



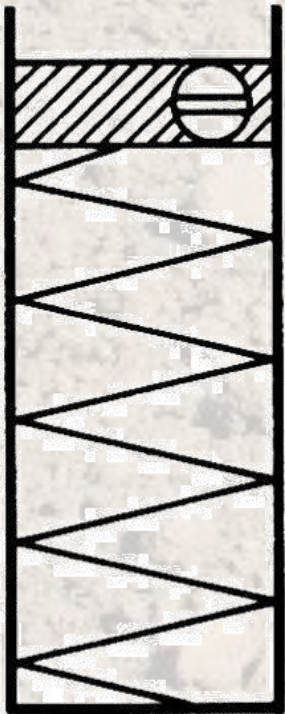
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
PEF-2405 – Mecânica dos Solo

Aula 10

Adensamento

Consolidação

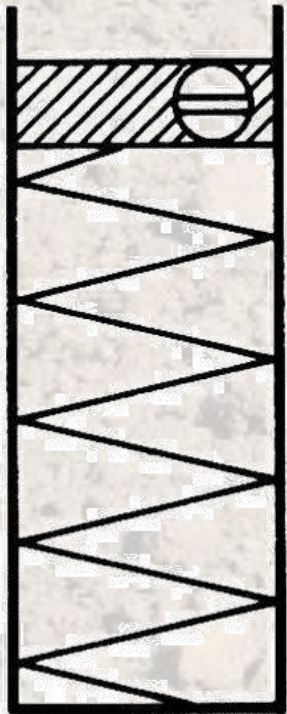
- Analogia mecânica do processo de consolidação



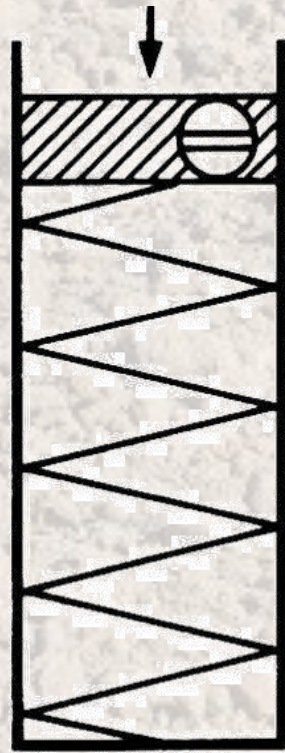
(a)

Consolidação

- Analogia mecânica do processo de consolidação



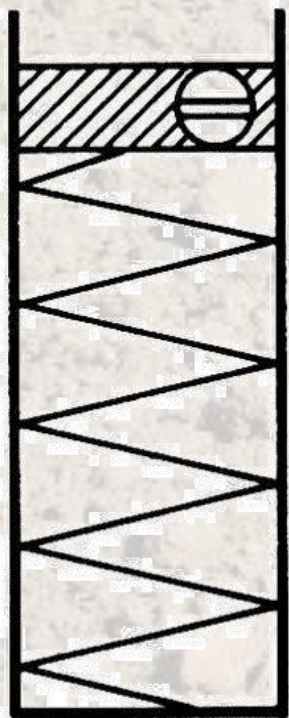
(a)



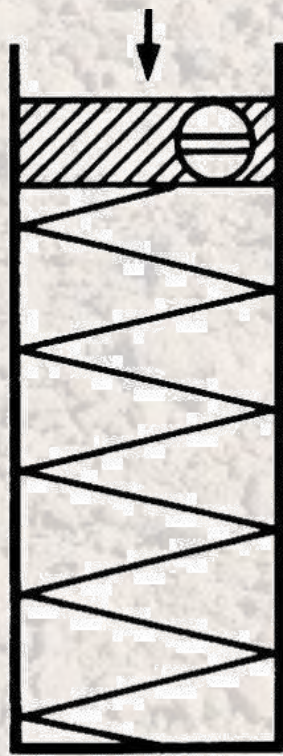
(b)

Consolidação

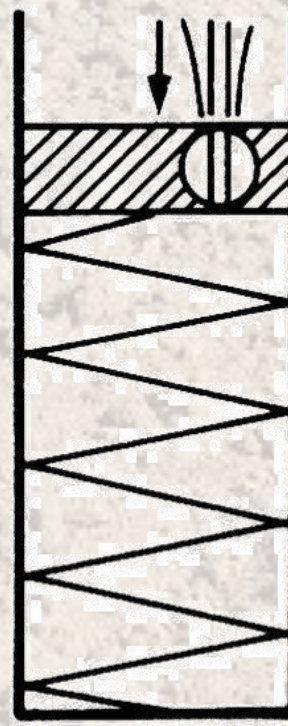
- Analogia mecânica do processo de consolidação



(a)



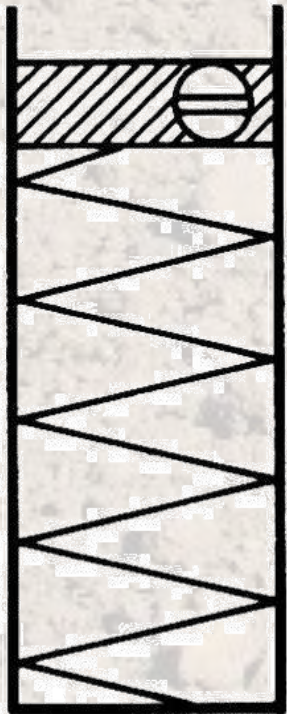
(b)



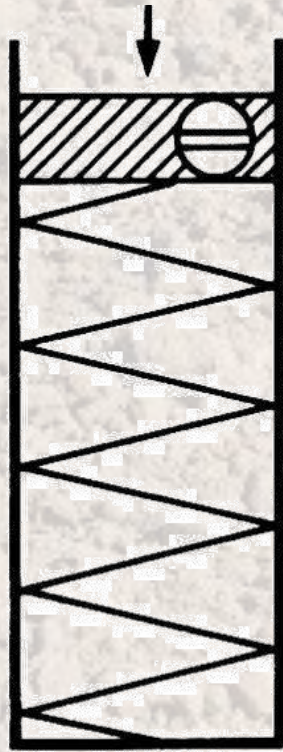
(c)

