

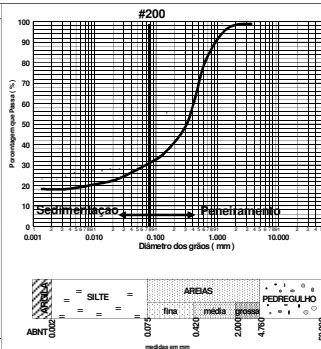


Ensaio de Laboratório

Prof. Anna Silvia

Granulometria

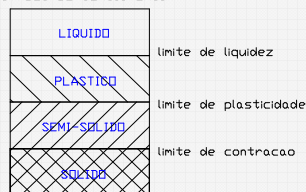
2.1 Análise Granulométrica



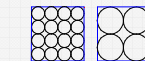
Limites de Consistência

2.2 Limites de Consistência

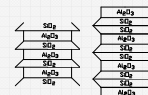
ESTADOS DE CONSISTÊNCIA



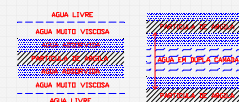
Relação entre a superfície total e o tamanho dos grãos

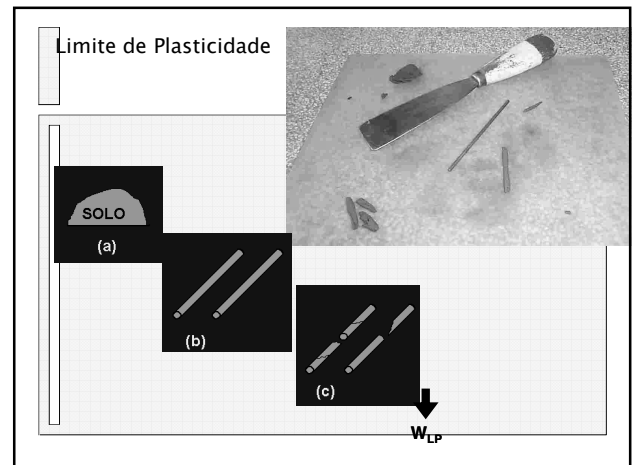
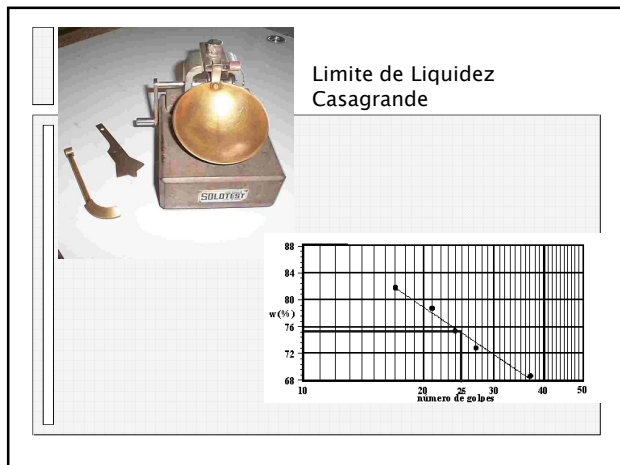


Interação entre água e argilos-minerais



Interação água-solo





Resultados típicos de solos brasileiros

Solos	LL %	IP %
Residuais de arenito (arenosos finos)	29-44	11-20
Residual de Gnaiss	45-55	20-25
Residual de Basalto	45-70	20-30
Residual de Granito	45-55	14-18
Argilas orgânicas de várzeas quaternárias	70	30
Argilas orgânicas de baixadas litorâneas	120	80
Argila porosa vermelha de São Paulo	65 a 85	25 a 40
Argilas variegadas de São Paulo	40 a 80	15 a 45
Areias argilosas variegadas de São Paulo	20 a 40	5 a 15
Argilas duras, cinzas de São Paulo	64	42

Classes de solos pelo IP (%) (IAEG, 1979)

Classe	IP (%)	Termo
1	menor que 1	Não plástico
2	1 - 7	Levemente plástico
3	7 - 17	Moderadamente plástico
4	17 - 35	Altamente plástico
5	maior que 35	Extremamente plástico

Atividade de Skempton

$$Ac = \frac{IP(\%)}{\% < 0,002mm}$$

Ac	Atividade
Menor que 0,75	Inativa
0,75 a 1,25	Normal
Maior que 1,25	Ativa

Índices Físicos

Índices físicos

Solo é um material terroso, desagregado, composto de três fases físicas:

