

COMPACTAÇÃO DE SOLO

um manual básico



*página
em branco*

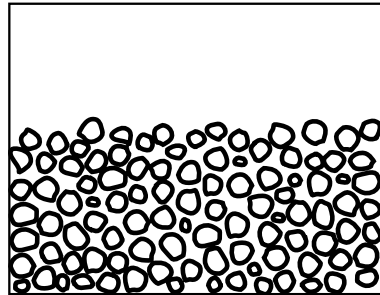
Compactação de Solo

Compactação de solo é definida como o método de aumentar mecanicamente a densidade do solo. Em construção, esta é uma parte importante do processo de edificação.

Se executada indevidamente, pode dar margem a uma acomodação do solo e causar custos de manutenção desnecessários ou mesmo a perda da estrutura.

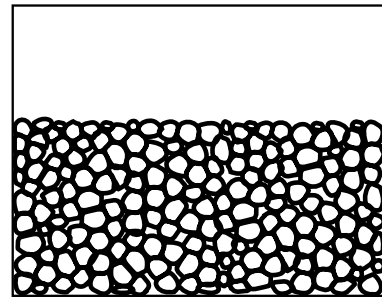
Quase todos os tipos de locais de obra de edificação e projetos de construção utilizam técnicas mecânicas de compactação.

DENSIDADE DO SOLO



Solo não compactado (baixo suporte de carga)

Figura 1



Solo compactado (suporte de carga melhorado)

O que é solo?

Solo é uma formação local por várias forças da natureza (de certas partículas, tais como, geleiras, vento, lagos e rios) através de depósito residual ou orgânico. A seguir estão importantes elementos na compactação de solo:

- Tipo de solo
- Teor de umidade do solo
- Esforço de compactação necessário

Por que compactar?

Há cinco razões principais para se compactar o solo:

- Aumenta a sua capacidade de resistência à carga
- Evita recalque do solo e dano por congelamento
- Dar estabilidade
- Reduz infiltração de água, dilatação e contração
- Reduz sedimentação do solo

Tipos de compactação

Há quatro tipos de esforço de compactação para solo ou asfalto:

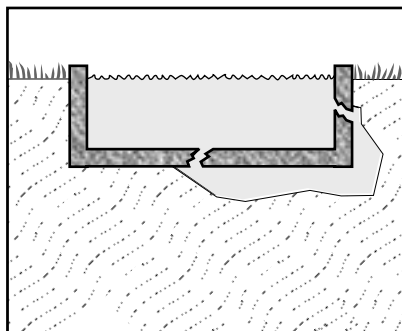
- Vibração
- Impacto
- Amassamento
- Pressão

Estes diferentes tipos de esforço são encontrados nos dois tipos principais de força de compactação: estático e vibratório.

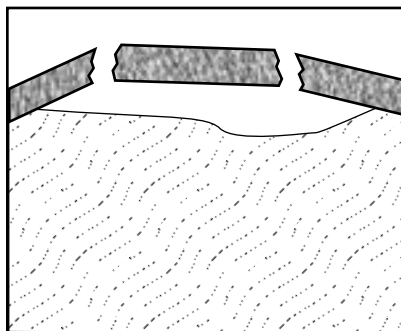
Força estática é simplesmente o peso próprio da máquina aplicando força para baixo sobre a superfície do solo, comprimindo as partículas do solo. A única maneira de modificar a força efetiva de compactação é pela adição ou subtração do peso da máquina. Compactação estática é restrita a camadas superiores do solo e é limitada a determinada profundidade. Amassamento e pressão são dois exemplos de compactação estática.

Força vibratória usa um mecanismo, normalmente motorizado, para criar uma força descendente em acréscimo ao peso estático da máquina. O mecanismo vibratório é normalmente um peso excêntrico giratório ou combinação de pistão/mola (em compactadores). Os compactadores produzem uma sucessão rápida de pancadas (impactos) na superfície, afetando assim as camadas superficiais bem como também as camadas mais profundas. A vibração se transmite pelo material, colocando as partículas em movimento e as aproximando ao máximo para a densidade mais alta possível. Com base nos materiais que são compactados, uma certa quantidade de força deve ser usada para superar a força de coesão natural de certas partículas.