Consolidação

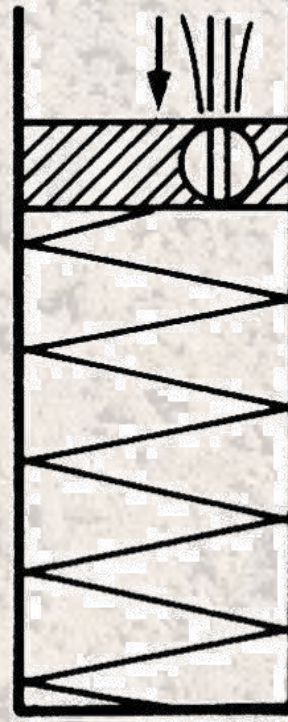
- Analogia mecânica do processo de consolidação



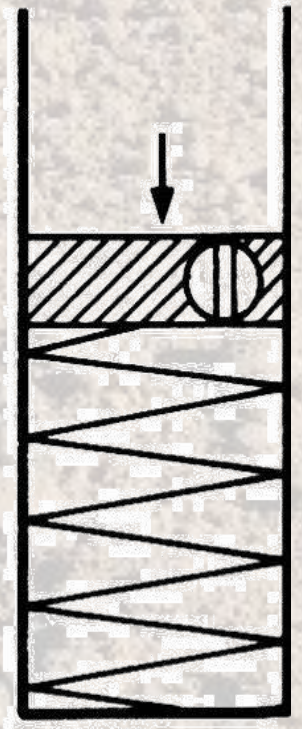
(a)



(b)



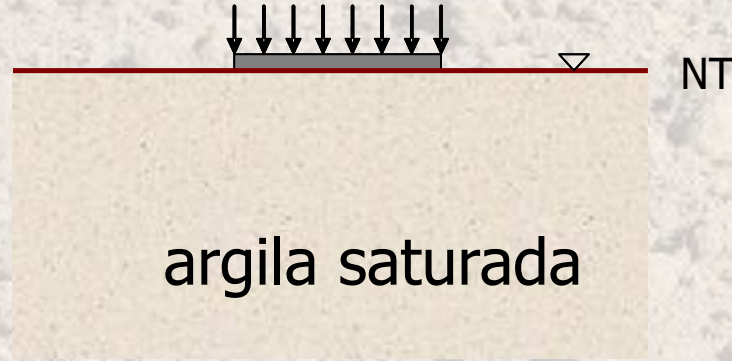
(c)



(d)

Consolidação

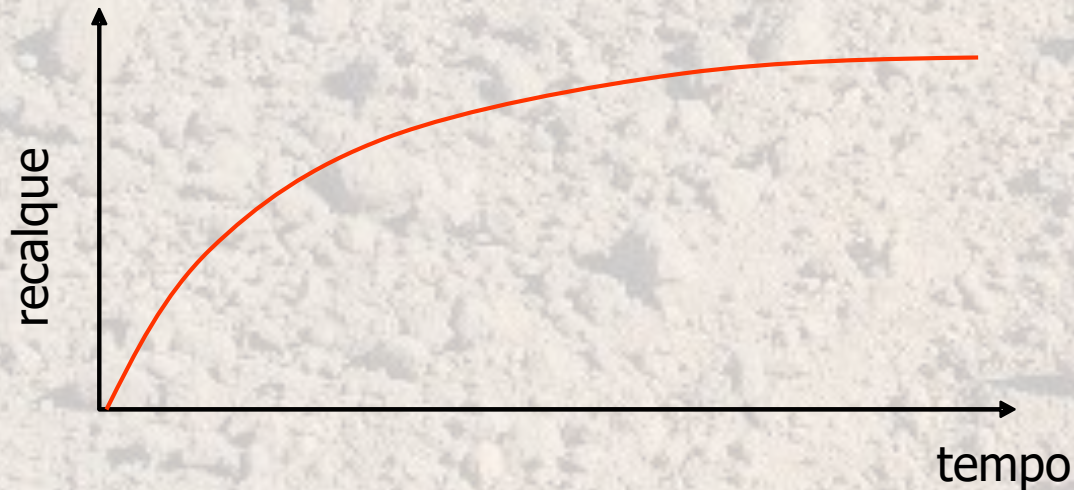
- Quando uma argila é carregada externamente,



a água é expelida da argila, durante um período de tempo que pode ser muito longo (devido à baixa permeabilidade da argila).

Consolidação

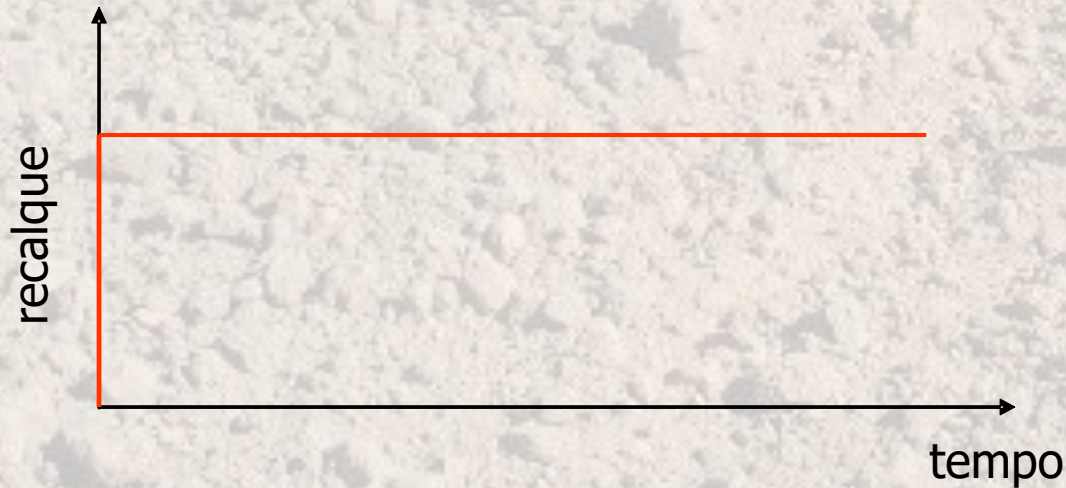
- Esse fato conduz a recalques que ocorrerão durante um longo tempo,



podendo ser por muitos anos.

