Mecânica dos Solos

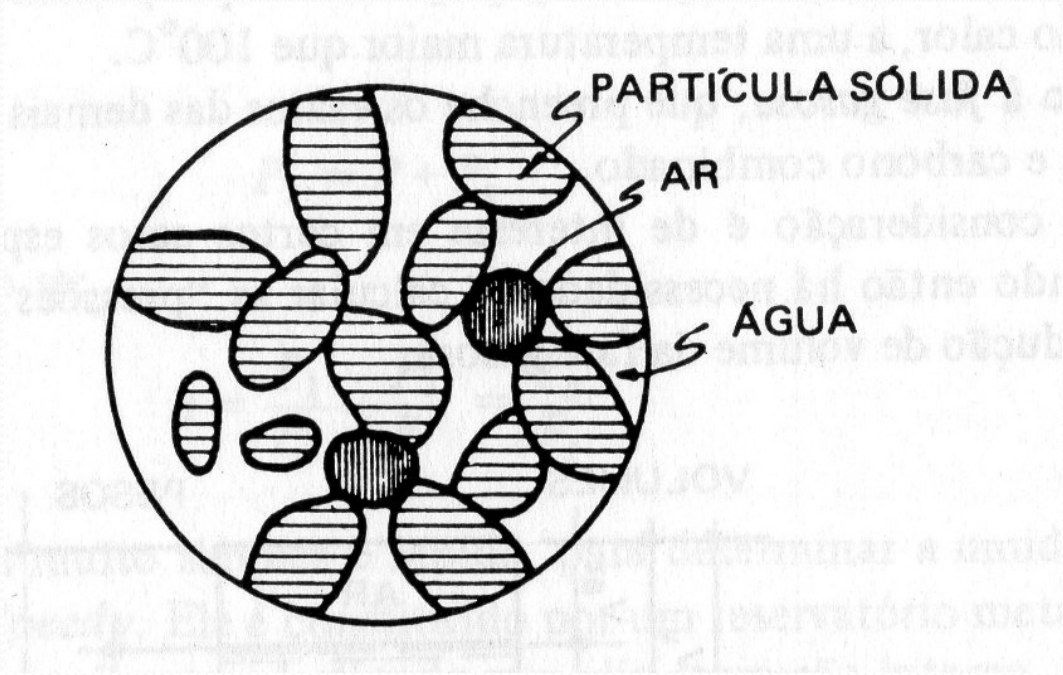
O Estado do Solo

Índices Físicos

Elementos Constituintes de um solo

O solo é um material constituído por um conjunto de partículas sólidas, deixando entre si vazios que poderão estar parcial ou totalmente preenchidos pela água. É pois no caso mais geral, um sistema disperso formado por três fases: sólida, líquida e gasosa.

Índices Físicos



Índices Físicos

É extremamente difícil separar os diferentes estados em que a *água* se apresenta nos solos, é, no entanto, de grande interesse estabelecer uma distinção entre os mesmos.

A água contida no solo pode ser classificada em:

Índices Físicos

água de constituição – é a que faz parte da estrutura molecular da partícula sólida;

água adesiva ou adsorvida – é aquela película de água que envolve e adere fortemente a partícula sólida;

água livre – é a que se encontra em uma determinada zona do terreno, enchendo todos os seus vazios;

água higroscópica – é a que ainda se encontra em um solo seco ao ar livre.