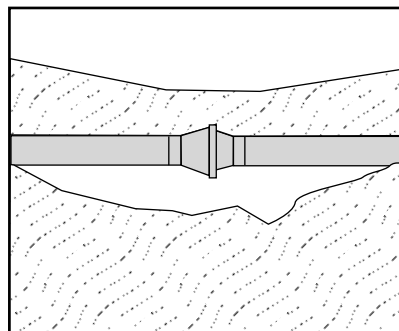
CONSEQUÊNCIAS DE UMA COMPACTAÇÃO DEFICIENTE



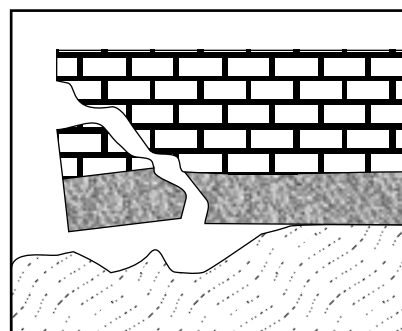
Embasamento & Piscina ▯
Quebras & Vazamentos



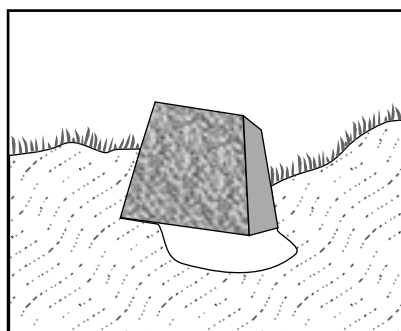
Quebras de Piso



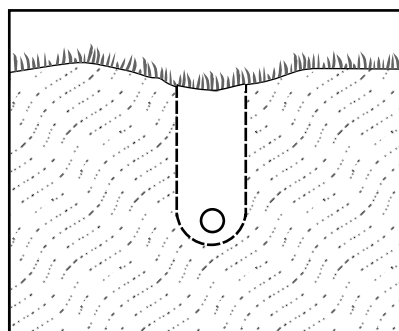
Vazamento de Tubulação
& Quebras



Erosão da Fundação



Canais de Erosão ▯
sob Contrafortes



Instalação de Valas
de Serviço

Figura 2

Estas ilustrações mostram os resultados da compactação indevida e como uma compactação correta pode assegurar uma vida estrutural mais longa, eliminando futuros problemas de fundação.

Tipos e Condições de Solo

Cada tipo de solo se comporta diferentemente com respeito à densidade máxima e umidade ótima. Então, cada tipo de solo tem suas exigências e controles próprios e individuais tanto no campo como para fins de testes. Os tipos de solo são comumente classificados pelo tamanho do grão, determinado pela passagem do solo através de uma série de peneiras para separar os diferentes tamanhos de grão. [Ver Figura 3]

A classificação do solo é dividida em 15 categorias, um sistema estabelecido pela AASHTO (Associação Americana de Funcionários de Transporte e Estradas Estaduais). Os solos encontrados na natureza quase sempre têm uma combinação de tipo de solo. Um solo bem qualificado consiste em uma larga faixa de tamanhos de partícula com as partículas menores preenchendo vazios entre partículas maiores. O resultado é uma estrutura densa, boa para compactação.

A constituição de um solo determina o melhor método de compactação a ser utilizado.

Há três grupos básicos de solo:

- Coesivo
- Granular
- Orgânico (este solo não é adequado para compactação e não será discutido aqui)

