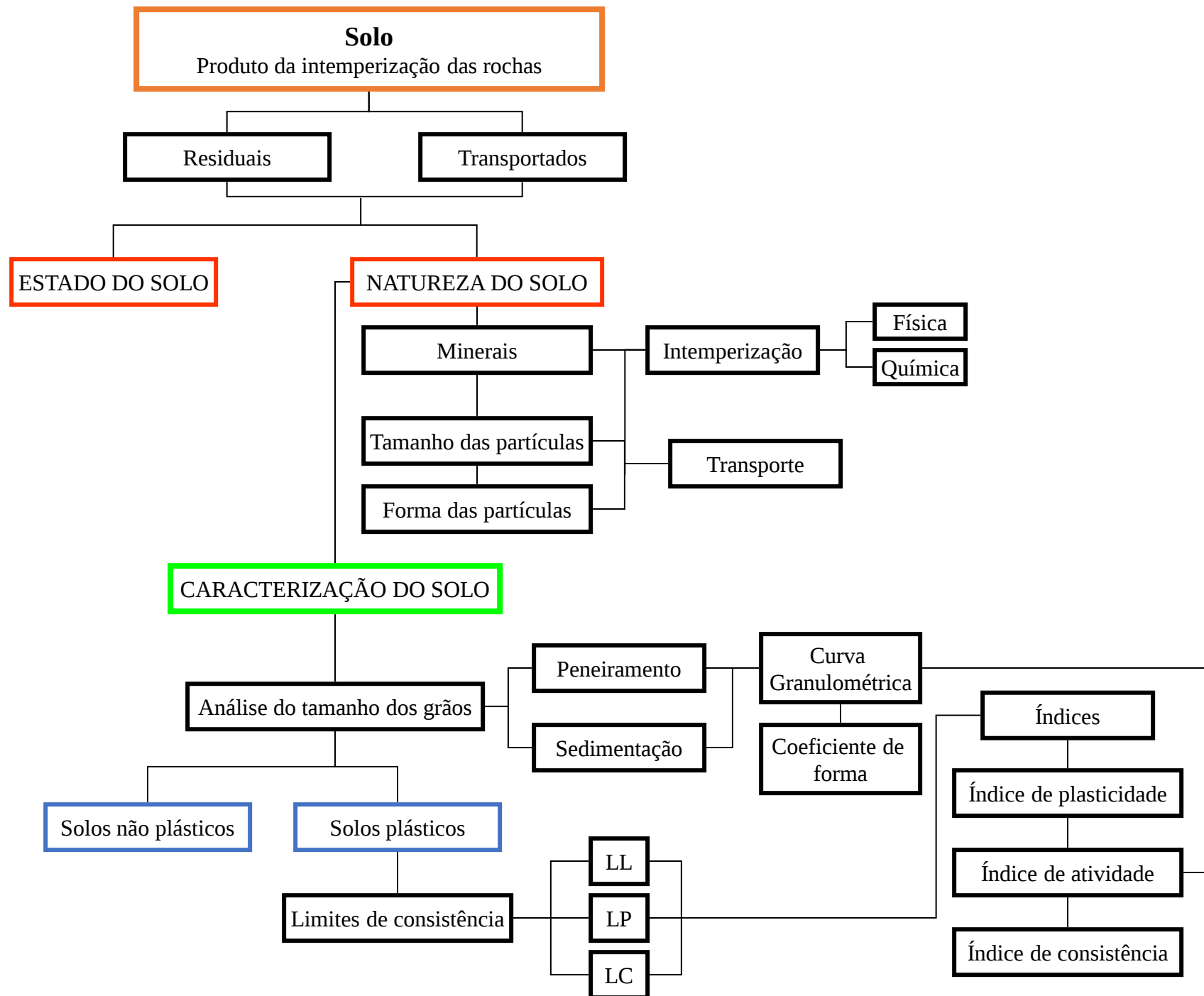


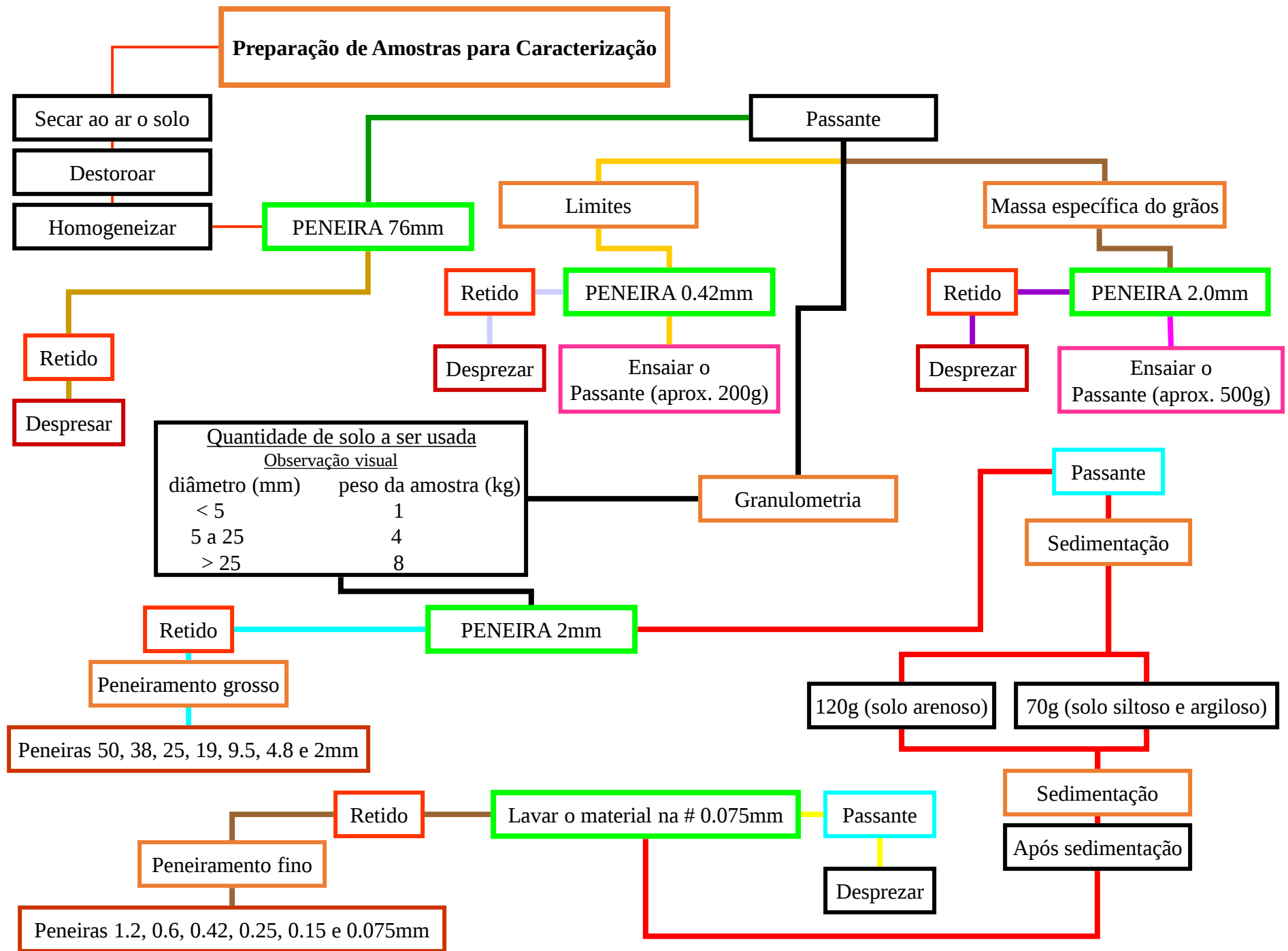
<https://www.nrcan.gc.ca/>



Amostragem para
Caracterização







Determinação da Distribuição Granulométrica



Peneiramento

Determinação da Distribuição Granulométrica

Lei de Stokes

$$v_g = \frac{d^2(\rho_s - \rho_w)}{18\eta}$$

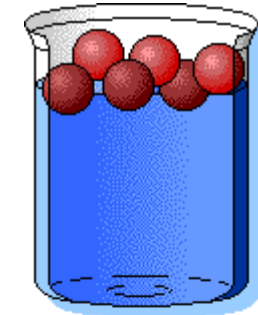
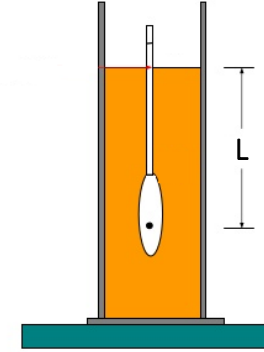
$$v_g = \frac{L}{t}$$

