Mecânica dos Solos e Fundações
PEF 522

Compactação dos Solos

Estabilidade de taludes

O que é compatação?

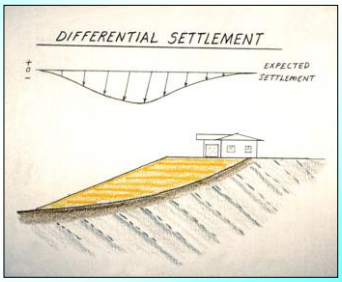
Técnica de melhoria do terreno, onde o solo é densificado através de um esforço de compactação externo.

Por que?

- Sair do estado fofo do lançamento puro e simples do material em obras de terraplenagem,
- Produzir material homogêneo,
- Reduzir porosidade / vazios, melhorando contato entre grãos, melhorando resistência e deformabilidade, e reduzindo a permeabilidade

Capacidade Suporte

Recalques Diferenciais



Aplicações

- Aterros, em obras de urbanização, estradas, obras industriais, etc;
- Muros de arrimo;
- Valas;
- Barragens;
- Pavimentos.

Sobre a Técnica

- Proctor
- Peso específico (densidade) de uma amostra de solo é função:
  - Tipo de solo,
  - Umidade,
  - Nº de golpes (ou passadas) do equipamento de compactação.

Diferenças entre Compactação e Adensamento

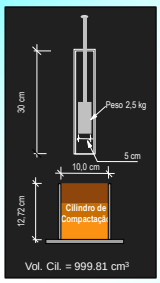
Compactação:

Diminuição dos vazios do solo em estado insaturado pela expulsão do ar; Efeito imediato; As cargas podem ser aplicadas de natureza estática ou dinâmica.

Adensamento:

Diminuição dos Vazios decorrente da expulsão de água dos interstícios do solo; Processo diferido no tempo; De forma geral as cargas aplicadas são de natureza estática.

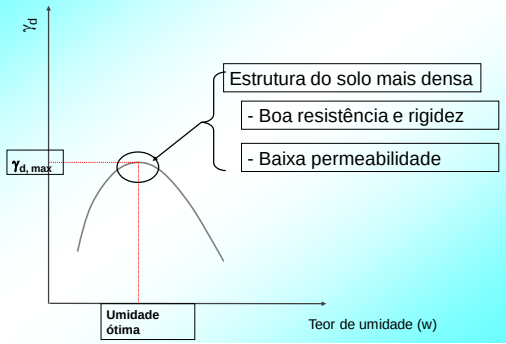
Ensaio de Proctor Normal – NBR 7182



- Preparação da Amostra:
  - Secar ao Ar.
  - Destorroar
  - Acrescentar água até w = 5%
  - Colocação no cilindro padrão
- Compactação:
  - 3 Camadas
  - 26 golpes / Camada
  - Determinação de γd e w %
  - w aumentada (ou diminuida) em 2% para novo ensaio

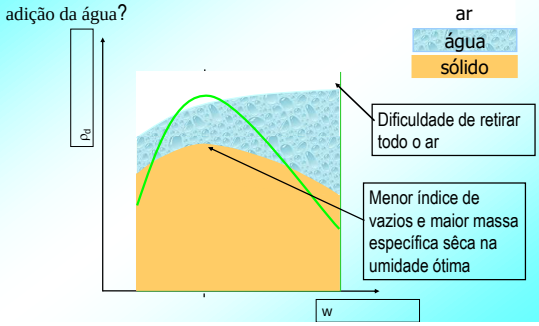
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$$

Curva de Compactação

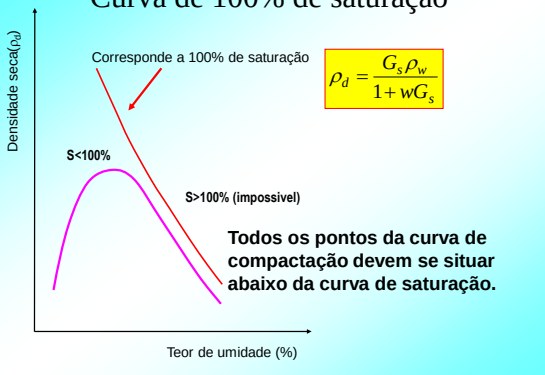


Curva de Compactação

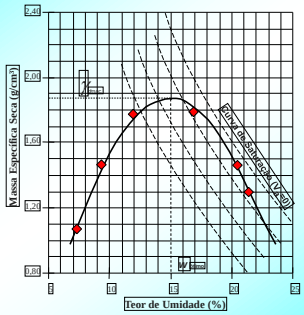
O que acontece nas quantidades relativas das três fases com adição da água?