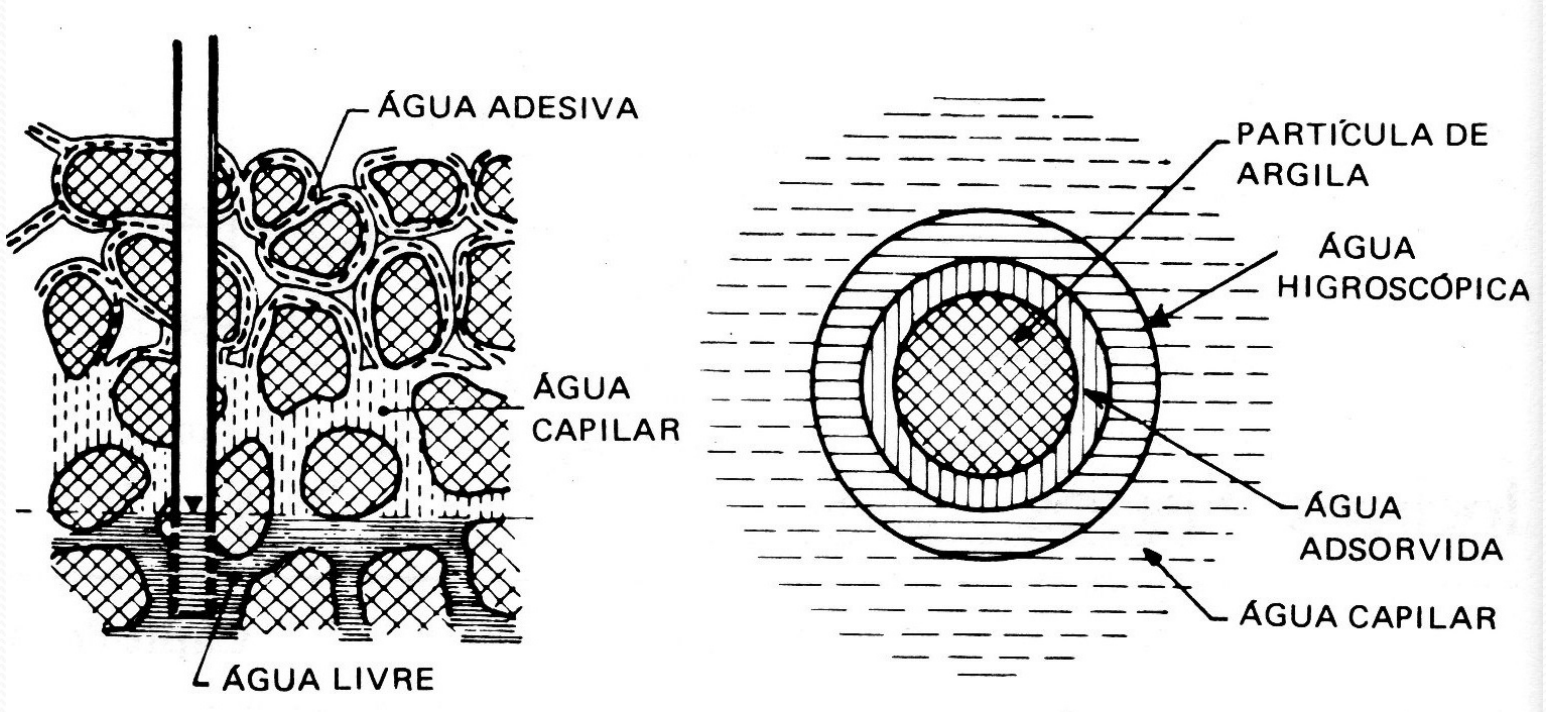
Índices Físicos

água capilar – é aquela que nos solos de grãos finos sobe pelos interstícios capilares deixados pela partículas sólidas, além da superfície livre da água.

As águas livre, higroscópica e capilar são as que podem ser totalmente evaporadas pelo efeito do calor, a uma temperatura maior que 100° C.

Quanto a fase gasosa, que preenche os vazios das demais fases, é constituída por ar, vapor d' água e carbono combinado.