Viscosidade da água

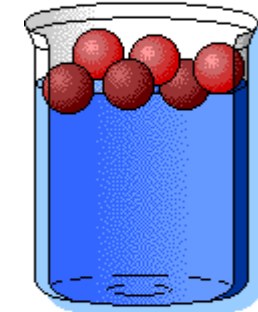


$$D(mm) = K \sqrt{\frac{L(cm)}{t(min)}}$$

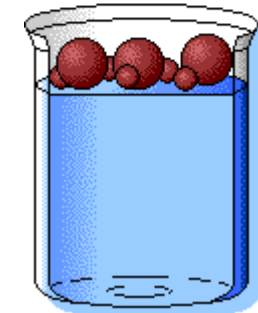
$$K = \sqrt{\frac{30\eta}{(G_s - 1)}}$$



*High Liquid
Viscosity*



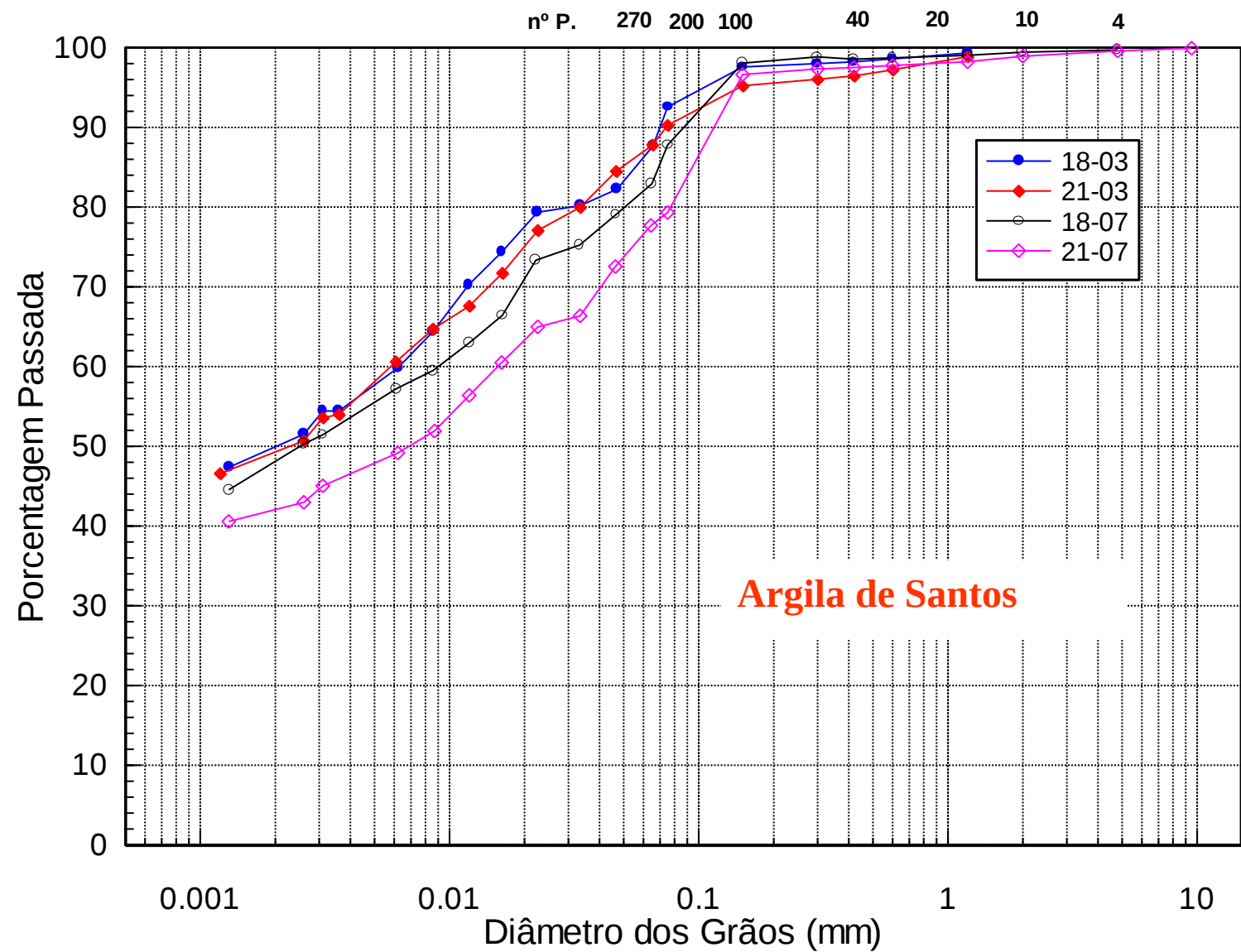
*Particle Density
Low Liquid
Viscosity*



