

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Engenharia Ambiental

# Permeabilidade



PEF-3304

Poluição do Solo

Maria Eugenia Gimenez Boscov







# Permeabilidade

Laboratório:

- amostra representativa
- gradiente hidráulico
- tensão confinante

Olson & Daniel (1981), Daniel (1984), Benson et al (1994)

Campo:

- Condições de contorno



# Permeabilidade

## Amostra representativa

- solos saprolíticos, com **estrutura** herdada da rocha matriz, com grau de intemperização heterogêneo ao longo do perfil

Após compactação de campo



Após secagem ao ar



Após compactação de laboratório





# Permeabilidade

## Gradiente hidráulico

- Normas:  $i \leq 30$
- Para alguns solos, o coeficiente de permeabilidade **aumenta** com o gradiente hidráulico aplicado no ensaio
- Exemplo: solo saprolítico silteoso de gnaisse da RMSP (Stuermer, 2006)

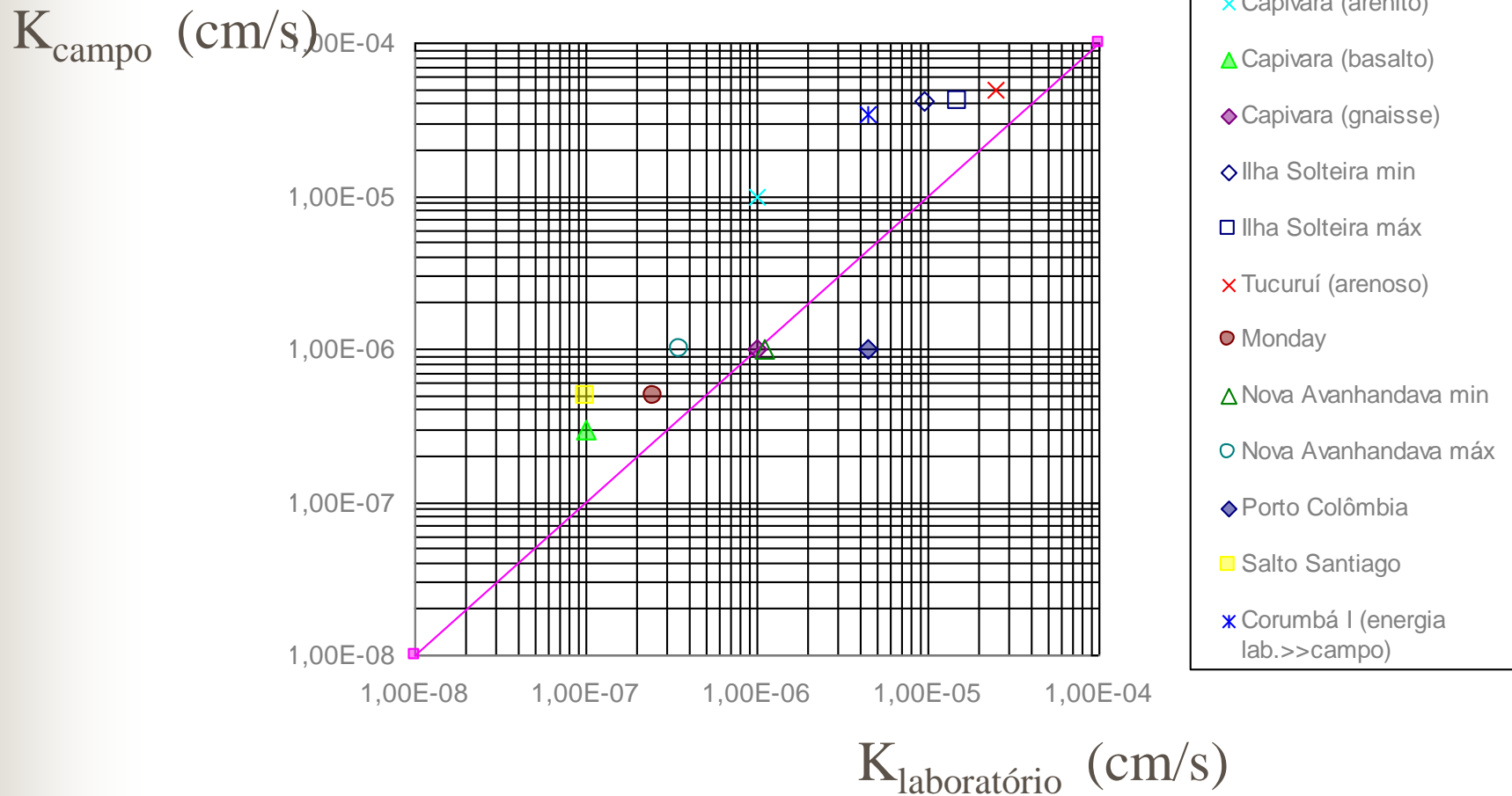
# Permeabilidade

<b>Condutividade hidráulica (m/s)</b>	<b>Gradiente hidráulico recomendado</b>
<b><math>1 \times 10^{-5}</math> até <math>1 \times 10^{-6}</math></b>	<b>2</b>
<b><math>1 \times 10^{-6}</math> até <math>1 \times 10^{-7}</math></b>	<b>5</b>
<b><math>1 \times 10^{-7}</math> até <math>1 \times 10^{-8}</math></b>	<b>10</b>
<b><math>1 \times 10^{-8}</math> até <math>1 \times 10^{-8}</math></b>	<b>20</b>
<b>Menor do que <math>1 \times 10^{-9}</math></b>	<b>30</b>

(ASTM D5084-90)



# Permeabilidade: laboratório e campo





# Controle de qualidade

- Materiais e geometria
- **Propriedades desejadas e parâmetros**  $\Rightarrow$   
O que medir e como medir



# Controle de compactação

## ■ Ensaios para medir $\gamma_d$ e $w$

- Peso específico seco: funil de areia, óleo, Hilf, MCV, ensaios de penetração, nuclear.

- Teor de umidade: frigideira, álcool, speedy, forno infra-vermelho, forno de micro-ondas, resistividade, nuclear, TRD

## ■ Ensaios para medir propriedades

- FWD, viga Benkelmann, **permeabilidade in situ** (ensaios in situ ou amostras indeformadas no laboratório)



**Retirada de amostra  
indeformada:**

**defeito na camada compactada**

**Ensaio de campo:**

**longo tempo necessário  
para saturação, condições  
de contorno, nível de água  
muito baixo**

(Ferrari, 2005)





# Controle da camada de solo compactado

- Condutividade hidráulica in situ
- Propriedades correlatas
- Ensaaios não destrutivos
- Experiência de barragens e pavimentos
- Estatística



# Manutenção da permeabilidade

- Trincas de secagem em solos lateríticos
- Trincas de expansão em siltes saprolíticos
- Compatibilidade, como por exemplo, soda cáustica em rejeitos de mineração de bauxita (permeabilidade não é a única propriedade importante!)