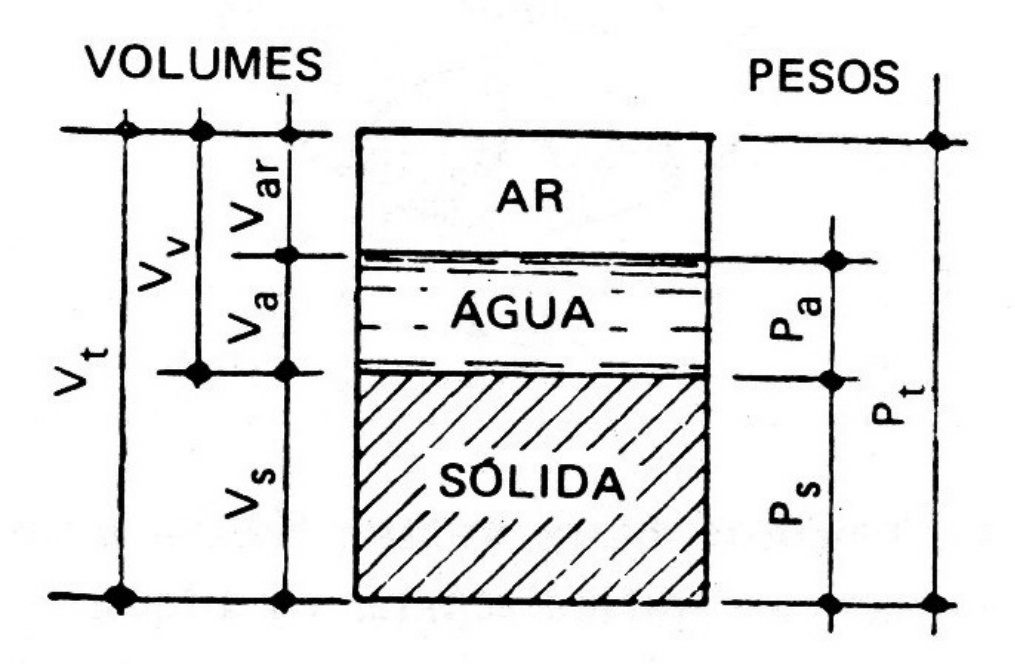
Índices Físicos



Índices Físicos

Os índices e as relações que serão apresentados, desempenham um importantes papel no estudo das propriedades dos solos, uma vez que estas dependem dos seus constituintes e das proporções relativa entre eles, assim como da interação de uma fase sobre as outras.

Índices Físicos



Índices Físicos

No que se segue consideraremos as notações da figura anterior, onde se mostram separadas as três fases.

De imediato obtém-se:

$$V_t = V_v + V_s = V_{ar} + V_a + V_s$$

$$P_t = P_s + P_a$$

Índices Físicos

Teor de umidade de um solo

Define-se umidade (h) de um solo como sendo a razão entre o peso da água contida num certo volume de solo e o peso da parte sólida existente neste mesmo volume, expressa em porcentagem.

$$h\% = \frac{P_a}{P_s} x100$$

Índices Físicos

1-Determinar o peso da amostra em estado natural mais a tara do recipiente:

$$P1 = P + Ps + Pa$$

P = Peso da tara

2 - Determinar o peso após secagem em estufa de 105° a 110°C:

$$P2 = P + Ps$$

3 - Umidade:

$$h\% = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P} = \frac{P_a}{P_s}$$

Índices Físicos

Peso Específico Aparente de um solo $(h \neq 0)$

Por definição:

$$\gamma = \frac{P_t}{V_t}$$

Peso Específico Aparente de um solo seco $(h = 0)$

Por definição:

$$\gamma_s = \frac{P_s}{V_t}$$

Índices Físicos

Dividindo por *Pt* ambos os termos da fração e notando que $P_t = P_s + P_a$, tem-se:

$$\gamma_s = \frac{\dfrac{P_s}{P_s + P_a}}{\dfrac{V_t}{P_t}} = \frac{\gamma}{1+h}$$

Índices Físicos

Peso específico das partículas do solo

$$\gamma_g = \frac{P_s}{V_s}$$

Índices Físicos

Índices de Vazios

É a razão entre o volume de vazios V_v e o volume V_s da parte sólida de um solo, isto é

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Terzaghi introduziu este índice ao estudar o "fenômeno do adensamento do solo", pois a variação de volume, só depende de uma variável V_v , uma vez que V_s não varia.

Índices Físicos

No laboratório sua determinação é feita em função de γ_g e γ_s.

$$e = \frac{V_t - V_s}{V_s} = \frac{V_t}{V_s} - 1 = \frac{V_t / P_s}{V_s / P_s} - 1 = \frac{\gamma_g}{\gamma_s} - 1$$

$$e = \frac{\gamma_g}{\gamma_s} - 1 \qquad e = \frac{n}{1-n}$$

Índices Físicos

Grau de Compacidade

O estado natural de um solo não coesivo (areia, pedregulho) define-se pelo chamado *grau de compacidade, compacidade relativa ou densidade relativa.*

$$CG = \frac{e_{máx.} - e_{nat}}{e_{máx.} - e_{mín.}}$$

Índices Físicos

Segundo o critério usualmente aceito, as areias se classificam em:

fofas quando $0 < CG < 1/3$

medianamente compactas quando $1/3 < CG < 2/3$

***compactas* quando** $2/3 < CG < 1$

Índices Físicos

Porosidade de um Solo

É a razão entre o volume de vazios e o volume total de uma amostra do solo:

$$n\% = \frac{V_v}{V_t} x100$$

Sua determinação é feita em função do índice de vazios, através da relação:

$$n = \frac{e}{1+e}$$

Índices Físicos

Obtida dividindo-se ambos os termos da fração por V_s, observando-se que:

$$V_t = V_v + V_s$$

Para areias com diferentes composições granulométricas, $e_{máx.}$ e $e_{mín.}$ podem assumir valores diversos.