TESTE DE PENEIRAS

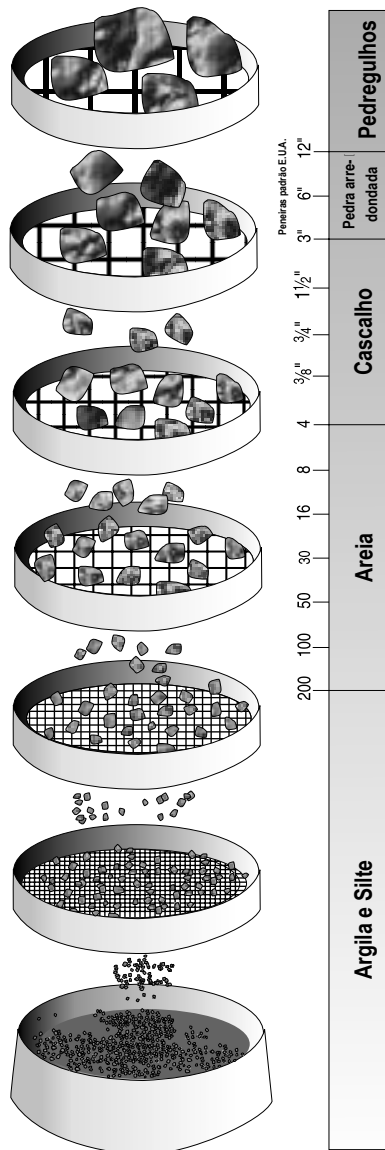


Figura 3

Solos coesivos

Solos coesivos têm as partículas menores. Argila tem um tamanho de partícula da ordem de 0,0004" (0,0001cm) a 0,002" (0,005cm). Silte varia de 0,0002" (0,0005cm) a 0,003" (0,008cm). Argila é usada em execução de barragens e leitos de reservatórios de retenção de água.

Características

Solos coesivos são compactos e firmemente agregados por atração molecular. Eles são maleáveis quando úmidos e podem ser moldados mas se tomam muito duros quando secos. Teor de água próprio, uniformemente distribuído, é crítico para compactação adequada. Solos coesivos normalmente necessitam uma força de impacto ou pressão. Silte tem uma coesão notadamente mais baixa que a argila. Porém, silte é ainda seguramente confiável quanto ao teor de água. [Ver Figura 4]

Solos granulares

Solos granulares alcançam tamanho de partícula de 0,003" (0,008cm) a 0,08" (0,20cm) (areia) e de 0,08" (0,20cm) a 1,0" (2,54cm) (cascalho fino a médio). Solos granulares são conhecidos pelas suas propriedades de drenagem de água.

Características

Areia e cascalho alcançam densidade máxima em estado completamente seco ou saturado. Curvas de teste são relativamente planas e assim a densidade pode ser obtida sem se considerar o teor de água.

As tabelas nas páginas seguintes dão uma indicação básica de solos usados aplicações de construção particular. [Ver Figuras 5, 6 & 7]

Figura 4

GUIA PARA TIPOS DE SOLO

O que procurar	Aparência/tato	Movimento da água	Quando úmido...	Quando seco...
Solos granulares , areias finas e siltes.	Podem ser vistos grãos grossos. Sente-se arenoso quando esfregado entre os dedos.	Quando água e solo são agitados na palma da mão, eles se misturam. Quando a agitação para, eles se separam.	Muito pouca ou nenhuma plasticidade.	Pouca ou nenhuma força coesiva quando seco. Amostra de solo se esfarela facilmente.
Solos coesivos , agregados e argilas.	Grãos não podem ser vistos a olho nu. Sente-se liso e gorduroso quando esfregados entre os dedos.	Quando água e solo são agitados na palma da mão, eles não se misturam.	Plástico e pegajoso. Pode ser enrolado.	Tem alta resistência quando seco. Esfarela-se com dificuldade. Saturação lenta em água.