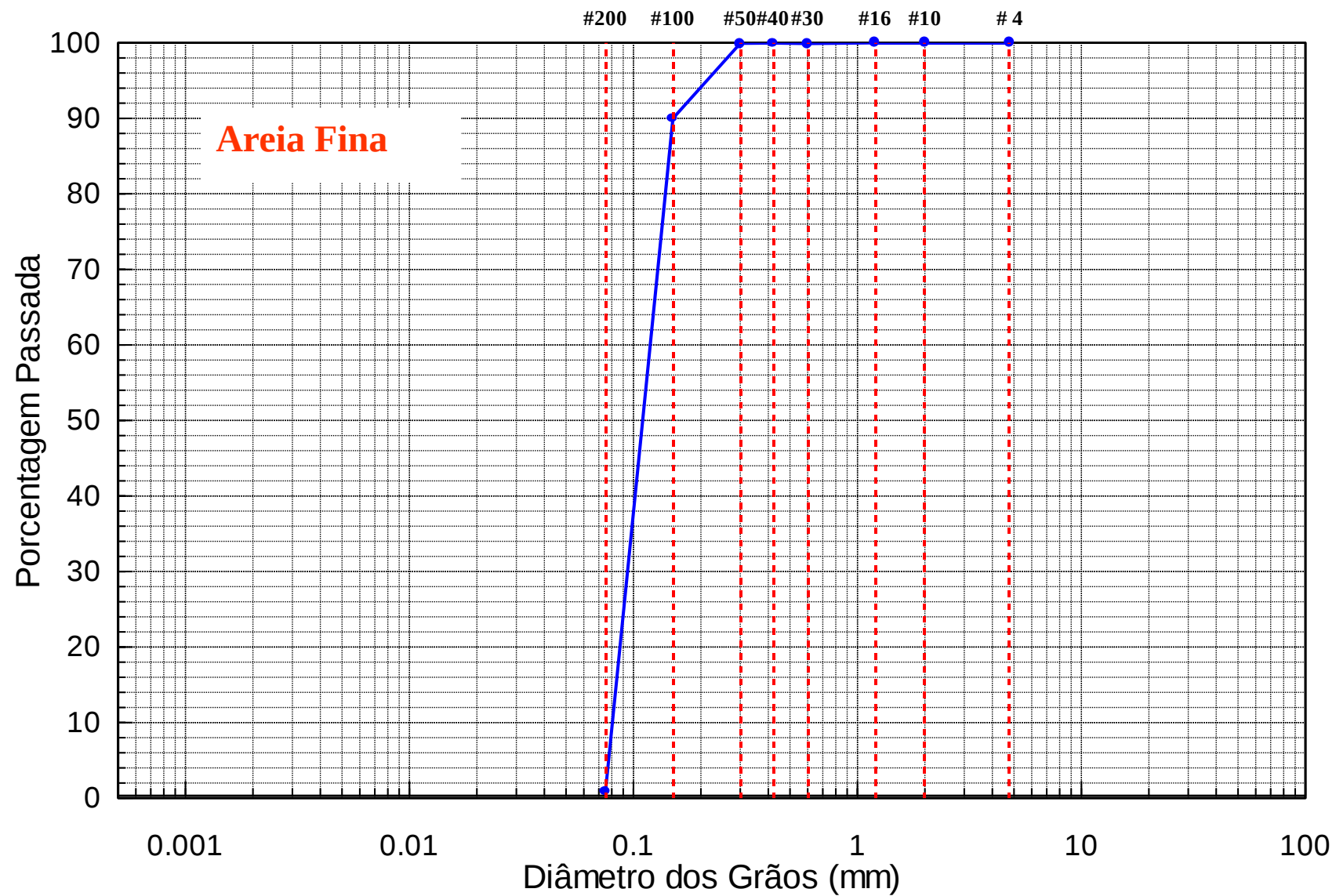
Particle Size



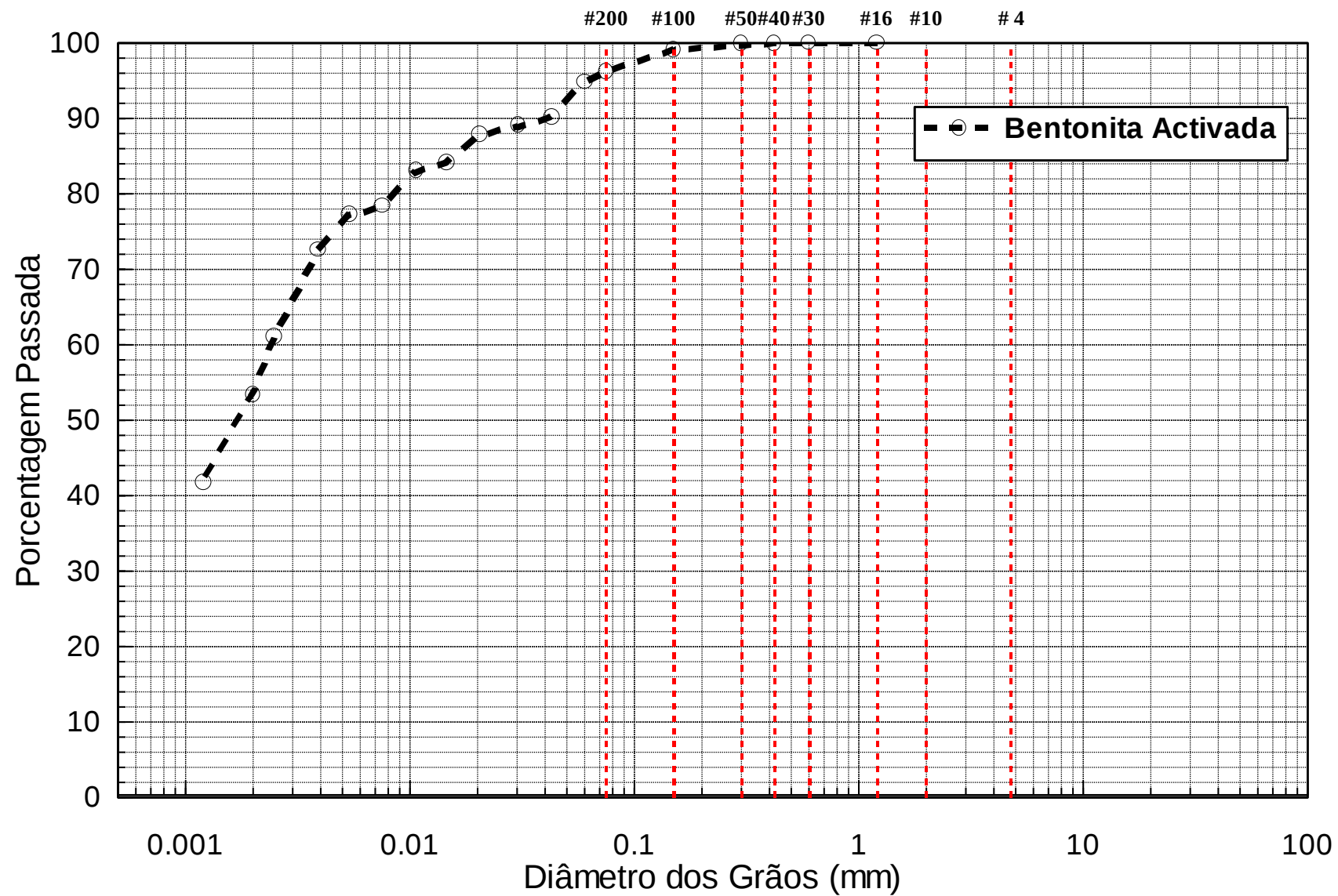
Sedimentação



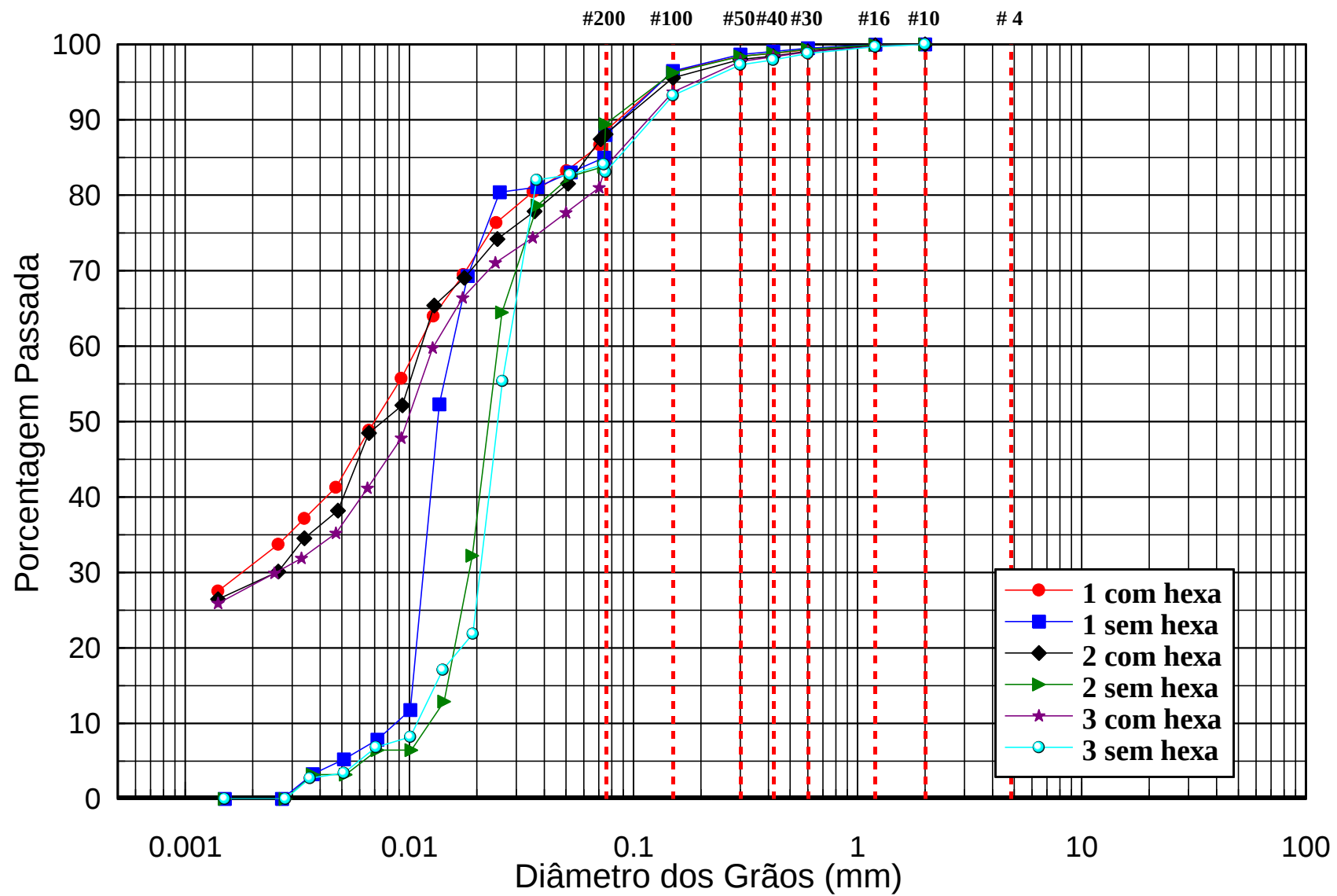
Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média	A.grossa	Pedregulho
--------	-------	------------	-------------	----------	------------