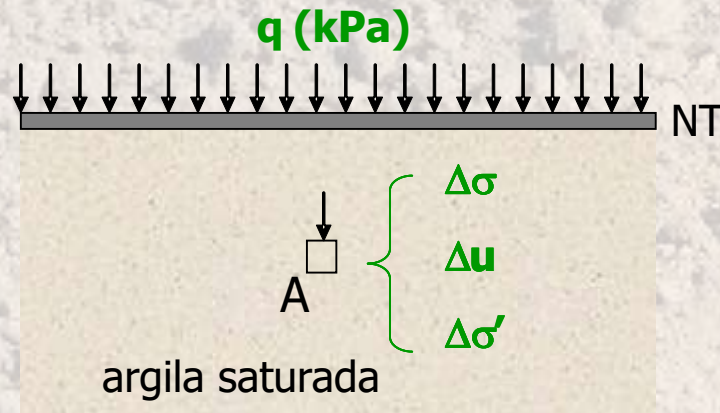
Consolidação

- Como os solos granulares (areias), apresentam uma alta permeabilidade, os recalques são praticamente instantâneos.



Consolidação

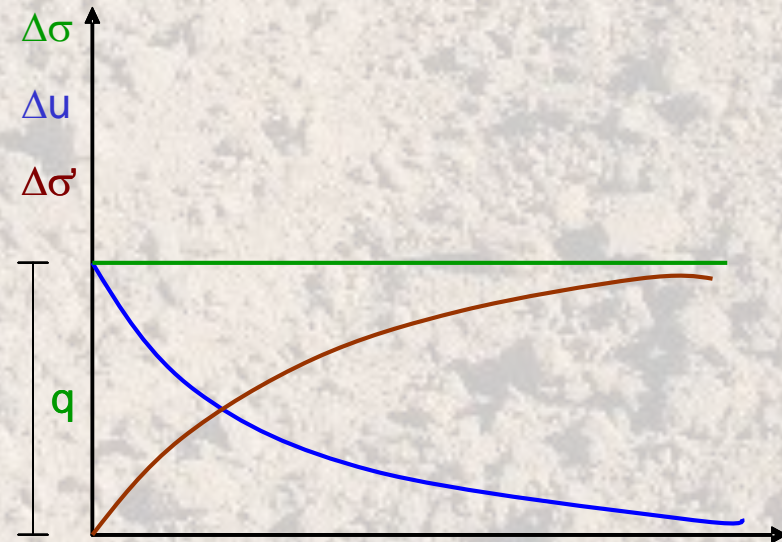
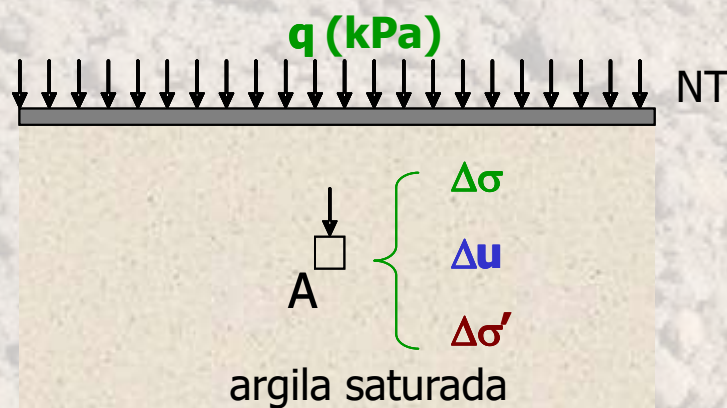
- Se for aplicada uma sobrecarga no nível do terreno, as tensões e pressões neutras no ponto A aumentarão...



... e variarão ao longo do tempo.

Consolidação

- $\Delta\sigma$ permanece constante durante o processo de Consolidação;
- Δu diminui (devido à drenagem), enquanto que $\Delta\sigma'$ aumenta;
- A carga é transferida da água para o esqueleto sólido.



Consolidação Unidimensional

Hipóteses

- Solo homogêneo, isotrópico e saturado
- Partículas sólidas e água incompressíveis
- Compressão e fluxo unidimensionais (verticais)
- Pequenas deformações
- Validade da Lei de Darcy para qualquer gradiente hidráulico
- O coeficiente de permeabilidade (k) e o coeficiente de compressibilidade volumétrica (m_v) permanecem constantes
- Existe uma relação única, independente de tempo, entre o índice de vazios (e) e a tensão efetiva (σ').

Consolidação Unidimensional

Grau de Adensamento (U_z)