PREFERÊNCIA DE SOLOS RELACIONADA A ATERRO COMPACTADO

		(NAVFAC DM-7.2, MAIO 1982)	Preferência relacionada a vários usos (1=melhor; 14=menos interessante)									
Tipo do Grupo	Tipo do Solo	* se cheio de cascalho ** limite de erosão *** limite de alteração de volume -- não apropriado para este tipo de uso	Barragens de Terra Rolada			Seções de Canais		Fundações		Estradas		
			Barragem Homogênea	Núcleo	Revestimento	Resistência à Erosão	Revestimento de Argila Compactada	Infiltração Importante	Infiltração não importante	Aterros		Acabamento Superficial
										Congelamento Impossível	Congelamento Possível	
CASCALHOS	GW	Cascalhos de boa qualidade, misturas de cascalho e areia, poucos finos ou nenhum	--	--	1	1	--	--	1	1	1	3
	GP	Cascalhos de baixa qualidade, misturas de cascalho e areia, poucos finos ou nenhum	--	--	2	2	--	--	3	3	3	--
	GM	Cascalhos siltosos, misturas de baixa qualidade de cascalho, areia e silte	2	4	--	4	4	1	4	4	9	5
	GC	Cascalhos argilosos, misturas de baixa qualidade de cascalho, areia e silte	1	1	--	3	1	2	6	5	5	1
AREIAS	SW	Areias de boa qualidade, areias com cascalho, poucos finos ou nenhum	--	--	3*	6	--	--	2	2	2	4
	SP	Areias de baixa qualidade, areias com cascalho, poucos finos ou nenhum	--	--	4*	7*	--	--	5	6	4	--
	SM	Areias siltosas, misturas de baixa qualidade de areia e silte	4	5	--	8*	5**	3	7	6	10	6
	SC	Areias argilosas, misturas de baixa qualidade de areia e argila	3	2	--	5	2	4	8	7	6	2
ARGILAS & SILTES GORDO MAGRO	ML	Siltes inorgânicos e areias muito finas, pó de pedra, areias finas siltosas ou argilosas com pouca elasticidade	6	6	--	--	6**	6	9	10	11	--
	CL	Argilas inorgânicas de elasticidade baixa a média, argilas com cascalho, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas pobres	5	3	--	9	3	5	10	9	7	7
	OL	Siltes orgânicos e argilas siltosas orgânicas de baixa elasticidade	8	8	--	--	7**	7	11	11	12	--
	MN	Siltes orgânicos, solos siltosos ou de areia fina micácea ou diatomácea, siltes elásticos	9	9	--	--	--	8	12	12	13	--
	CH	Argilas inorgânicas de elasticidade alta, argilas gordurosas	7	7	--	10	8***	9	13	13	8	--
	OH	Argilas orgânicas de elasticidade média-alta	10	10	--	--	--	10	14	14	14	--

Figura 5

MATERIAIS		Pé de carneiro de rolo vibratório Compactador	Pé de carneiro estático Rolo com Grade Niveladora	Compactador de placa vibratória Rolo vibratório Pé de carneiro de rolo vibratório	Niveladora Compactador de rolo emborrachado Carregador Rolo com Grade
Espessura de Elevação		IMPACTO	PRESSÃO com amassamento	VIBRAÇÃO	AMASSAMENTO com pressão
CASCALHO	12+	Pobre	Não	Bom	Muito Bom
AREIA	10+/-	Pobre	Não	Excelente	Bom
SILTE	6+/-	Bom	Bom	Pobre	Excelente
ARGILA	6+/-	Excelente	Muito Bom	Não	Bom

Figura 6

Efeito da umidade

A resposta do solo para a umidade é muito importante, como a solo deve suportar a carga durante o ano todo. A chuva, por exemplo, pode transformar o solo em um estado plástico ou até mesmo em um líquido. Neste estado, o solo tem pouca ou nenhuma capacidade de suportar carga.

Umidade x densidade do solo

O teor de umidade do solo é vital para uma compactação apropriada. A umidade age como um lubrificante dentro do solo, fazendo as partículas se ajuntarem. Muito pouca umidade significa compactação inadequada — as partículas não podem

se mover entre si para alcançar maior densidade. Excesso de umidade deixa água preenchendo espaços vazios e subseqüentemente diminui a capacidade de suportar carga. A densidade mais alta para a maioria dos solos está em um certo teor de água para um determinado esforço de compactação. O mais resistente secador do solo é a compactação. Em um estado saturado de água os vazios entre partículas estão parcialmente preenchidos com água, criando uma coesão aparente que as liga entre si. Esta coesão aumenta com a redução do tamanho da partícula (como em solos argilosos). [Ver Figura 8]