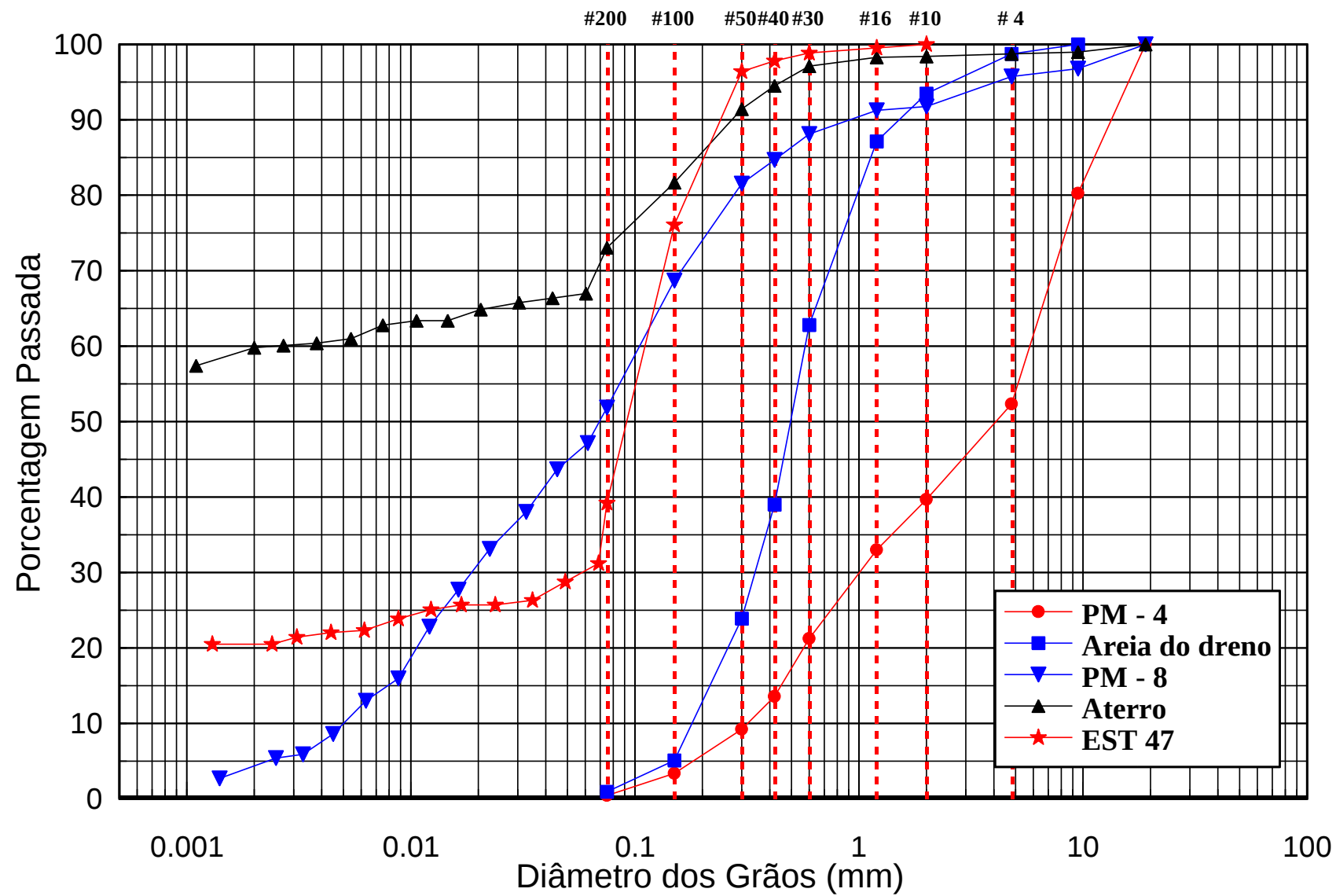
argila	silte	areia fina	areia média	a. grossa	pedregulho
--------	-------	------------	-------------	-----------	------------



argila	silte	areia fina	areia média	a. grossa	pedregulho
--------	-------	------------	-------------	-----------	------------