$$U_z = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_f}$$

$$U_z = \frac{e_1 - e}{e_1 - e_2}$$

$$U_z = \frac{\rho_t}{\rho}$$

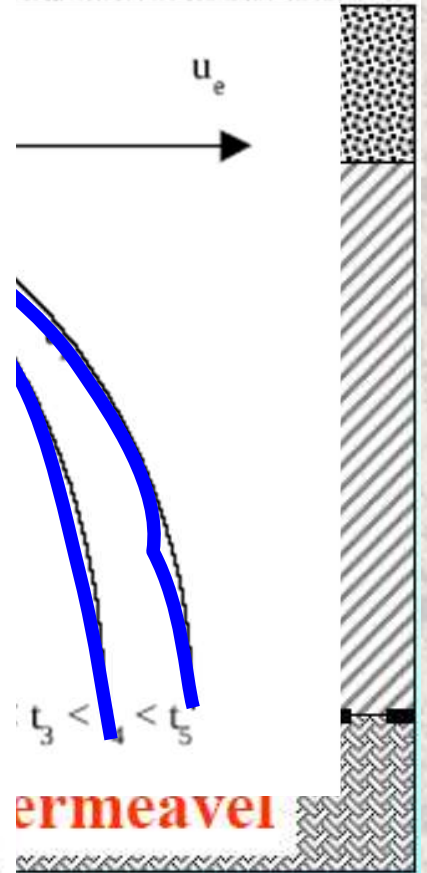
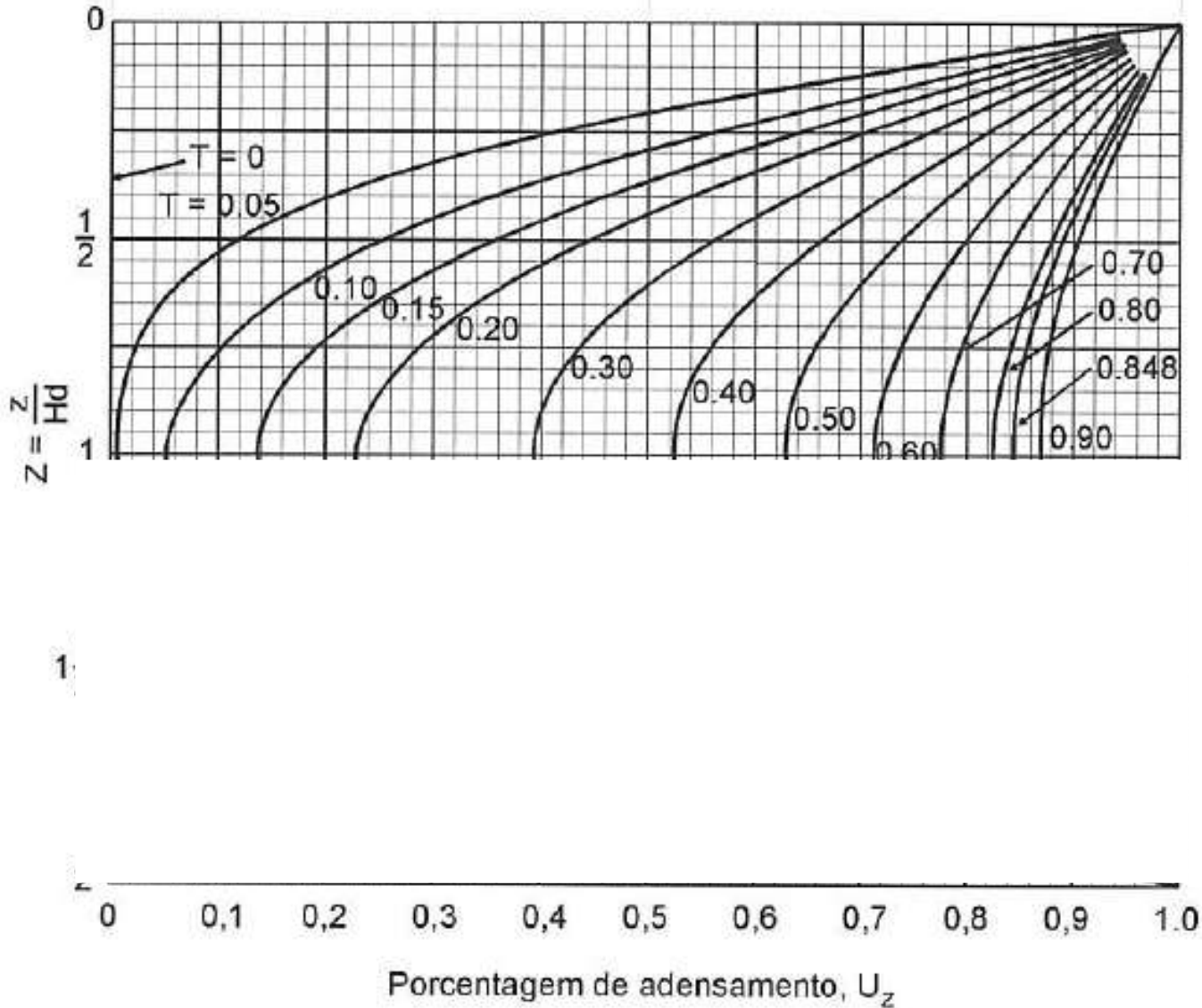
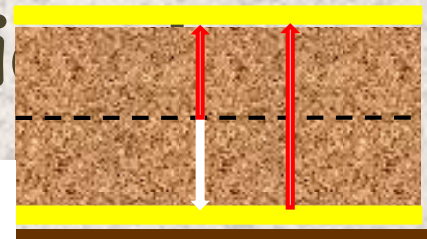
$$U_z = \frac{u_1 - u}{u_1}$$

$$U_z = \frac{\sigma' - \sigma'_1}{\sigma'_2 - \sigma'_1}$$

$$U_z = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_f} = \frac{e_1 - e}{e_1 - e_2} = \frac{\bar{\sigma} - \bar{\sigma}_1}{\bar{\sigma}_2 - \bar{\sigma}_1} = \frac{u_i - u}{u_i}$$