MATERIAIS DE ATERRO					
	Permeabilidade	Suporte da Fundação	Base para Pavimentação	Expansível	Dificuldade de Compactação
CASCALHO	Muito Alta	Excelente	Excelente	Não	Muito Fácil
AREIA	Média	Boa	Boa	Não	Fácil
SILTE	Média Baixa	Pobre	Pobre	Um Pouco	Um Pouco
ARGILA	Nenhuma+	Moderada	Pobre	Difícil	Muito Difícil
ORGÂNICO	Baixa	Muito Pobre	Não Aceitável	Um Pouco	Muito Difícil

Figura 7

Testes de densidade do solo

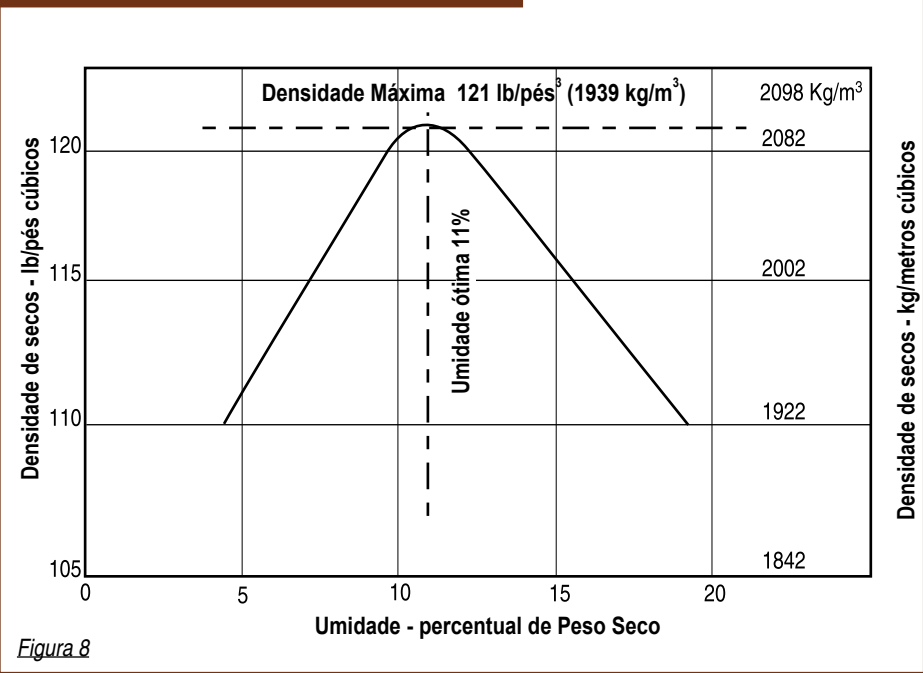
Para determinar se a compactação adequada do solo foi alcançada para cada aplicação específica de construção foram desenvolvidos vários métodos. O mais notável é, sem dúvida, a densidade do solo.

Por que testar

Teste de solo abrange o seguinte:

- Medidas da densidade do solo para comparação entre o grau de compactação e as especificações
- Medidas do efeito da umidade na densidade do solo versus o especificado
- Obter uma curva de densidade da umidade que identifique o ponto de umidade ótima.

UMIDADE VERSUS DENSIDADE DO SOLO



Tipos de testes

Testes para determinar teor de umidade ótimo são feitos no laboratório. O mais comum é o Teste de Proctor, ou Teste de Proctor modificado. Um determinado solo precisa ter uma quantidade ideal (ou ótima) de umidade para alcançar densidade máxima. Isto é importante não só para durabilidade, mas economizará dinheiro pois é necessário menos esforço de compactação para se alcançar os resultados desejados.

Teste de Proctor (ASTM D1557-91)

O Teste de Proctor, ou Teste de Proctor modificado, determina a densidade máxima de um solo necessária para uma obra específica. O teste determina primeiramente a densidade máxima possível de se alcançar para os materiais e usa esta posição como uma referência. A seguir, testa os efeitos da umidade na densidade do solo. O valor de referência do solo é expresso em um percentual da densidade. Estes valores são determinados antes de se executar qualquer compactação para se definir as especificações da compactação. Valores do Proctor modificados são mais altos porque eles levam em conta densidades mais altas necessárias para certos tipos de projetos de construção. Os métodos de teste são semelhantes para ambos os testes. [Veja Figura 10]

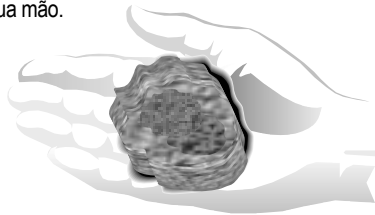
Testes de campo

É importante saber e controlar a densidade do solo durante a compactação. A seguir estão testes de campo comuns para determinar, no próprio local, se as densidades de compactação estão sendo alcançadas.