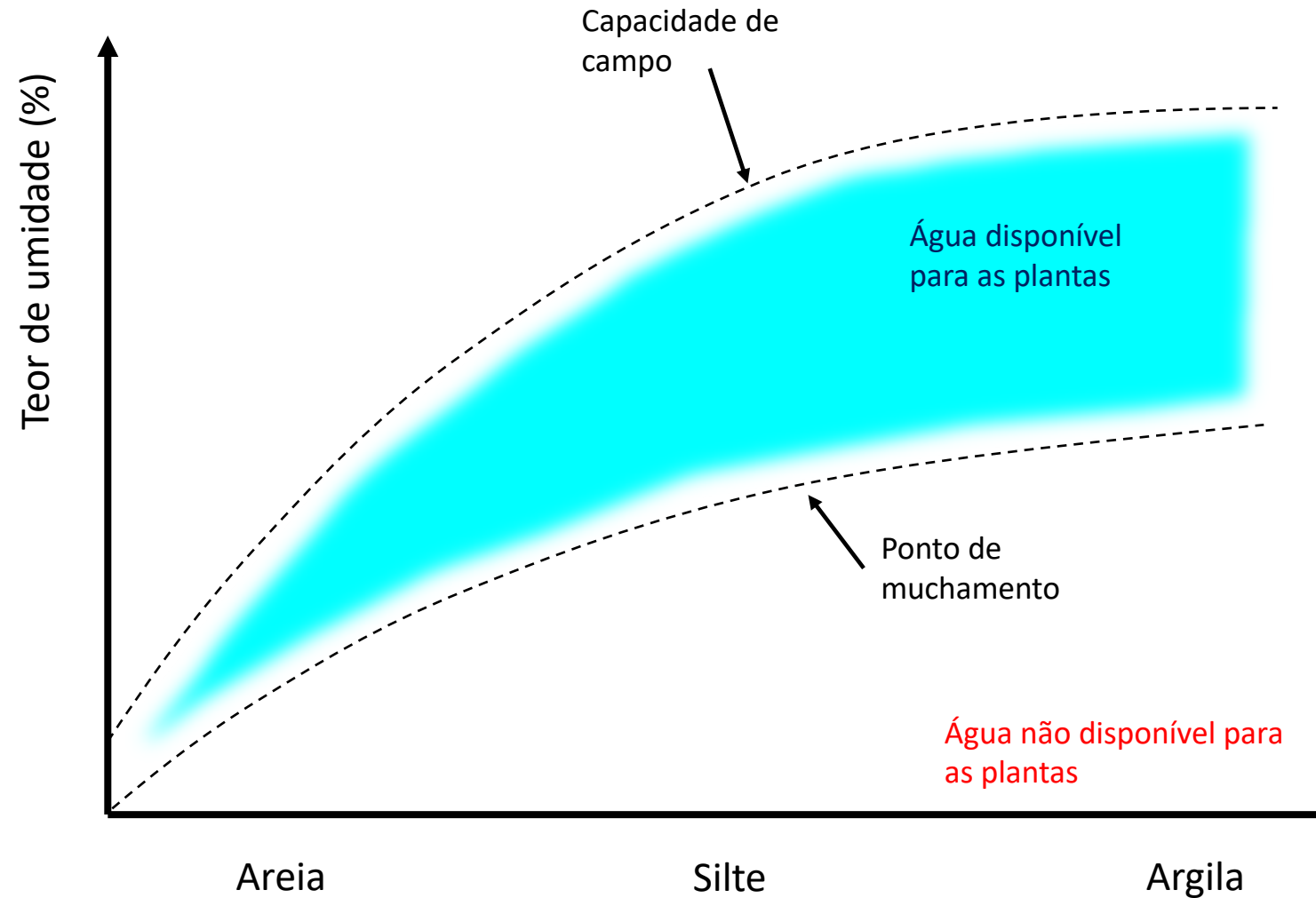


argila	silte	areia fina	areia média	a. grossa	pedregulho
--------	-------	------------	-------------	-----------	------------



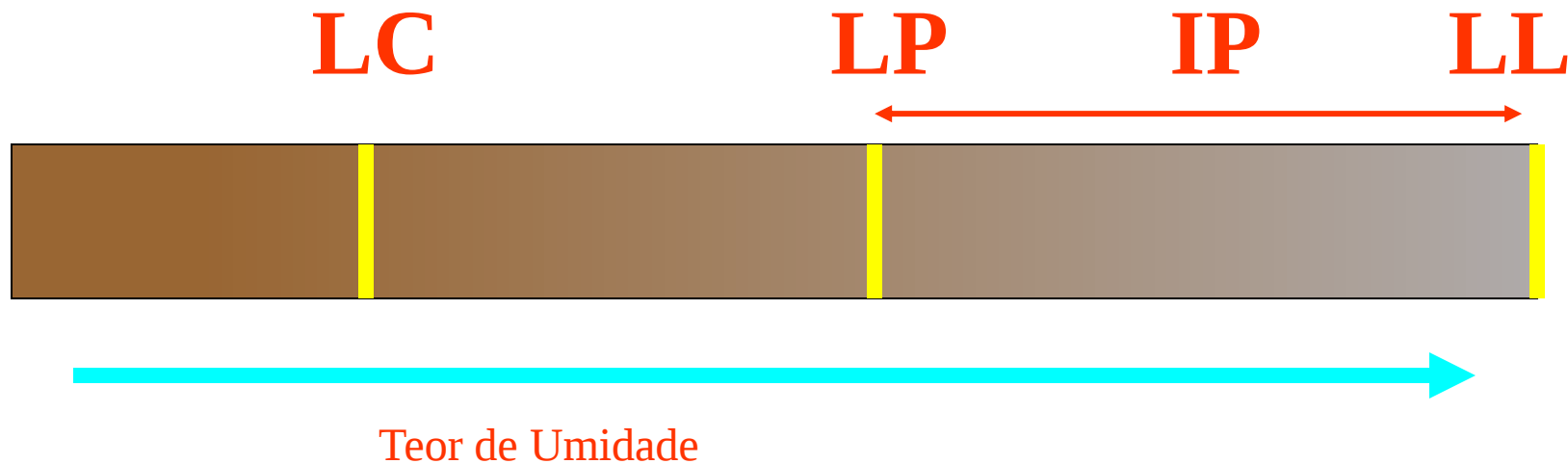
argila	silte	areia fina	areia média	a. grossa	pedregulho
--------	-------	------------	-------------	-----------	------------

