

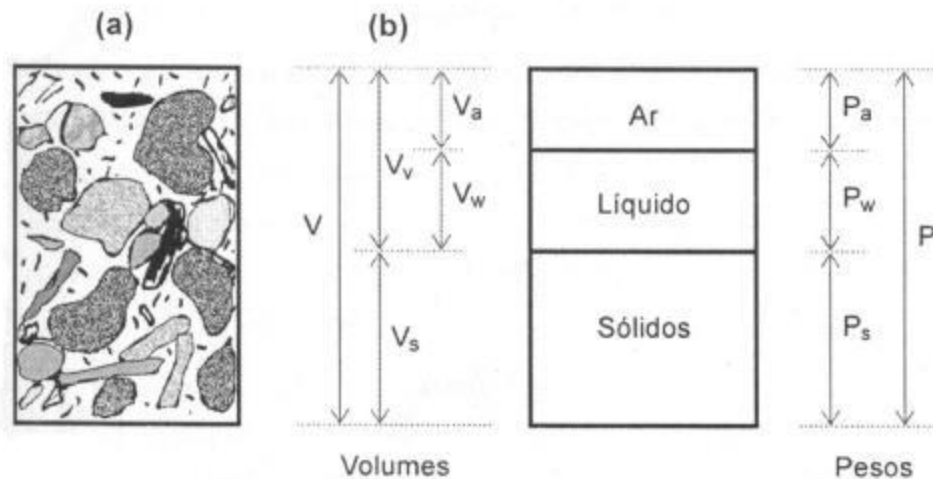
Laboratório de Mecânica dos Solos

Primeiro Semestre de 2017

Aula 2 - O estado do solo

1. Índices físicos entre as três fases

Num solo, só parte do volume total é ocupado pelas partículas sólidas, que se acomodam formando a estrutura. O volume restante costuma ser chamado de vazios, embora seja ocupado por água ou ar. O comportamento depende da quantidade relativa de cada uma das três fases: sólidos, ar e água.



1. Índices físicos entre as três fases

A evaporação pode fazer diminuir a quantidade de água substituindo por ar, e a compressão do solo poder provocar a saída de água e ar, reduzindo o volume de vazios. O solo, no que se refere ao volume de partículas sólidas, permanece o mesmo. Quando o volume de vazios diminui, a resistência do solo aumenta.

Para identificar o estado do solo, empregam-se índices que correlacionam as três fases, tanto em peso quanto em volume.

1. Índices físicos entre as três fases

Umidade (w): relação entre o peso da água e o peso dos sólidos. Utiliza-se estufa em laboratório para se determinar a umidade, o que situa-se entre 10% e 40%, podendo ocorrer valores muito baixos (solos secos) ou muito altos (150% ou mais).

$$w = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

Índice de vazios (e): relação entre o volume de vazios e o volume das partículas sólidas. Situa-se entre 0,5 a 1,5. Argilas orgânicas podem apresentar valores superiores a 3.

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

Porosidade (n): relação entre o volume de vazios e o volume total. Valores geralmente em torno de 30% e 70%.

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100$$

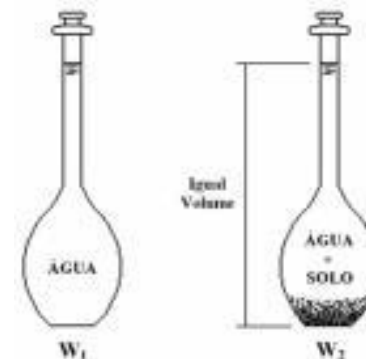
1. Índices físicos entre as três fases

Grau de saturação (S): relação entre o volume de água e o volume vazios. Os valores variam de zero (solo seco) e 100% (solo saturado).

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Peso específico dos sólidos ou dos grãos (γ_s): É uma característica dos sólidos, sendo a relação entre o peso das partículas e o seu volume. Determina-se com o uso de um picnômetro, água e o solo em questão. Grãos de quartzo (areia) apresentam peso específico de 26,5 kN/m³ e argilas lateríticas, em virtude da presença de ferro, apresentam peso específico de 30 kN/m³.