TESTE DA MÃO

Um método rápido para determinar o teor de umidade é conhecido como o "Teste da Mão."

Apanhe um punhado de terra. Aperte em sua mão. Abra a sua mão.



Se a terra está pulverulenta e não retiver a forma feita por sua mão, ela é muito seca. Se ela se fragmenta quando derrubada, é muito seca.

Se a terra é moldável e se fragmenta em apenas dois pedaços quando derrubada, tem a quantidade certa de umidade para uma compactação adequada.

Se a terra é plástica em sua mão, deixa poucos vestígios de umidade em seus dedos e permanece em um pedaço quando derrubada, tem muita umidade para compactação.

Figura 9

TESTE DE PROCTOR

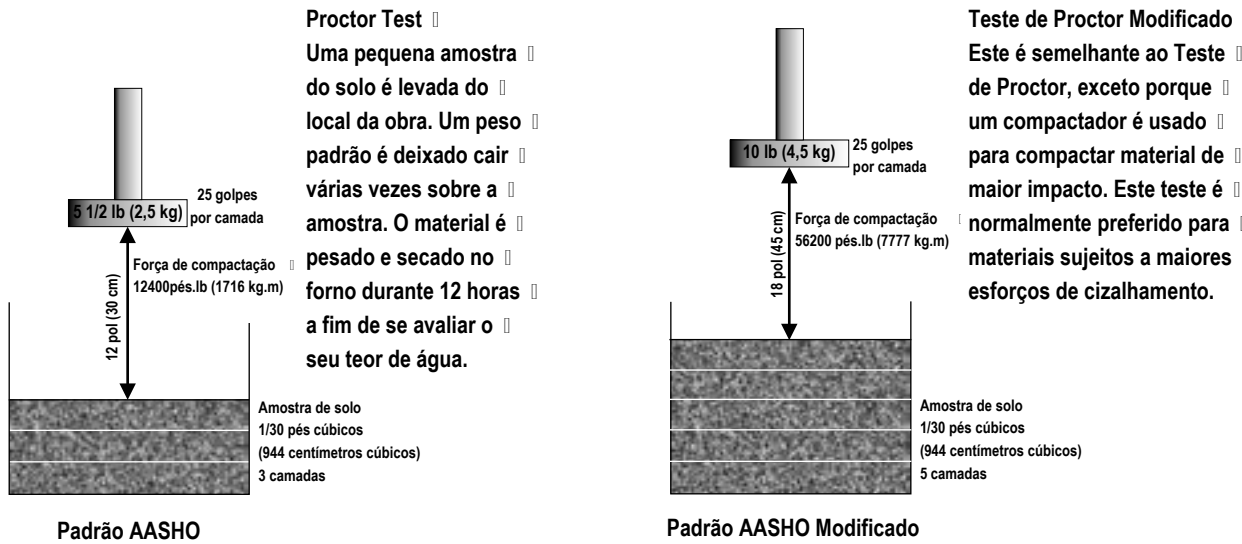


Figura 10

MÉTODOS DE TESTE DE DENSIDADE DE CAMPO

	Cone de Areia	Balão Densímetro	Tubo "Shelby"	Medidor Nuclear
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> Amostragem grande Preciso 	<ul style="list-style-type: none"> Amostragem grande Obtenção de leitura direta Material de cassificação livre 	<ul style="list-style-type: none"> Rápido Amostragem profunda Sob o leito dos tubos 	<ul style="list-style-type: none"> Rápido Fácil de refazer Mais testes (confiabilidade estatística)
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> Muitas etapas Necessidade de grande área Lento Equipamento de parada Passível de coincidências 	<ul style="list-style-type: none"> Lento Rompimento do balão Complicado 	<ul style="list-style-type: none"> Amostragem pequena Nenhum cascalho Amostra nem sempre retida 	<ul style="list-style-type: none"> Nenhuma amostra Radiação Umidade suspeita Encoraja os amadores