A água nos solos e a característica mineralógica

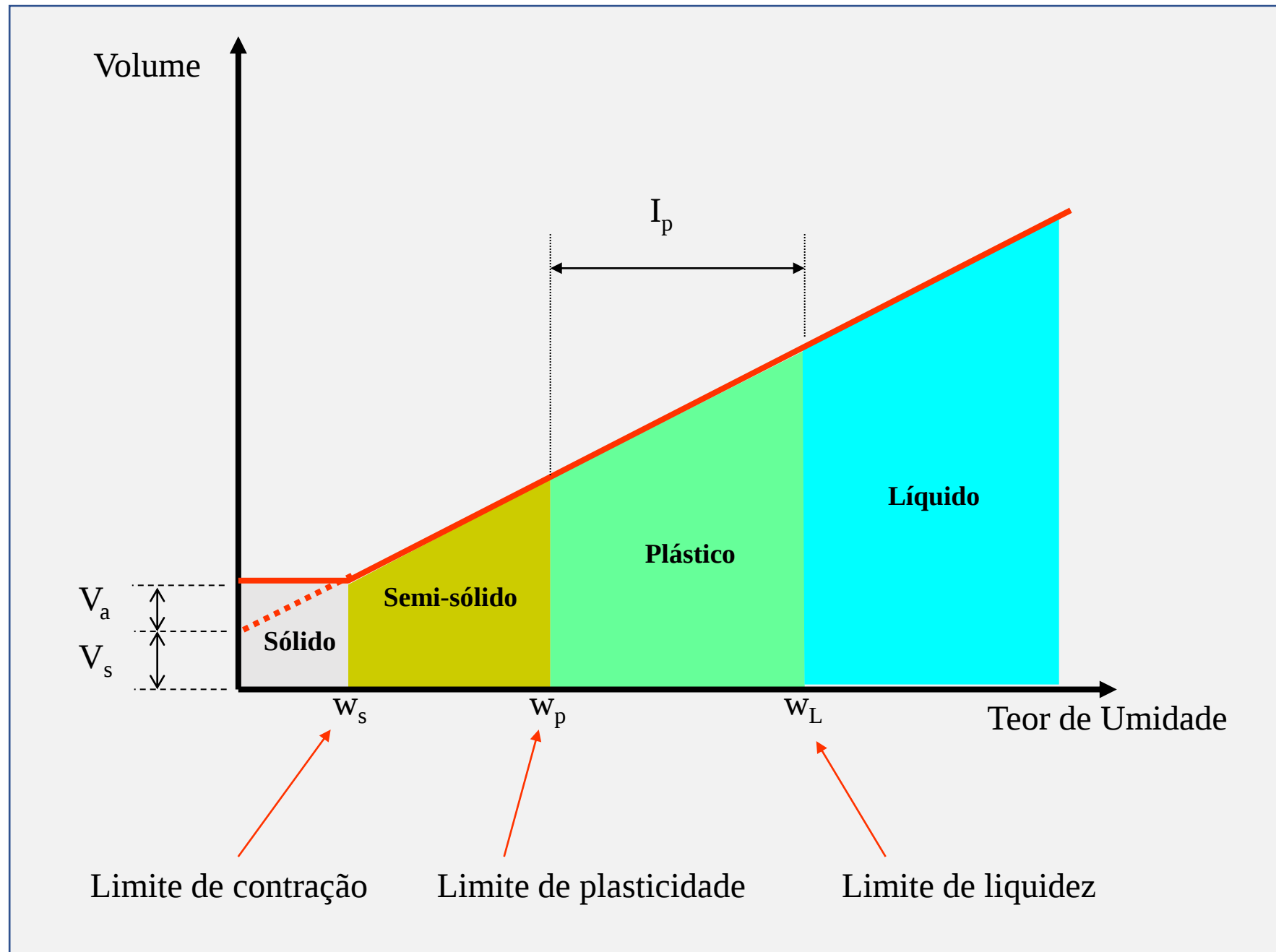


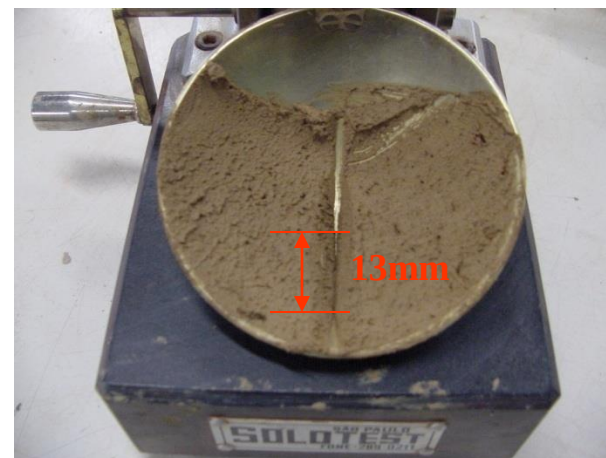
Limites de Consistência
(Limites de Atterberg)

Limites de Consistências



LL – limite de liquidez
LP – Limite de plasticidade
LC – Limite de contração
IP – Índice de Plasticidade

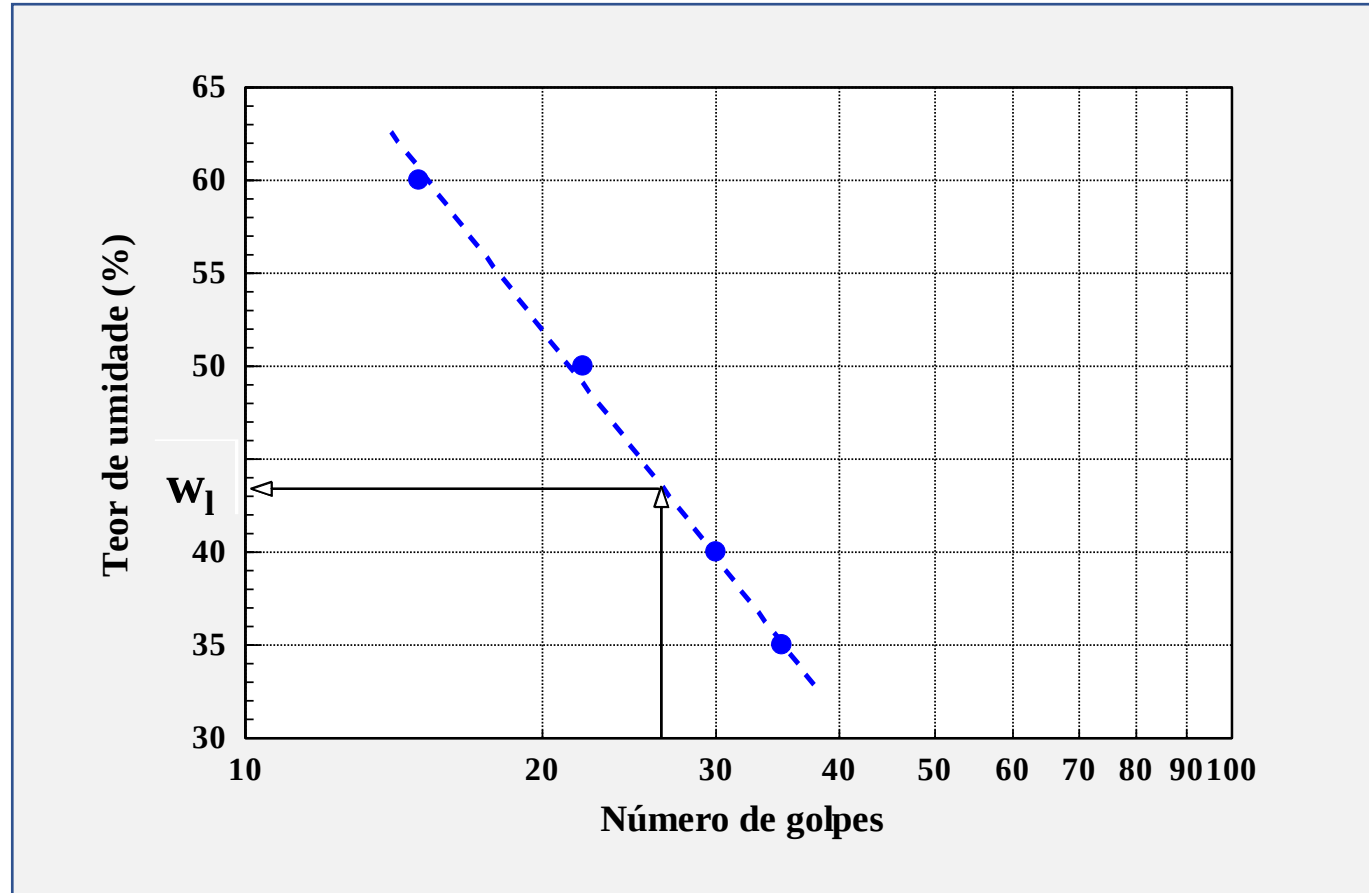




Ensaio de Limite de Liquidez
(Aparelho de Casagrande)