Consolidação Unidimensional

Equação diferencial



permeavel

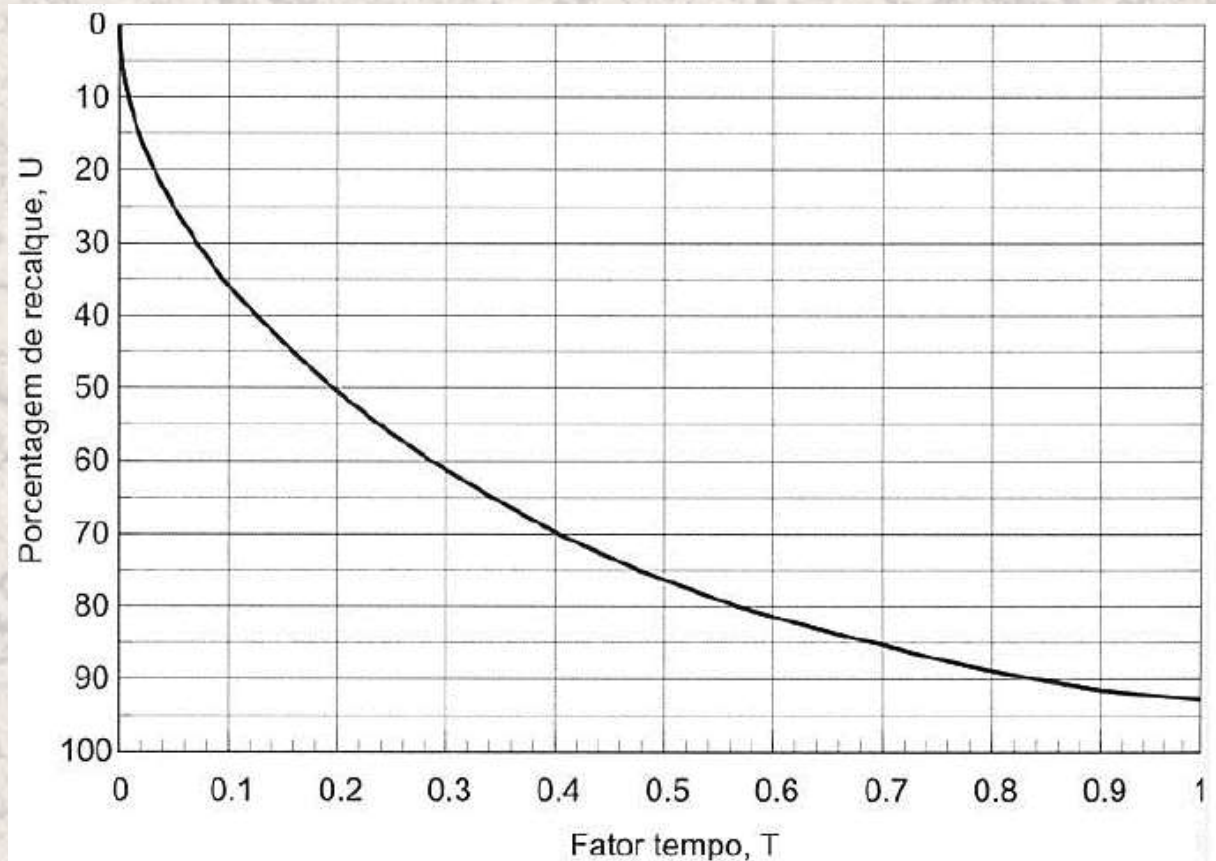
$$t_3 < t_4 < t_5$$

Consolidação Unidimensional

Grau de Adensamento Médio (U)

$$U = 1 - \frac{\frac{1}{2d} \int_0^{2d} u_e dz}{u_i}$$
$$= 1 - \sum_{m=0}^{m=\infty} \frac{2}{M^2} \exp(-M^2 T_v)$$

■ Porcentagem de recalque (U)



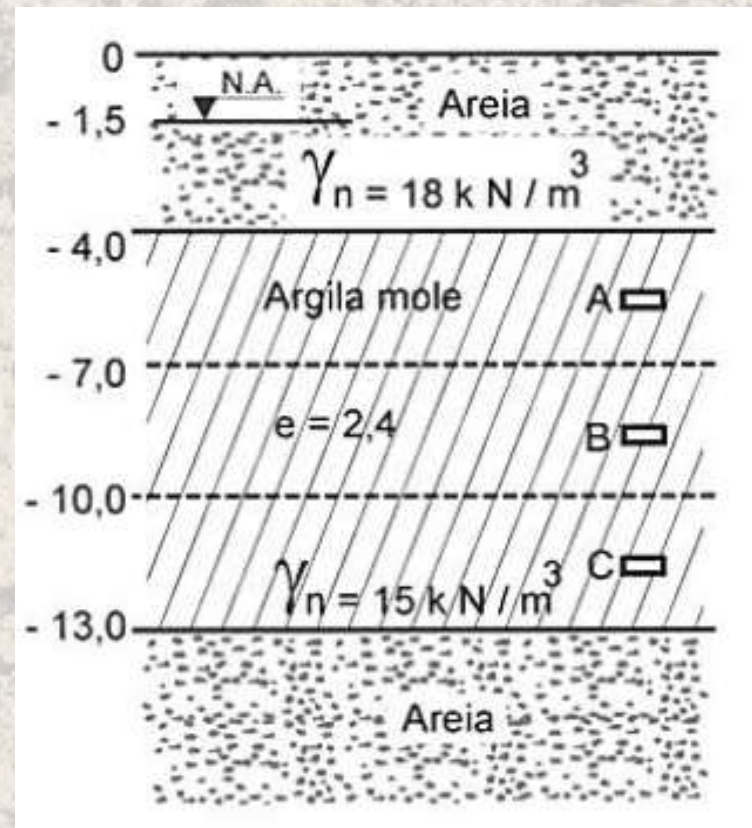
Adensamento - EXEMPLO 1

No terreno descrito pelo perfil de sondagem do lado será executado um aterro sanitário com uma altura de 6m. Sabendo que o peso específico do RSU aterrado e compactado é 12kN/m^3 , que o índice de compressão é igual a 2,2, que o índice de recompressão é 0,2 e que a $RSA = 1,5$, calcule o recalque que a obra sofrerá.

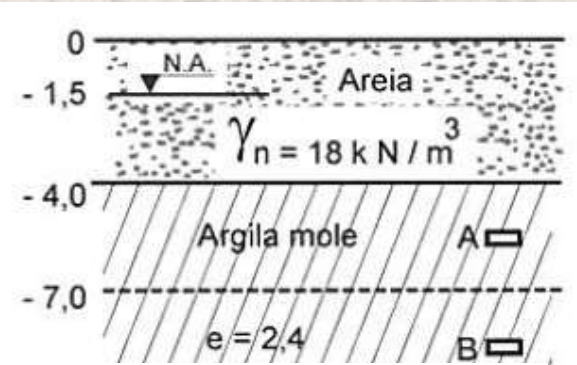
$$\rho = 86 \text{ cm } (\sim 0,9\text{m})$$

Sabendo que $C_v = 5,9 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{dia}$, calcule:

- Recalque após 50 dias
- Tempo para 4/5 do recalque total
- Determinar a pressão neutra no centro da camada após 200 dias
- Determinar a pressão neutra na cota -10,75m quando o recalque era de 30 cm
- Recalcular a, b e c considerando que na base há uma rocha impermeável