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



(vídeo)

1. Índices físicos entre as três fases

Peso específico da água (γ_w): Embora varie com a temperatura, adota-se valores de 10 kN/m^3 .

Peso específico natural (γ_n): Relação entre o peso total do solo e o seu volume. Os valores variam entre 19 e 20 kN/m^3 . Podendo ser maior que 21 kN/m^3 ou menor que 17 kN/m^3 . Argilas orgânicas apresentam valores de 14 kN/m^3 .

$$\gamma_n = \frac{P}{V}$$

Peso específico aparente seco (γ_d): Relação entre o peso dos sólidos e o volume total. Os valores variam entre 13 e 19 kN/m^3 . Argilas orgânicas apresentam valores de 5 a 7 kN/m^3 .

$$\gamma_d = \frac{P_s}{V}$$

1. Índices físicos entre as três fases

Peso específico saturado (γ_{sat}): Peso específico do solo saturado sem variação de volume. Valores na ordem 20kN/m³.

Peso específico submerso (γ_{sub}): Peso específico efetivo do solo quando submerso. Serve para os cálculos de tensões efetivas. Igual ao peso específico natural (γ_n) do solo ou saturado (γ_{sat}) menos o peso específico da água.

$$\gamma_{\text{sub}} = \gamma_n - \gamma_w = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

2. Cálculo dos índices de estado

(Vídeo)

Apenas três índices são determinados diretamente em laboratório, sendo: umidade (w), peso específico dos grãos (γ_s) e peso específico natural (γ_n). Os demais índices são obtidos através de correlações.

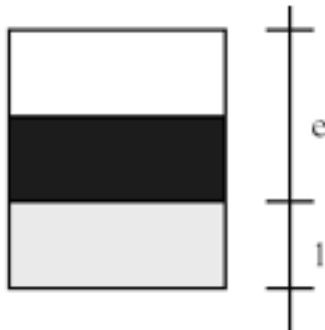
➤ RELAÇÕES DIRETAS:

$$w = \frac{P_w}{P_s} \times 100 \quad \gamma_s = \frac{P_s}{V_s} \quad \gamma_n = \frac{P}{V}$$

$$n = \frac{e}{1+e} \quad \gamma = \frac{\gamma_s(1+w)}{1+e} \quad \gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+e} \quad \gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + e\gamma_w}{1+e}$$

➤ EQUAÇÕES DEDUZIDAS:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_n}{1+w} \quad e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1 \quad S = \frac{\gamma_s \cdot w}{e \cdot \gamma_w}$$



2. Cálculo dos índices de estado

Massas específicas: relação entre massa e volume (ton/m^3 ; kg/m^3 ; g/cm^3).

(γ) Peso específico = (ρ) massa específica X (g) aceleração da gravidade

Aceleração da gravidade = $9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$

Ex: γ de $18 \text{ kN/m}^3 = \rho$ de $1,8 \text{ kg/m}^3 \times g$ de 10 m/s^2

$$1\text{N} = \frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

Sistema Internacional de unidades (SI): massa 1 kg de água = 10 N (peso)

Sistema técnico de unidade: massa 1kg de água = 1kgf (peso)

Densidade: um numero adimensional (sem dimensão). Relação de pesos, sendo o peso específico de um material e o peso específico da água.

3. Estado das areias - Compacidade

O índice de vazios fornece informações sobre o comportamento das areias.

Se uma areia pura, no estado seco, for colocada cuidadosamente em um recipiente, vertida através de um funil com pequena altura de queda, por exemplo, ela ficará no estado mais fofo possível. Determina-se o seu peso específico e dele o índice de vários mínimo.

Vibrando uma areia dentro de um molde, ela ficará no seu estado mais compacto possível. A ele corresponde o índice de vazios mínimo.

O índices de vazios mínimo e máximo dependem das características da areia.

