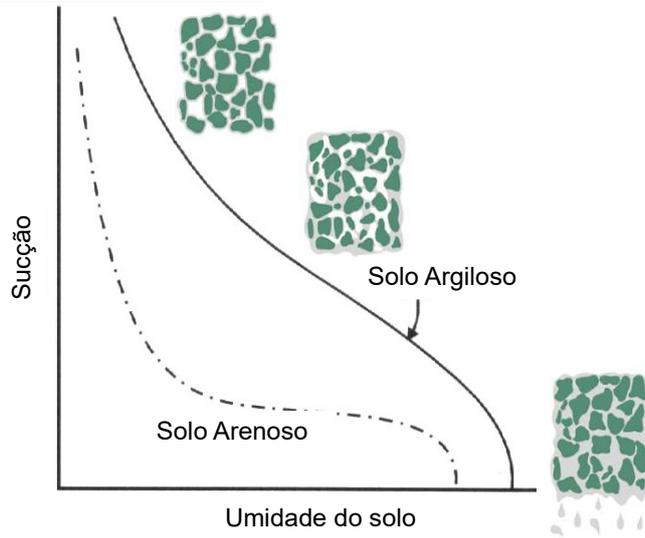




# Aula 11

(Física de Solos – Umidade do Solo e Armazenamento de Água no solo)

#### 4) Água no Solo



#### 4) Água no Solo

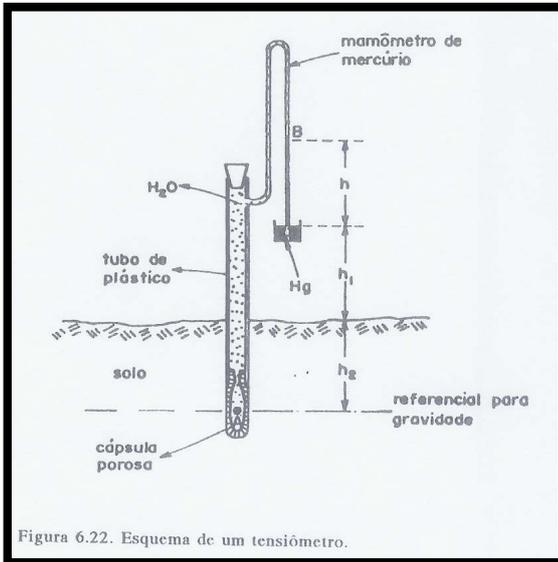


Figura 6.22. Esquema de um tensiômetro.

**Potencial Mátrico**  
 (Tensiômetro)

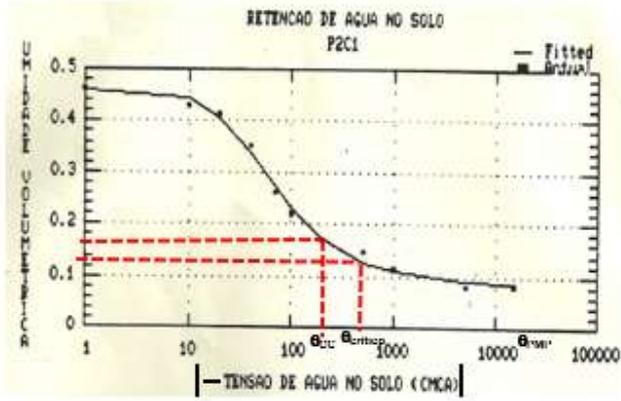
$$\phi_m = -12,6 \cdot h + h_1 + h_2$$

**Potencial Mátrico**  
 (Tensímetro)

$$\phi_m = -\text{Tensão} + h_1 + h_2$$



### Curva de Retenção de Água no Solo



$\theta_{CC} = 1/3 \text{ atm}$

$\theta_{PMP} = 15 \text{ atm}$

van Genuchten (1980)

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\phi m|)^n\right]^m}$$



Negativo  $\phi m$



Solo Seco

Em módulo:



Positivo  $\phi m$



Solo Seco



## Exercícios

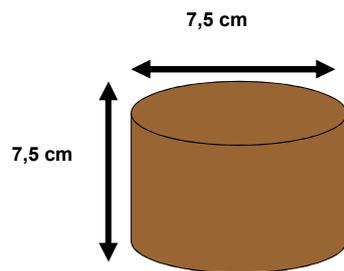
- 1) Coletou-se uma amostra de solo com volume de  $150 \text{ cm}^3$  cuja massa úmida é de  $258 \text{ g}$  e cuja massa seca é de  $206 \text{ g}$ . Qual sua umidade na base em massa e de volume? Qual a densidade do solo? Qual a densidade de partículas ( $V_s=78,03 \text{ cm}^3$ )? Quantos mm de água estão armazenados, com esse solo nessas condições, a uma profundidade de  $30 \text{ cm}$ .

$$U = \frac{m_a}{m_s} \quad \theta = \frac{V_a}{V} \quad d = \frac{m_s}{V} \quad d_s = \frac{m_s}{V_s} \quad h = \theta \cdot \Delta z$$

**Respostas:**  
 $U = 0,252 \text{ g g}^{-1}$ ,  
 $\theta = 0,347 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$   
 $d = 1,373 \text{ g cm}^{-3}$   
 $d_p = 2,64 \text{ g cm}^{-3}$   
 $h = 104,1 \text{ mm}$



2) Coletou-se uma amostra de solo à profundidade de 60 cm, com anel volumétrico de diâmetro e altura 7,5 cm. O peso úmido do solo foi 560 g e após 48 horas em estufa a 105 °C, seu peso permaneceu constante e igual a 458 g. Qual a densidade global do solo? Qual sua umidade na base em massa e em volume? Qual a porosidade do solo? (considere  $d_s = 2,65 \text{ g cm}^{-3}$ )



**Respostas:**

**$V = 331,27 \text{ cm}^3$ ,**

**$d = 1,38 \text{ g cm}^{-3}$ ,**

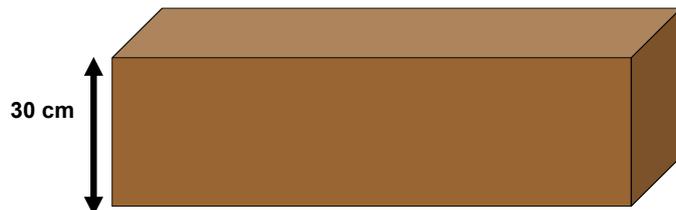
**$U = 0,223 \text{ g g}^{-1}$ ,**

**$\theta = 0,308 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$**

**$\alpha = 47,92\%$**



3) Dada uma extensão de solo de 10 ha, considerada homogênea quanto à densidade global e à umidade, até aos 30 cm de profundidade, qual a massa de solo seco em toneladas existente na camada 0-30 cm de profundidade? A umidade do solo é de  $0,2 \text{ g g}^{-1}$  e sua densidade é de  $1,7 \text{ g cm}^{-3}$ . Quantos litros de água estão retidos na mesma camada de solo?



Respostas:

$m_s = 51.000 \text{ ton}$

$V = 10.200.000 \text{ L/10 ha}$



4) Um cilindro de solo de 0,1 m de diâmetro e 0,12 m de altura tem uma massa de 1,7 Kg, dos quais 0,26 Kg são água. Assumindo que o valor da densidade da água  $\rho_a = 1000 \text{ Kg m}^{-3}$  e o da densidade dos sólidos  $\rho_s = 2650 \text{ Kg m}^{-3}$ , calcular:

- a) Umidade % massa
- b) umidade % volume
- c) altura da água
- d) densidade do solo
- e) porosidade

**Respostas:**

**$U = 18,05\%$ ,  $\theta = 27,6\%$ ,  $h = 33,12 \text{ mm}$   $\rho_s = 1527,88 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $\alpha = 42,34\%$**



5) Um solo de 0,8 m de profundidade tem um valor uniforme de  $\theta = 0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Calcular quanta água deve ser adicionada ao solo para trazer o valor de sua umidade volumétrica a  $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

**Respostas:**  
 **$h = 136 \text{ mm}$**



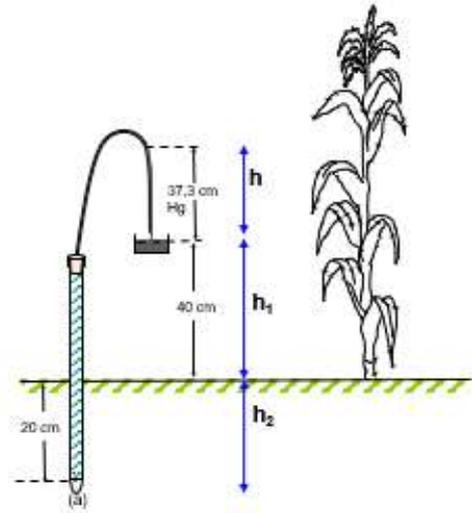
7) Diante do esquema montado em campo, utilizando-se tensiô pergunta-se qual o valor do potencial mátrico no ponto (a)?