Adensamento - EXEM



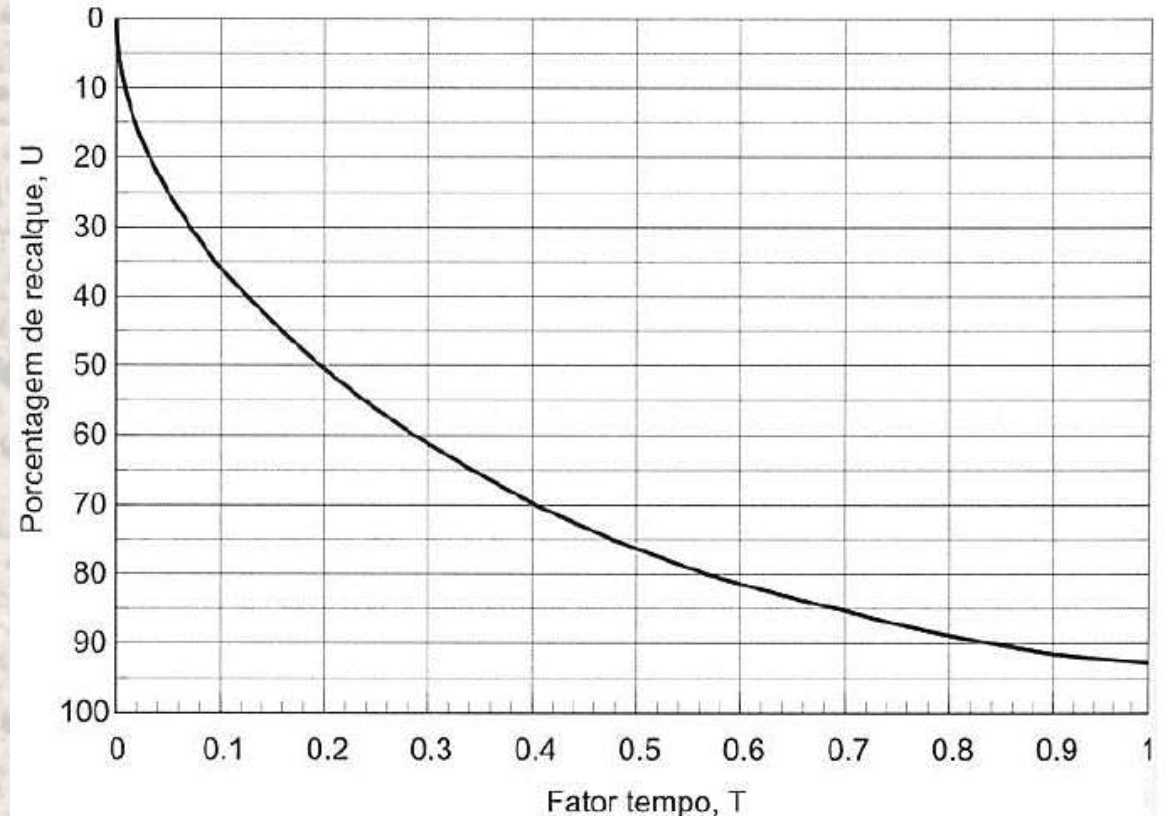
a. Recalque após 50 dias

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H_d^2}$$

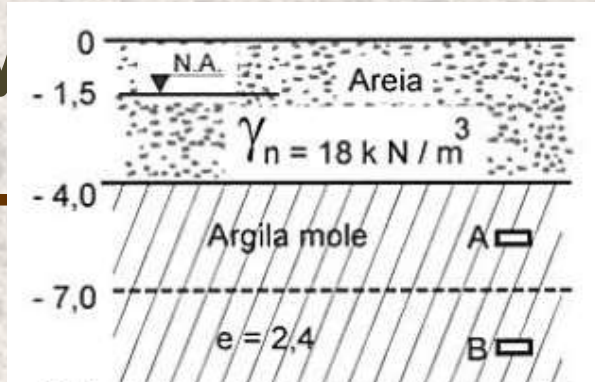
$$T_v = 5,9 \times 10^{-2} \times 50 / 4,5^2 = 0,15$$