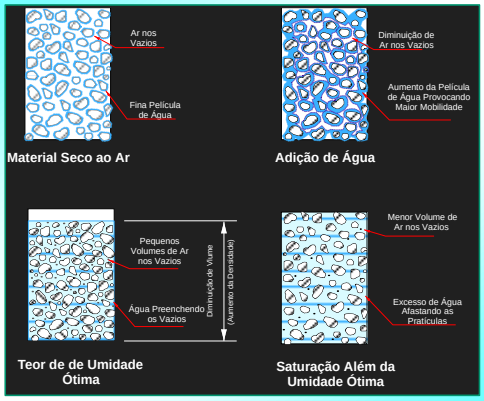


Curva de 100% de saturação

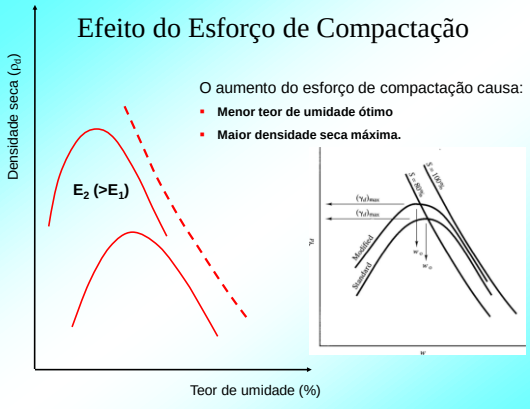


Curva de Compactação





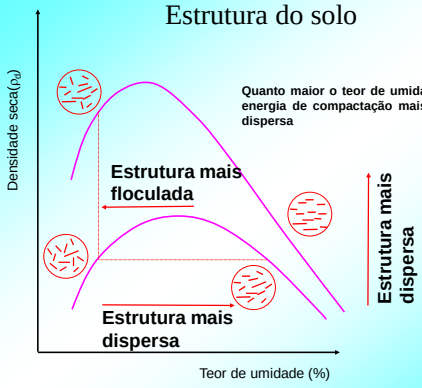
Efeito do Esforço de Compactação



O aumento do esforço de compactação causa:

- **Menor teor de umidade ótimo**
- **Maior densidade seca máxima.**

Estrutura do solo



Ensaio de Compactação de laboratório

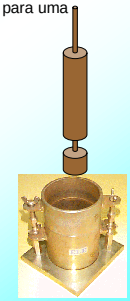
O objetivo do ensaio é obter a curva de compactação e definir o teor de umidade ótimo e densidade seca máxima para uma energia especificada.

Proctor Normal:

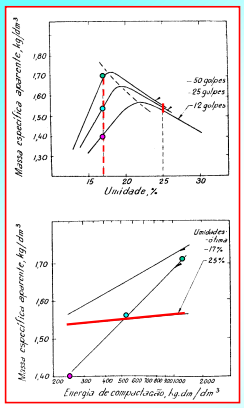
- 3 camadas
- 26 golpes por camada
- Soquete de 2.5 kg
- Altura de queda 305 mm

Proctor Modificado:

- 5 camadas
- 27 golpes por camada
- Soquete de 4.5 kg
- Altura de queda 457 mm



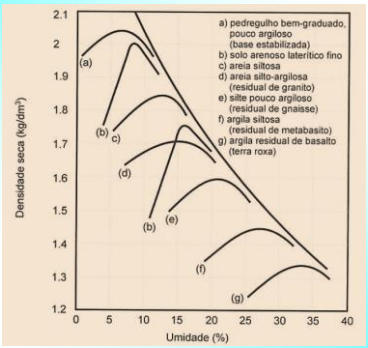
Volume do molde 1000 ml



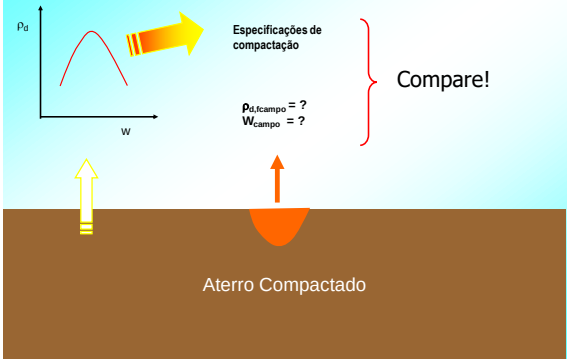
Curvas de compactação com três energias.

Variação da massa específica com a energia de compactação para três teores de umidade.

Valores Típicos



Princípio do Controle de Compactaçã

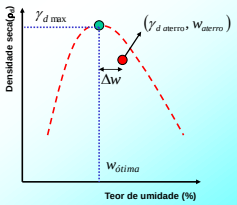


Objetivo do controle de compactação

- **Evitar que uma camada indequadamente compactada seja coberta por outra antes da análise.**

$$G.C. = \frac{\gamma_{d\ aterro}}{\gamma_{d\ \max}}$$

$$\Delta w = w_{aterro} - w_{ótima}$$



Controle de Compactação

É uma verificação sistemática onde se verifica, em intervalos regulares, se a compactação foi feita de acordo com as especificações

1 teste por 1000 m³ de solo compactado

•Densidade (grau de compactação)
•Teor de umidade

- Formas de se monitorar a densidade no campo:
  - Frasco de areia
  - Densímetro nuclear
  - TDR
- Método de Hilf

Controle de Compactação

Fundamental para garantir a homogeneidade, e a obtenção dos parametros de comportamento desejados.

Através de ensaios de laboratório determinando a densidade e a umidade obtida no campo e comparando com os valores de umidade otima e de densidade máxima.

Na dinâmica da obra, acompanhando a espessura de camada solta lançada (não maior do que 30cm), o numero de passadas do rolo compactador (não inferior a 8 passadas de ida e volta), e a distribuição homogênea das passadas do equipamento.

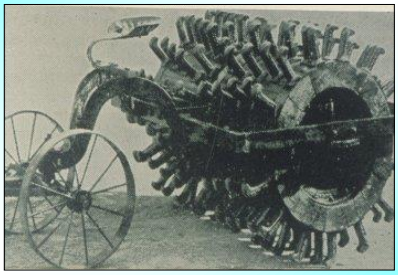
Compactação no campo

Tipos de compactadores:

- Compactador manual vibratório, para situações confinadas, de pequeno volume,
- Compactadores tipo “pé de carneiro”, “tamping”, etc,
- Compactador de rolo liso,
- Compactador de pneu.

Compactação no campo

Rolo pé-de-carneiro



O rolo pé-de-carneiro foi patenteado em 1904.
O cilíndro era preenchido com areia.

Rolo Compactador

Rolo Compactador

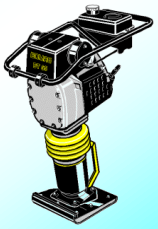
Rolos Compactadores

Compactação Pneumática

Rolo Liso

Rolo Liso

Manual



Compactação por impacto

Área de Empréstimo – Tipo de Solo

Ajuste de Teor de Umidade

Ajuste de Teor de Umidade

Observação cuidadosa é um importante métodos de controle. Excesso de poeira é um indício de teor de umidade abaixo do ótimo.