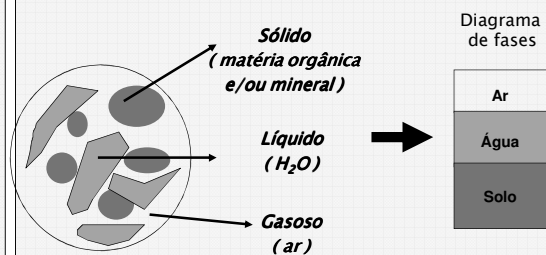
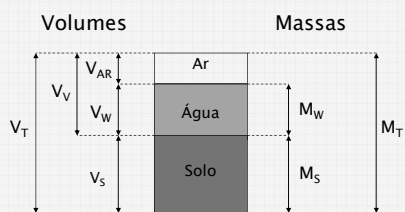
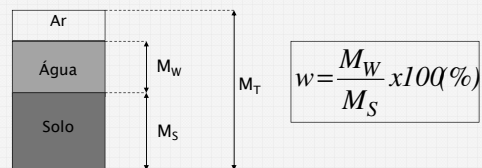


Diagrama de fases



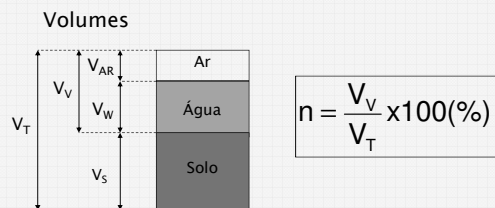
Relação entre massas

Teor de umidade - w (%)



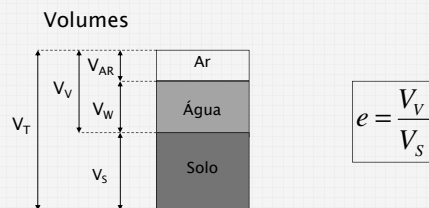
Relação entre volumes

Porosidade - n (%)



Relação entre volumes

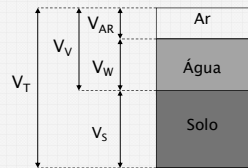
Índice de vazios - e (adimensional)



Relação entre volumes

Grau de Saturação – S_r (%)

Volumes

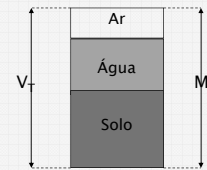


$$S_r = \frac{V_w}{V_v}$$

Relação entre massas e volumes (g/cm³)

Massa Específica Natural – ρ (g/cm³)

Volumes Massas

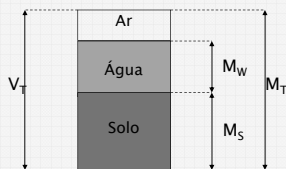


$$\rho = \frac{M_T}{V_T}$$

Relação entre massas e volumes (g/cm³)

Massa Específica Seca – ρ_d (g/cm³)

Volumes Massas



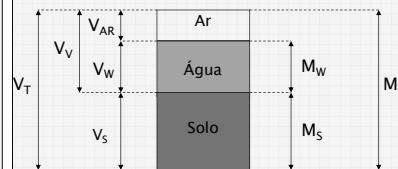
$$\rho_d = \frac{M_S}{V_T}$$

$S_r = 0\%$
 $V_w = 0$ e $M_w = 0$

Relação entre massas e volumes (g/cm³)

Massa Específica Saturada – ρ_{sat} (g/cm³)

Volumes Massas



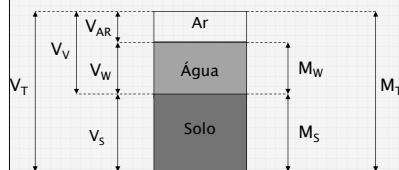
$$\rho_{sat} = \frac{M_S}{V_T}$$

$S_r = 100\%$
 $V_{AR} = 0$

Relação entre massas e volumes (g/cm³)

Massa Específica dos Sólidos – ρ_s (g/cm³)

Volumes Massas



$$\rho_s = \frac{M_S}{V_S}$$

Relação entre massas e volumes (g/cm³)

Massa Específica da Água ρ_w
(g/cm³)

Massa Específica do Ar ρ_{ar}
(g/cm³)

$$\rho_w = \frac{M_w}{V_w}$$

$$\rho_{ar} = \frac{M_{ar}}{V_{ar}}$$

$\rho_w = 1.0 \text{ g/cm}^3$

$\rho_{ar} = 0,0012 \text{ g/cm}^3 \sim 0 \text{ g/cm}^3$

Determinação dos Índices Físicos

Ensaios → $\left\{ \begin{array}{l} w \\ \rho \\ \rho_s \end{array} \right.$

Demais índices → Correlações

Compactação

Compactação de um solo é sua diminuição de volume através da redução do volume de vazios por um processo mecânico.