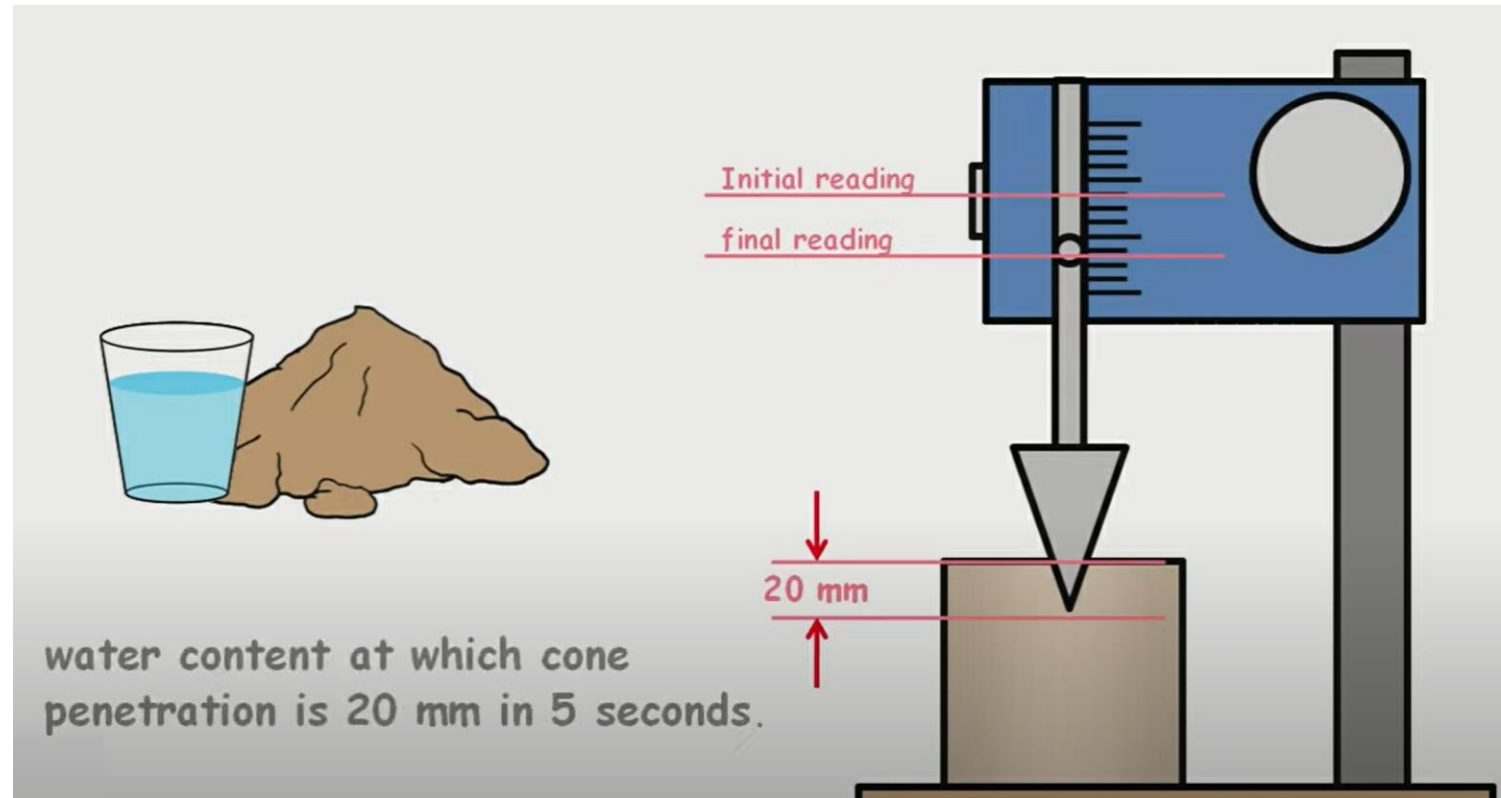


Limite de Liquidez

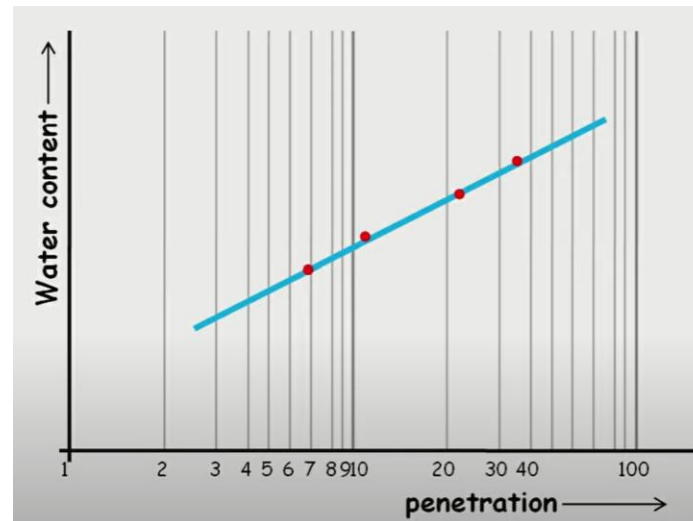


W_L = Limite de liquidez = LL

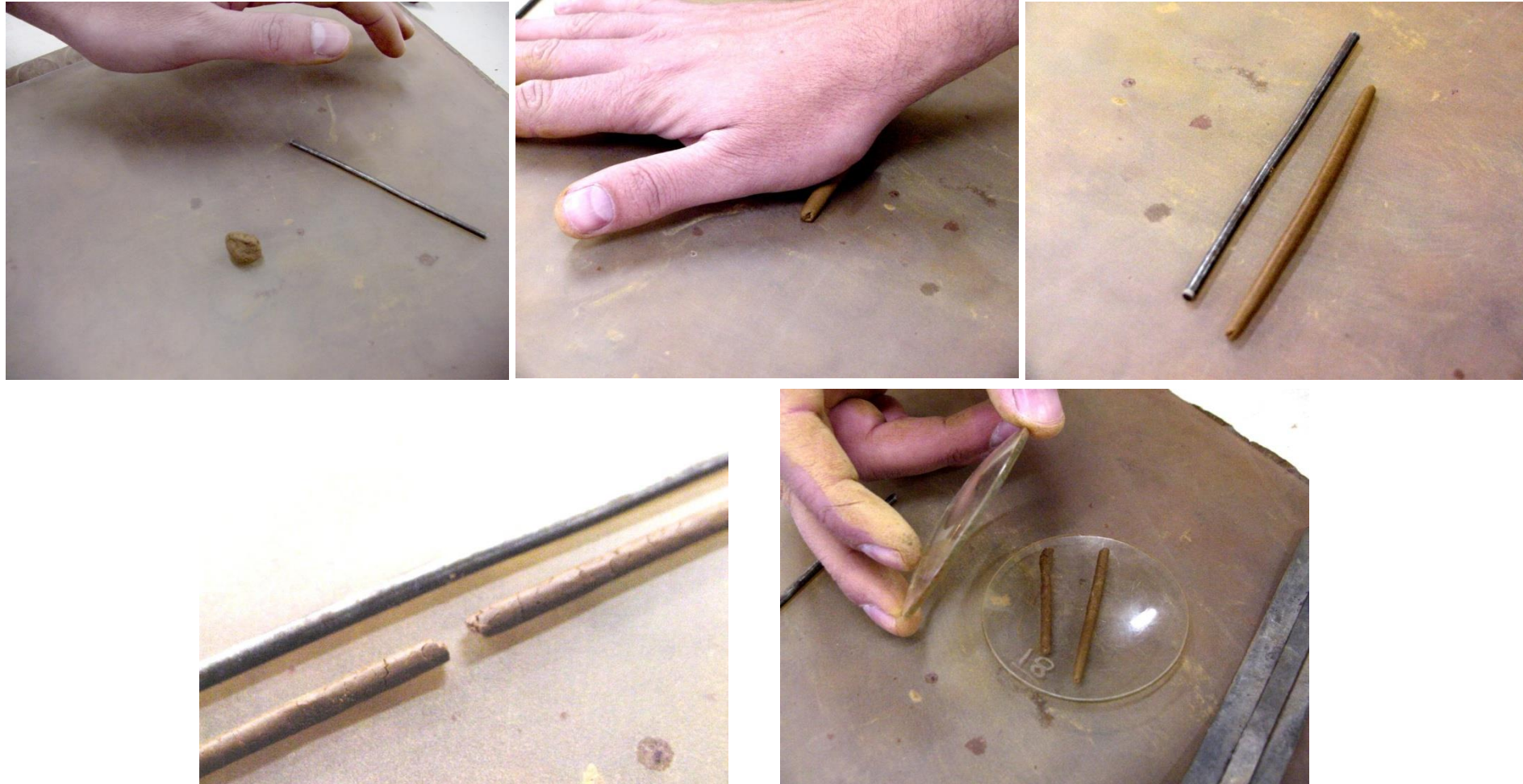
Limite de Liquidez (cone)