$$\phi_m = -12,6 \cdot h + h_1 + h_2$$

Resposta: -409,98 cm ou -409,98 cca

8) Se fôssemos utilizar um tensímetro, qual seria o valor da tensão (T) lida no aparelho, em kPa, relativo ao valor acima de  $\phi_m$ ?

$$\phi_m = -T + h_1 + h_2$$



Sabendo-se que: 101325 Pa = 10,33 m ou 10,33 mca

Resposta: 469,98 cm ou 46,099 kPa



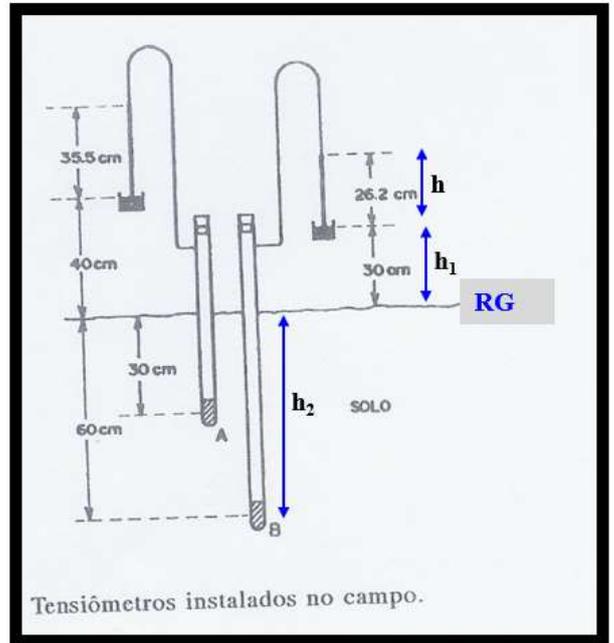
9) Diante do esquema montado em campo, utilizando-se tensiômetros, pergunta-se:

- Qual o valor do potencial mátrico nos pontos A e B?
- Qual o ponto com maior umidade do solo?

$$\phi_m = -12,6.h + h_1 + h_2$$

Respostas: a)  $\phi_{ma} = -377,3 \text{ cm}$  e  $\phi_{mb} = -240,12 \text{ cm}$

PONTO B mais ÚMIDO



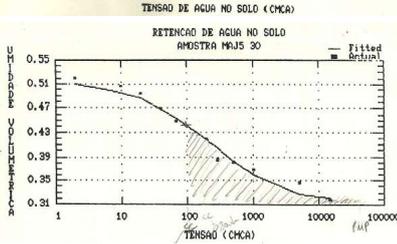


10) Utilizando os valores abaixo de potencial mátrico ( $\phi_m$ ), calcule os valores de umidade do solo ( $\theta$ ), para os 2 tipos de solo e para cada  $\phi_m$ :  $\phi_{ma} = -38,2 \text{ cm}$ ,  $\phi_{mb} = -22,1 \text{ cm}$ ,  $\phi_{mc} = -6 \text{ cm}$



$\theta_r = 0,0828 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$   
 $\theta_s = 0,4617 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$   
 $\alpha = 0,03102 \text{ cm}^{-1}$   
 $n = 1,7761$   
 $m = 0,44$

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\phi_m|)^n\right]^m}$$



$\theta_r = 0,3188 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$   
 $\theta_s = 0,5203 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$   
 $\alpha = 0,00077 \text{ cm}^{-1}$   
 $n = 0,61$   
 $m = 2,58$

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\phi_m|)^n\right]^m}$$

Respostas:

Solos	$\theta \text{ (cm}^3 \text{ cm}^{-3}\text{)}$		
	$\phi_{ma}$	$\phi_{mb}$	$\phi_{mc}$
Arenoso	0,3428	0,3987	0,4535
Argiloso	0,4704	0,4827	0,5019