Diferença entre compactação e adensamento.

No adensamento a redução do índice de vazios é obtida através da expulsão da água intersticial, num processo natural ou artificial, que ocorre ao longo do tempo e pode durar centenas de anos.

Na compactação, esta redução ocorre, em geral, pela expulsão do ar dos poros, num processo artificial de pequena duração.

Proctor (1933) percebeu que havia uma relação entre a massa específica seca do solo, seu teor de umidade e a energia de compactação. Pois observou que, à medida que se adicionava água a um solo, ocorria um aumento na sua massa específica seca até atingir um máximo a partir do qual, com o aumento da umidade, a massa específica seca passava a diminuir.

Compactação

Ensaio de Compactação

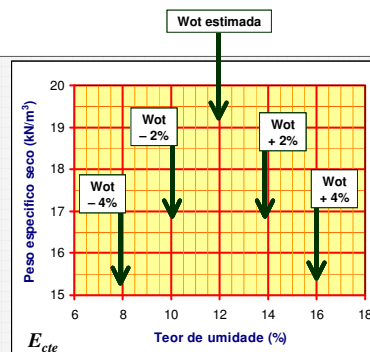
$$E = \frac{M \cdot g \cdot L \cdot n \cdot N}{V}$$

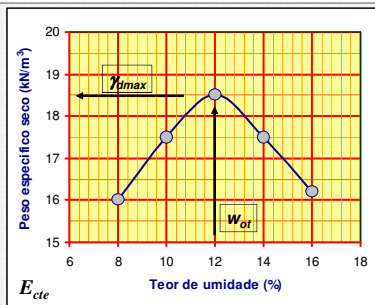
M = massa do soquete
g = aceleração da gravidade
L = altura da queda do soquete
n = número de camadas
N = número de golpes por camada
V = volume do cilindro

Energia do Proctor Normal
<
Energia do Proctor Intermediário
<
Energia do Proctor Modificado

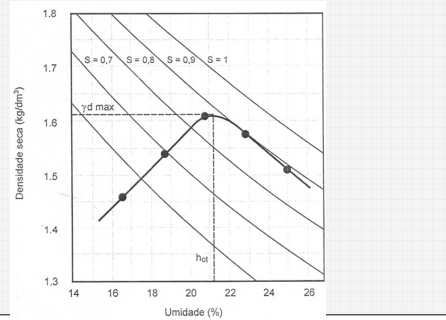


Fonte: Vargas (1977)



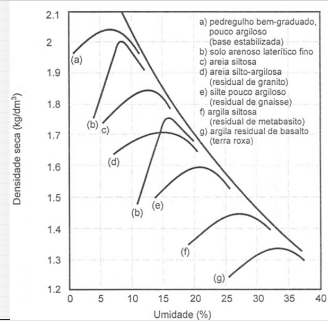


Curva de Compactação



Sousa Pinto (2000)

Curva de Compactação de diversos solos brasileiros



Sousa Pinto (2000)

O controle de compactação

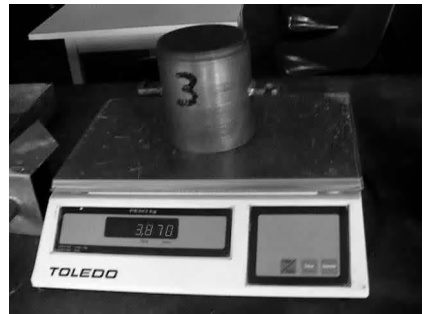
• Controle do teor de umidade

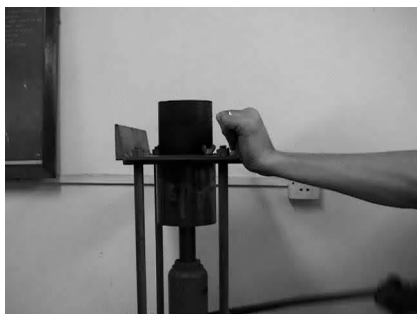
• Define-se a faixa de valores. Por ex. $w_{aterro} = w_{otima} \pm 2\%$

• Controle da energia aplicada → Grau de compactação (GC)

$$GC = \frac{\gamma_{d \text{ aterro}}}{\gamma_{d \max}} \cdot 100 (\%)$$







Permeabilidade

Classes de solos pelo IP (%) (IAEG, 1979)

Classe	IP (%)	Termo
1	menor que 1	Não plástico
2	1 - 7	Levemente plástico
3	7 - 17	Moderadamente plástico
4	17 - 35	Altamente plástico
5	maior que 35	Extremamente plástico