Descrição da areia	$e_{\min}$	$e_{\max}$
Areia uniforme de grãos angulares	0,70	1,10
Areia bem graduada de grãos angulares	0,45	0,75
Areia uniforme de grãos arredondados	0,45	0,75
Areia bem graduada de grãos arredondados	0,35	0,65

A compactidade também pode ser chamada de densidade relativa da areia.

$$Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

Classificação	Densidade relativa (%)
Areia fofa	Abaixo de 33%
Areia media	Entre 33% e 66%
Areia compacta	Acima de 66%

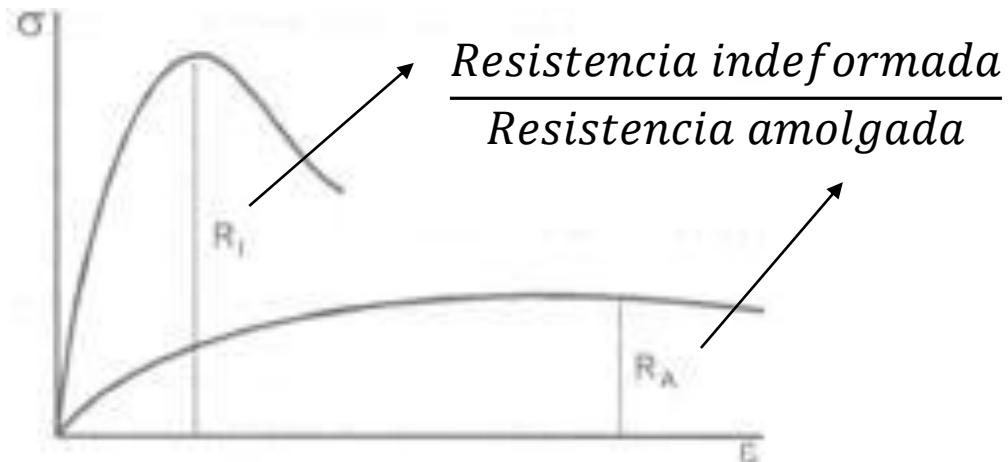
4. Estado das argilas - Consistência

A consistência das argilas é uma medida de resistência e pode ser determinada através de um ensaio de compressão simples (será abordado em aulas futuras), sendo simples porque o corpo de prova não é confinado (procedimento muito utilizado em mecânica dos solos).

Consistência	Resistencia (kPa)
Muito mole	< 25
Mole	25 a 50
Média	50 a 100
Rija	100 a 200
Muito rija	200 a 400
Dura	> 400

Sensitividade das argilas

A resistência das argilas depende do arranjo entre os grãos e do índice de vazios. Certas argilas após o manuseio (amolgado) mudam sua resistência, sendo inferior ao estado original (indeformado). Este fenômeno é chamado de sensitividade da argila. A sensibilidade pode ser bem observada em dois ensaios de compressão simples, sendo o primeiro ensaio com a amostra natural e o segundo com a amostra remoldada, mantendo o mesmo índice de vazios. A sensibilidade da argila é uma característica importante, pois indica que, se a argila vier a sofrer ruptura, sua resistência após esta ocorrência é bem menor.



Sensitividade	Classificação
1	Insensitiva
1 a 2	Baixa sensibilidade
2 a 4	Média sensibilidade
4 a 8	Sensitiva
> 8	Ultra-sensitiva

Índice de consistência

Proposto por Terzaghi, relaciona o índice de vazios e o teor de umidade da argila. Aplicado apenas a solos saturados – solos sedimentares.

$$IC = \frac{LL - w}{LL - LP}$$

Consistência	IC
Mole	< 0,5
Média	0,5 a 0,75
Rija	0,75 a 1,0
dura	> 1,0

A importância da classificação dos solos

O objetivo da classificação do solo é poder estimar o provável comportamento do solo e orientar para o programa de investigação necessário para permitir a adequada análise de um problema.

Existem diversas formas de classificar um solo, como pela sua origem, evolução, presença ou não de matéria orgânica, pela estrutura, pelos vazios, etc. Os sistemas baseados no tipo e no comportamento das partículas que constituem o solo são os mais adequados para engenharia (granulometria e limites de Atterberg).