Índices Físicos

- No caso de esferas de igual diâmetro são obtidos os seguintes valores:

$$e_{máx.} = 0{,}91 \qquad n_{máx.} = 48\%$$

$$e_{mín.} = 0{,}35 \qquad n_{mín.} = 26\%$$

Índices Físicos

Em função da porosidade, γ_s escreve-se:

$$\gamma_s = \gamma_g(1-n) = \delta(1-n)\gamma_a$$

e em função de *e*:

$$\gamma_s = \frac{\delta}{1+e}\gamma_a \qquad \text{ou} \qquad \gamma_s = \frac{\gamma_g}{1+e}$$

Obs: lembrando-se que densidade relativa $\delta = \frac{\gamma_g}{\gamma_a}$

Índices Físicos

Grau de Saturação de um Solo

É a porcentagem de água contida nos seus vazios:

$$S\% = \frac{V_a}{V_v} x100$$

Sendo:

$$h = \frac{P_a}{P_s} = \frac{V_a \gamma_a}{V_s \gamma_g} = \frac{\gamma_a S V_v}{\gamma_a \delta V_s} = \frac{eS}{\delta} \quad \text{ou} \quad S = \frac{h.\gamma_g}{e.\gamma_a}$$

Obs: lembrando-se que $e = \frac{V_v}{V_s}$

Índices Físicos

temos: $$S = \frac{h\delta}{e} = \frac{h\delta(1-n)}{n}$$

uma vez que : $$\frac{1}{e} = \frac{1-n}{n}$$

Como se obtém da equação: $$n = \frac{e}{1+e}$$

Se o solo estiver saturado(S=100%) a relação acima nos dá: $$e = h\delta$$

Índices Físicos

Grau de Aeração

Por definição:

$$A\% = \frac{V_{ar}}{V_v} x100$$

Daí:

$$A = \frac{V_v - V_a}{V_v} = 1 - S$$

Índices Físicos

Relações Diversas

Temos: $$\gamma = \frac{P_s + P_a}{V_s + V_v} = \frac{P_s(1+h)}{V_s(1+e)}$$

donde: $$\gamma = \gamma_g \frac{1+h}{1+e}$$

ou:

$$\frac{\gamma}{1+h} = \frac{\gamma_g}{1+e} = \gamma_s$$

Índices Físicos

Como $\gamma_g = \delta\gamma_a$ e $h.\delta = Se$, temos ainda

$$\gamma = \frac{\delta + Se}{1+e}\gamma_a$$

Para um solo seco $(S = 0)$ esta relação nós dá

$$\gamma_s = \frac{\delta}{1+e}\gamma_a$$

fórmula já obtida o que corresponde ao valor mínimo de γ .

Índices Físicos

Peso Específico de um Solo Saturado

Nesse caso, $S = 1$ e a relação acima nós dá:

$$\gamma_{sat} = \frac{\delta + e}{1 + e}\gamma_a \quad \text{ou} \quad \gamma_{sat} = \frac{\gamma_g + e\gamma_a}{1 + e}$$

fórmula já obtida o que corresponde ao valor máximo de γ .

Índices Físicos

Em função da porosidade

$$\gamma_{sat} = \gamma_s + n\gamma_a$$

$$\gamma_{sat} = [\delta(1-n)+n]\gamma_a$$

Índices Físicos

Peso Específico de um Solo Submerso

Quando um solo é submerso, as partículas sofrem o empuxo da água e então:

$$\gamma_{sub} = \delta(1-n)\gamma_a - (1-n)\gamma_a$$

ou

$$\gamma_{sub} = (\delta - 1)(1-n)\gamma_a$$

ou ainda

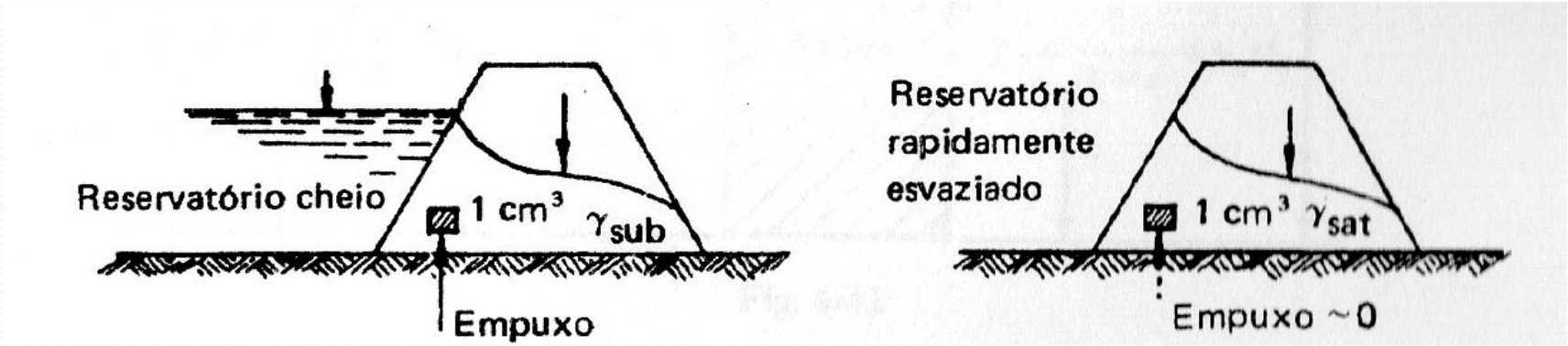
$$\gamma_{sub} = \frac{\delta - 1}{1+e}\gamma_a$$