Ajuste de Teor de Umidade

Estabilidade de Taludes

- Objetivo
- Tipos de Escorregamentos
  - Circular
  - Planar
  - Composta
- Métodos de Análises
- Comentários Gerais
  - Hipóteses simplificadoras
  - Parâmetros

Superfície “Circular”

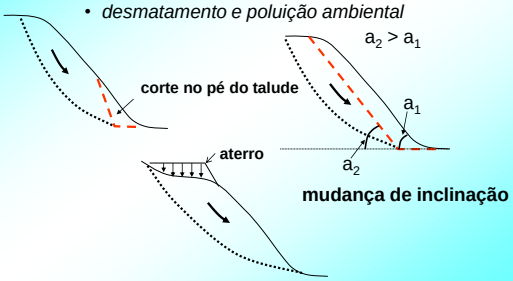
Superfície “Circular”

Superfície “Planar”

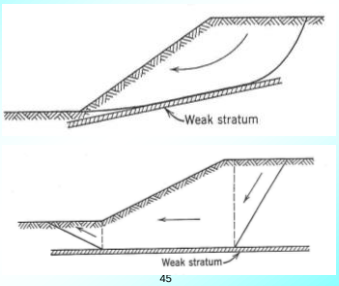
Superfície “Planar”

Escorregamentos

- *Alteração da geometria*
- *colocação de sobrecarga*
- *infiltração de água*
- *desmatamento e poluição ambiental*



Superfície “Compostas”



FATOR DE SEGURANÇA:

como é definido? resistência / solicitação

resistência ao cisalhamento diponível / tensões de cisalhamento induzidas

FATOR DE SEGURANÇA

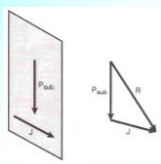
Estabilidade pressupõe atendimento aos requesitos da Estática –

Verificação do **equilíbrio** aos esforços horizontais, aos esforços verticais, e a momentos

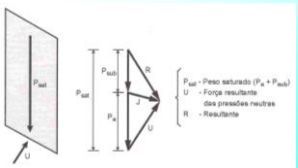
COMENTÁRIOS FINAIS

1- Consideração da pressão neutra:

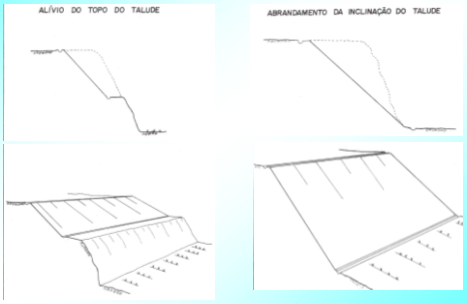
Peso Submerso + Força de Percolação



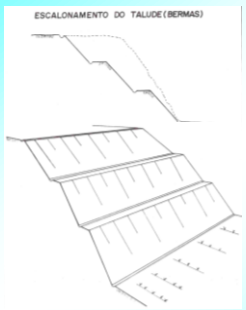
Peso Total + Força Resultante das Pressões Neutras



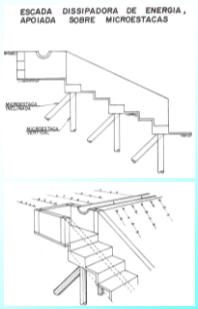
Alteração na geometria do talude



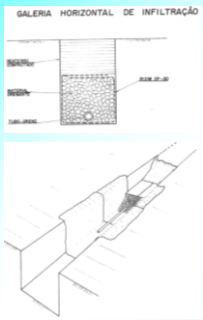
Alteração na geometria do talude com impermeabilização superficial