<https://www.youtube.com/watch?v=ZAvN9Z6yVDs>

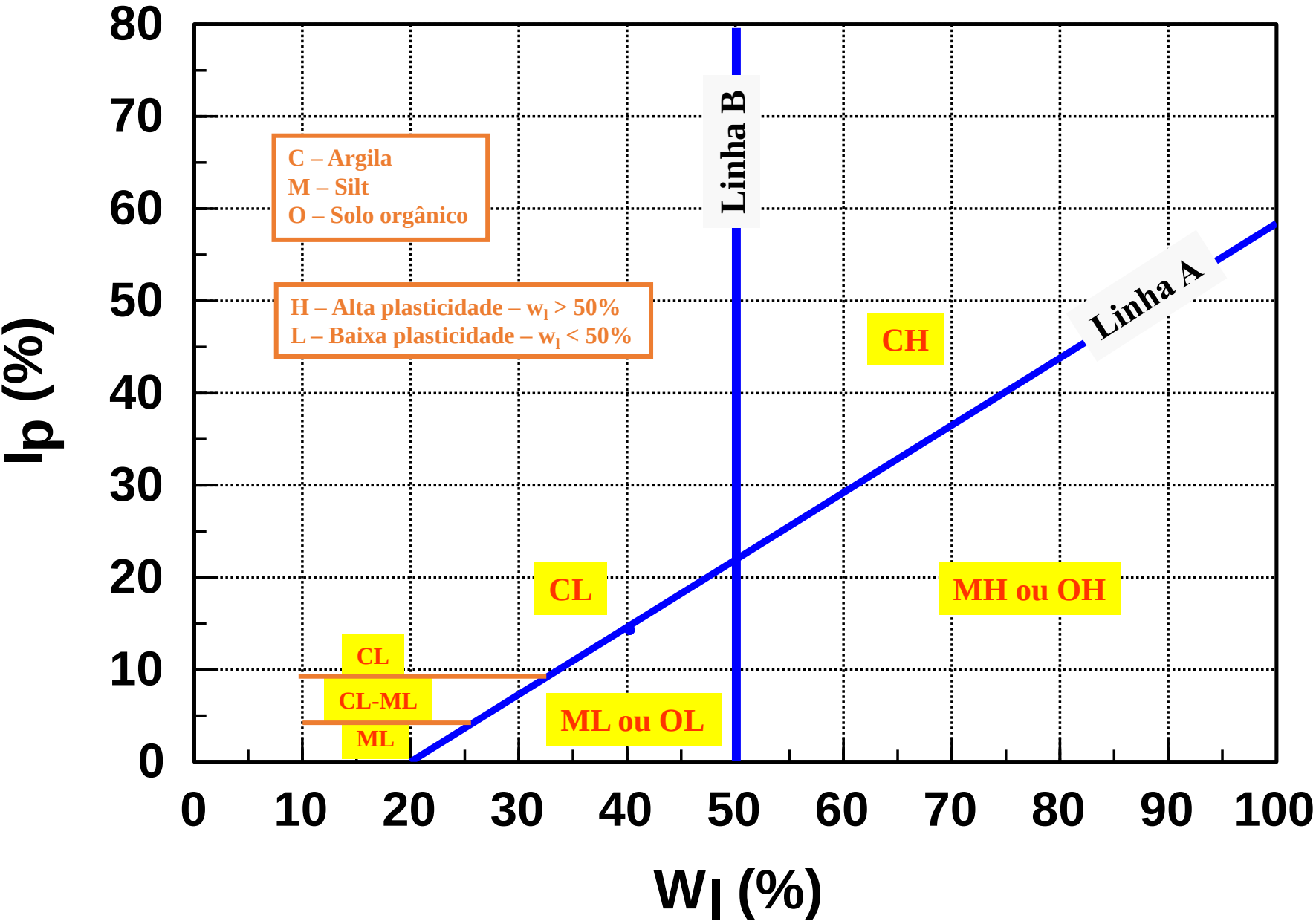


Limite de Plasticidade

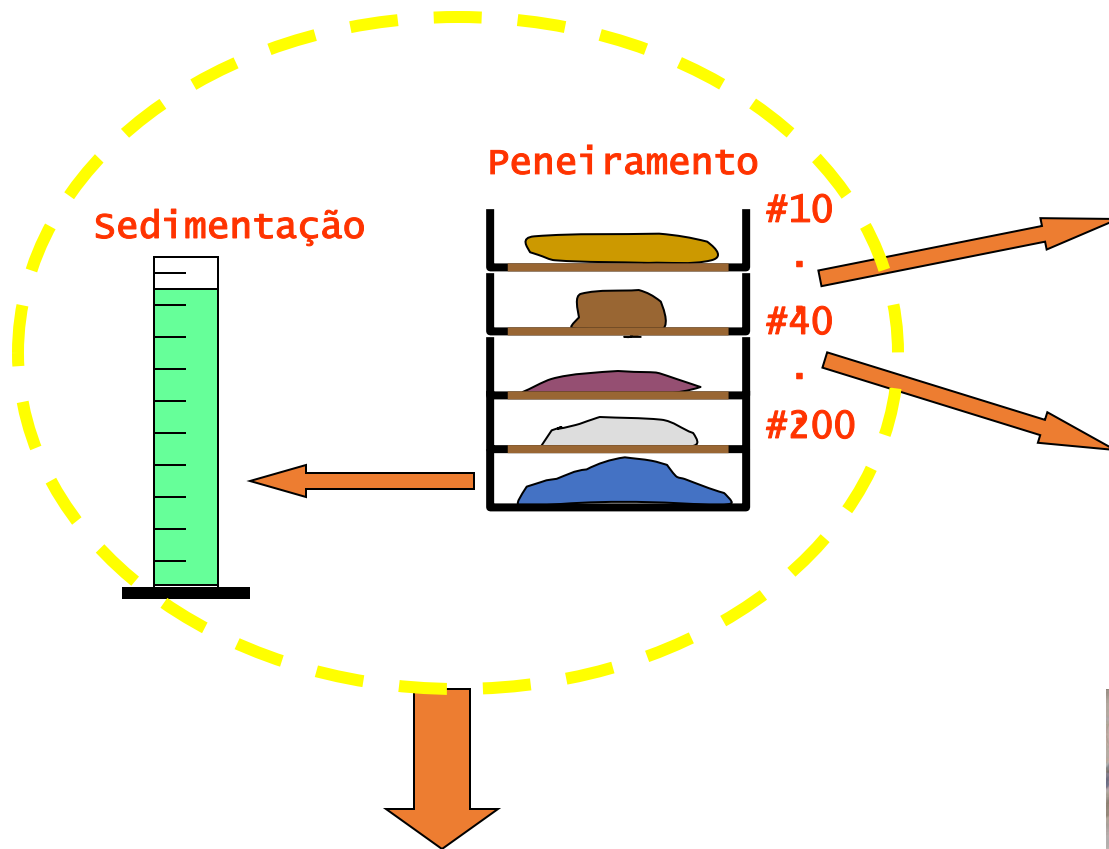


LP = média de três teores de umidades

Carta de Plasticidade



Ensaio de Caracterização



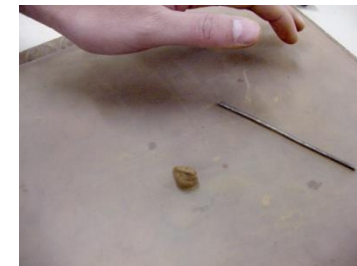
Densidade dos grãos



Aparelho de Casagrande (limite de liquidez)



Limite de plasticidade



Análise granulométrica