Finalmente, como é fácil verificar:

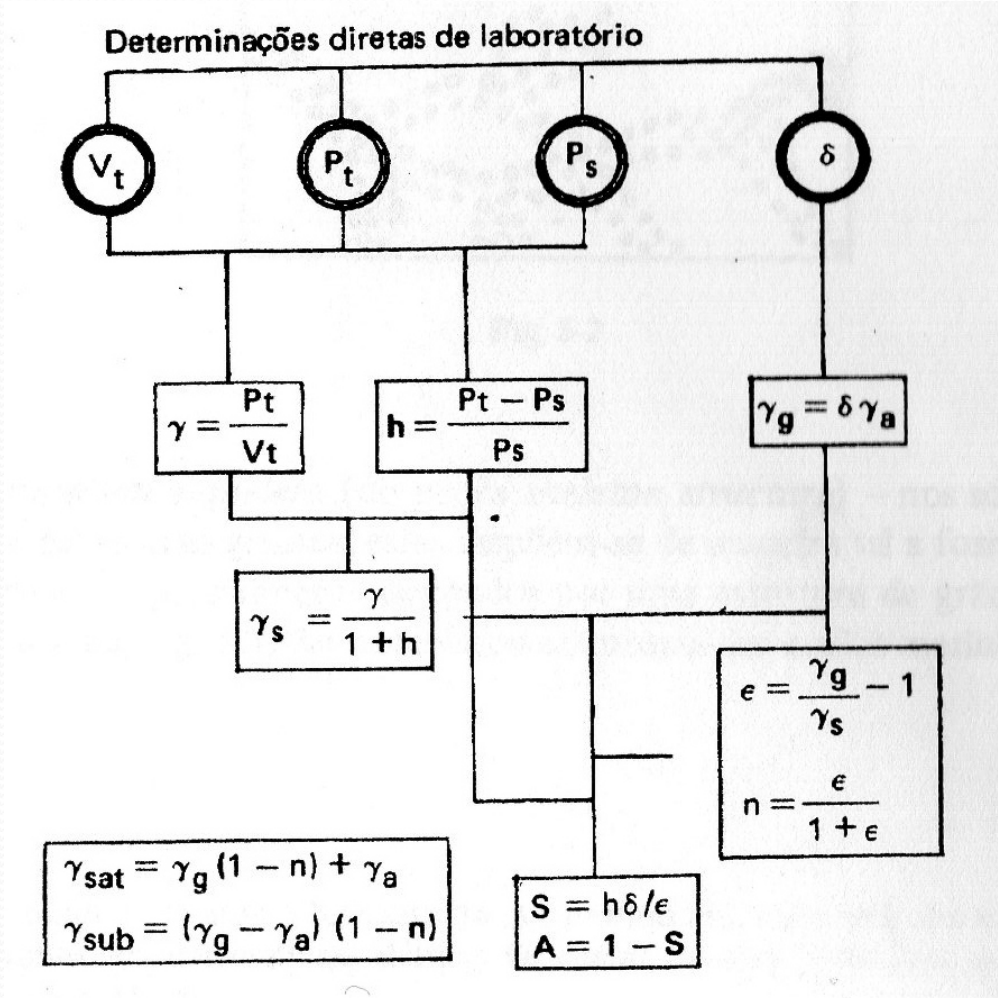
$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_a$$

Índices Físicos

A distinção entre solos saturado e submerso pode ser observada no exemplo abaixo, notando-se que um solo submerso é saturado, sem que a recíproca seja verdadeira.



Índices Físicos



Referências Bibliográficas

CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos Solos e suas Aplicações. 6 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2000. 234 p.