$$U = 55\% = \rho_t / \rho$$

$$55\% = \rho_t / 86 - \rho_t = 47,3 \text{ cm}$$



Adensamento - EXEM



a. Recalque após 50 dias

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H_d^2}$$

$$T_v = 5,9 \times 10^{-2} \times 50 / 4,5^2 = 0,15$$

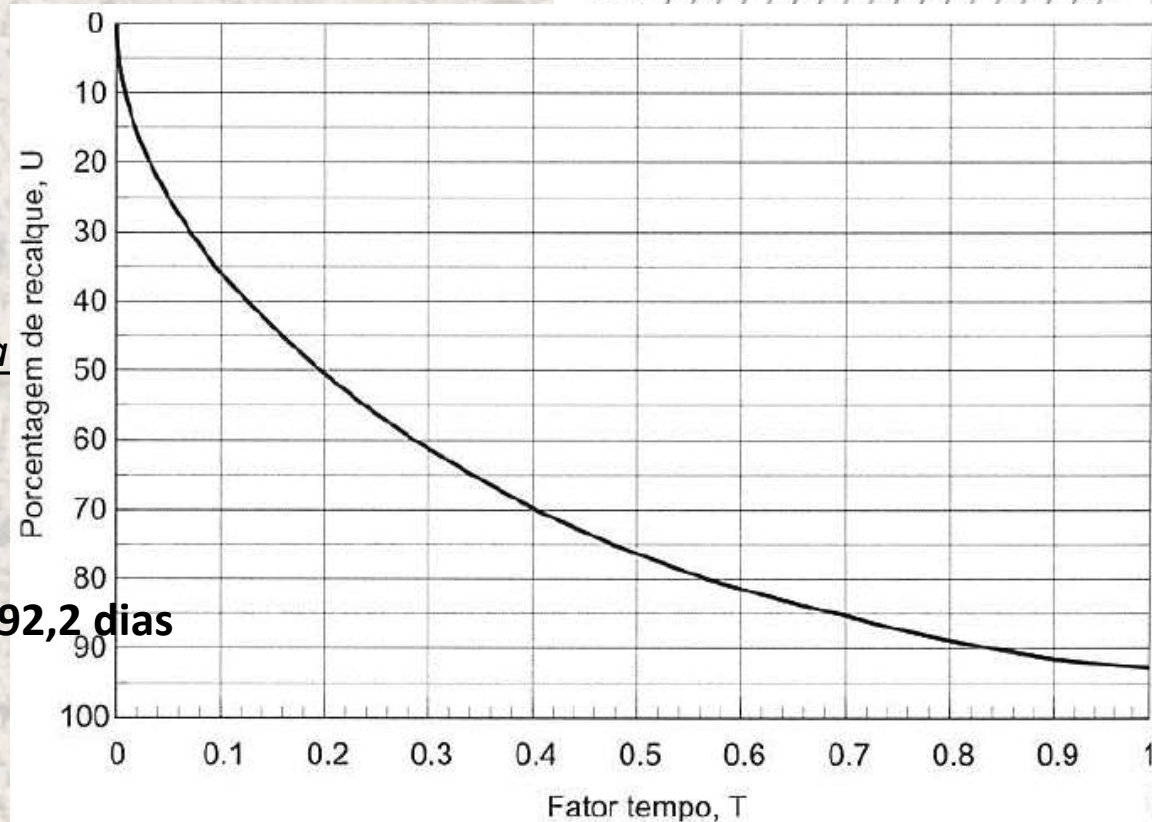
$$U = 55\% = \rho_t / \rho$$

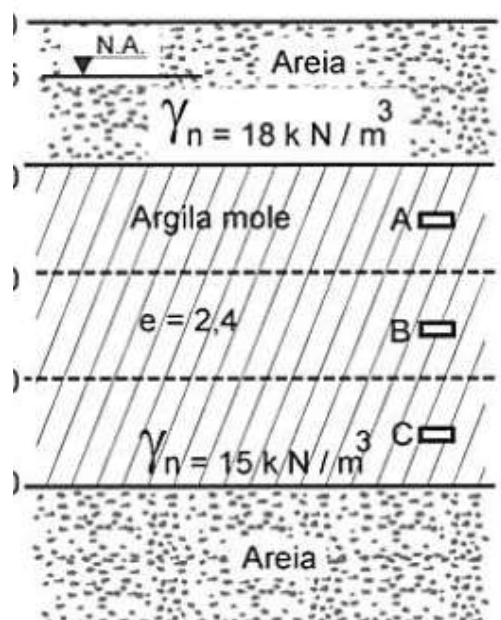
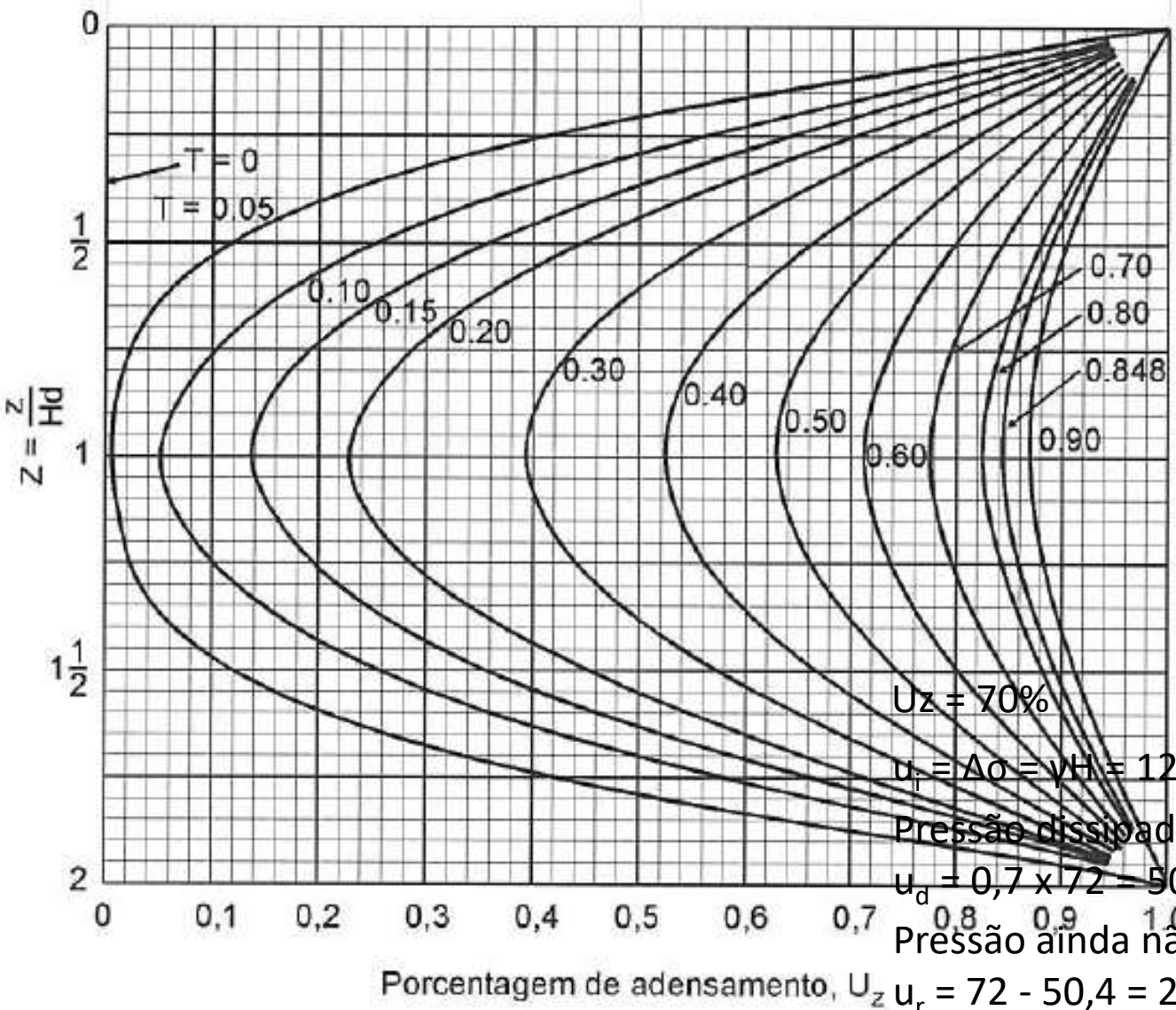
$$55\% = \rho_t / 86 - \rho_t = 47,3 \text{ cm}$$

b. Tempo para 4/5 do recalque total

$$U = \rho_t / \rho = 4/5 = 80\%$$

$$T_v = 0,56 = 5,9 \times 10^{-2} \times t / 4,5^2 - t = 192,2 \text{ dias}$$





mada após 200 dias

) / $4,5^2 = 0,58$

$U_z = 70\%$
 $u_r = \Delta\sigma = \gamma H = 12 \times 6 = 72 \text{ kPa}$
 Pressão dissipada:
 $u_d = 0,7 \times 72 = 50,4 \text{ kPa}$
 Pressão ainda não dissipada:
 $u_r = 72 - 50,4 = 21,6 \text{ kPa}$