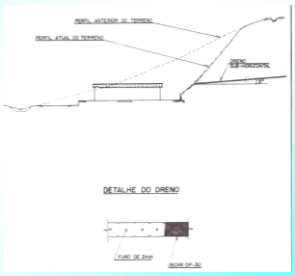
Drenagem Superficial

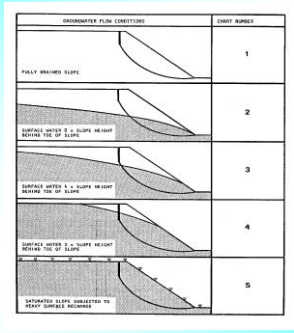


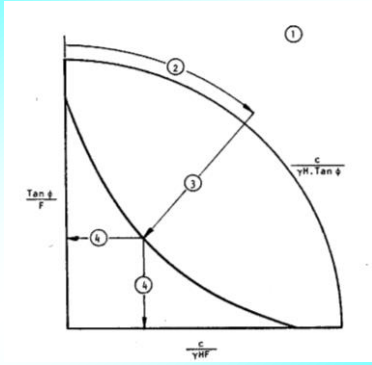
Drenagem Profunda

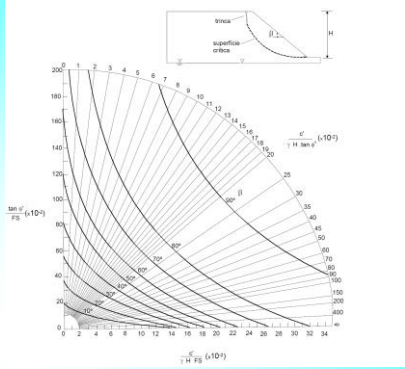


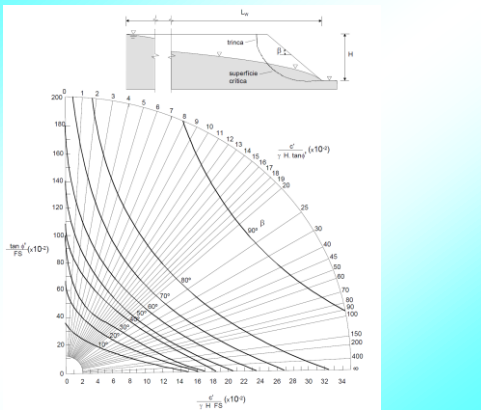
Dreno sub-horizontal profundo (DHP)

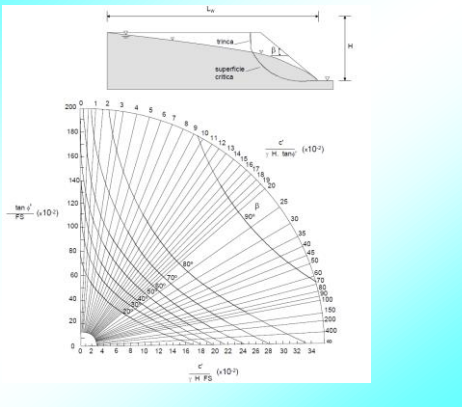


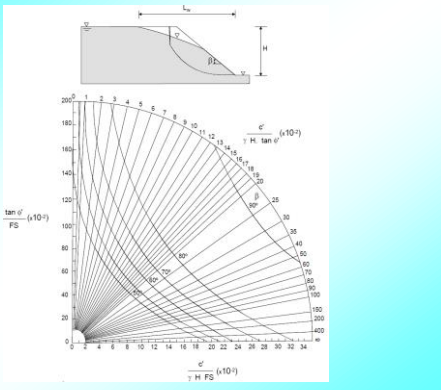

GROUNDWATER FLOW CONDITIONS
CHART NUMBER
FULLY DRAINED SLOPE
1
2
3
4
5
SATURATED SLOPE SUBJECTED TO HEAVY SURFACE RECHARGE

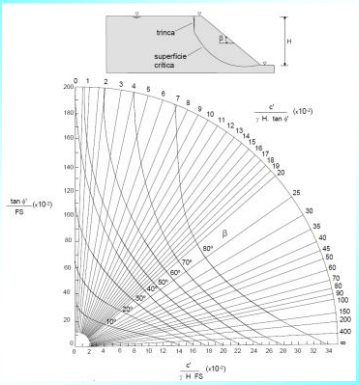

1
2
3
4
4
Tan φ / F
c / γH.Tan φ
c / γHF


trinca
superficie orifica
H
β
tan φ' / FS (x10⁻²)
c' / γ H FS (x10⁻²)
c' / γ H tan φ' (x10⁻²)


trinca
superficie crítica
H
β
β
90°
80°
70°
60°
50°
40°
30°
20°
10°


trinca
superficie crítica
H
β
β
90°
80°
70°
60°
50°
40°
30°
20°
10°


H
β
β
90°
80°
70°
60°
50°


trinca
superficie crítica
H
β
c' / γ H tan φ' (x10⁻²)
tan φ' / FS (x10⁻²)
c' / γ H FS (x10⁻²)
β
80°
70°
60°
50°
40°
30°
25°
20°