Pressão hidrostática:
 $u_h = 7 \times 10 = 70 \text{ kPa}$

Pressão neutra no centro após 200 dias:
 $u = 70 + 21,6 = \mathbf{91,6 \text{ kPa}}$

d. u na cota -

$$U = \rho_t / \rho = 30 / 72 = 0,417$$

$$T_v = 0,1$$

$$Z = z / H_d = 6,7$$

$$U_z = 26\%$$

$$u_i = \Delta \sigma = \gamma H = 72 \times 6,7 = 482,4 \text{ kPa}$$

Pressão dissipada

$$u_d = 0,26 \times 482,4 = 125,4 \text{ kPa}$$

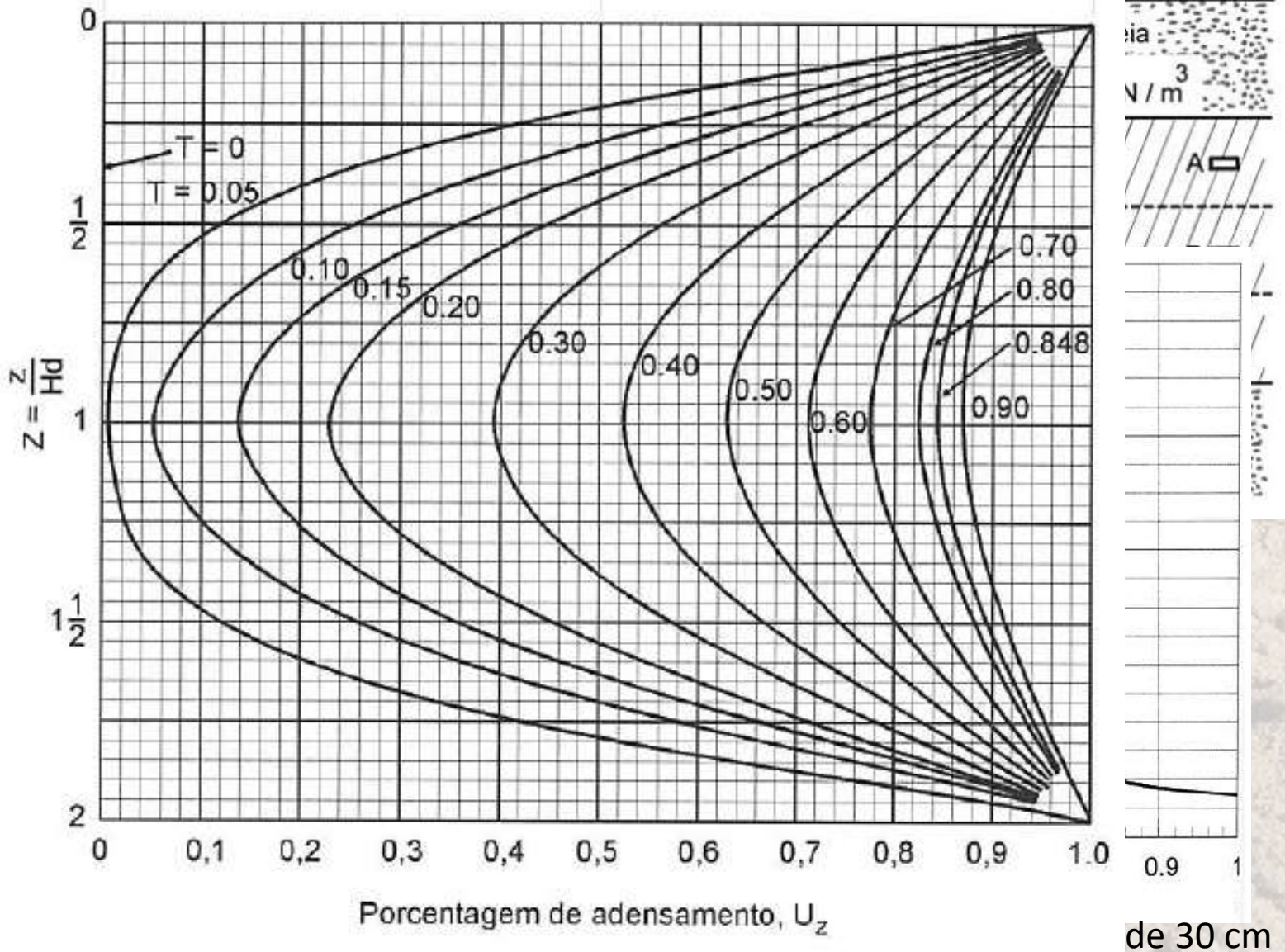
Pressão ainda existente

$$u_r = 482,4 - 125,4 = 357 \text{ kPa}$$

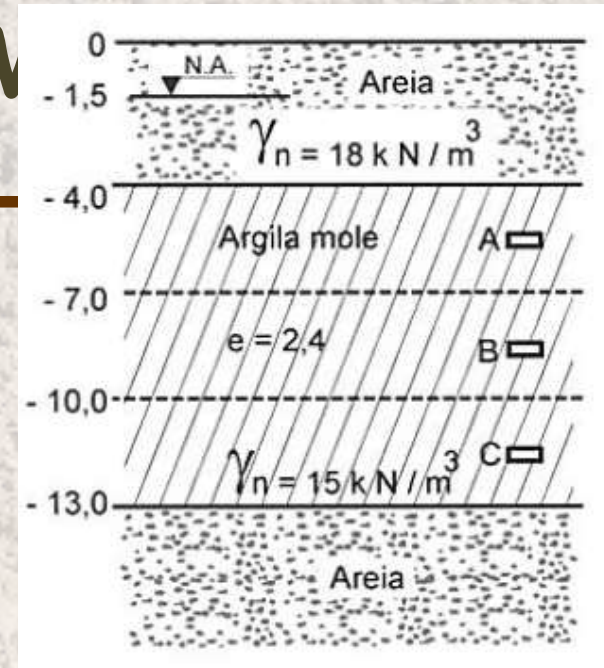
Pressão hidrostática

$$u_h = 7 \times 10 = 70 \text{ kPa}$$

$$u = 70 + 53,3 = 123,3 \text{ kPa}$$



Adensamento - EXEM



Sabendo que $C_v = 5,9 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{dia}$, calcule:

- Recalque após 50 dias
- Tempo para 4/5 do recalque total
- Determinar a pressão neutra no centro da camada após 200 dias
- Determinar a pressão neutra na cota -10,75m quando o recalque era de 30 cm
- Recalcular a, b e c considerando que na base há uma rocha impermeável – Casa**
- Ler itens 10.2 e 10.3 livro Prof. Carlos Pinto**