Erros	<ul style="list-style-type: none"> Vazio sob a placa Aumento de areia Areia compactada Bombeamento do solo 	<ul style="list-style-type: none"> Suferfície fora de nível Bombeamento do solo Vazio sob a placa 	<ul style="list-style-type: none"> Sobre-excitação Rochas no caminho Solo plástico 	<ul style="list-style-type: none"> Descalibrado Rochas no caminho Necessidade de preparação da superfície "Backscatter"
Custo	<ul style="list-style-type: none"> Baixo 	<ul style="list-style-type: none"> Moderado 	<ul style="list-style-type: none"> Alto 	<ul style="list-style-type: none"> Baixo

Figure 11

TESTE DO CONE DE AREIA

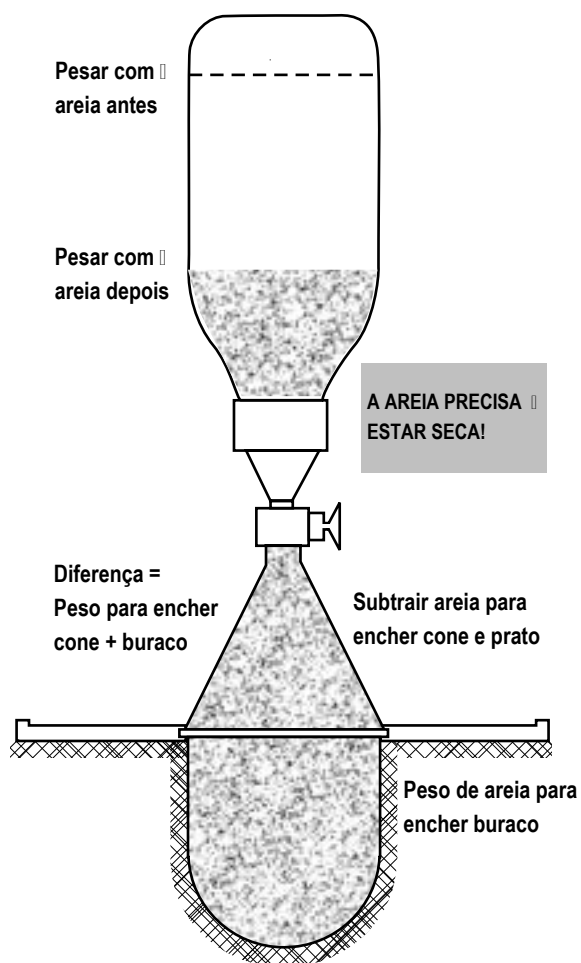


Figura 12

Teste do Cone de Areia (ASTM D1556-90)

Um pequeno buraco de 6" (15cm) por 6" (15cm) de profundidade é cavado no material compactado a ser testado. O material é removido e pesado, então é seco e pesado novamente para determinar o seu teor de umidade. A umidade do solo é apresentada como uma porcentagem. O volume específico do buraco é determinado pelo seu enchimento com areia seca proveniente de um dispositivo de jarro e cone. O peso seco do solo removido é dividido pelo volume de areia necessária para encher o buraco. Isto nos fornece a densidade do solo compactado em libras por pé cúbico. Esta densidade é comparada à densidade máxima de Proctor obtida anteriormente, o que nos dá a densidade relativa do solo que acabou de ser compactado. [Ver Figura 12]

Densidade Nuclear (ASTM D2922-91)

Medidores de Densidade Nuclear são um modo rápido e bastante preciso de se determinar densidade e teor de umidade. O medidor usa uma fonte de isótopo radioativo (Césio 137) na superfície do solo ("backscatter") ou uma sonda colocada no solo (transmissão direta). A fonte do isótopo emite fótons (normalmente raios Gama) que irradiam de volta aos detectores do medidor no fundo da unidade. Solo denso absorve mais radiação que solo solto e as leituras refletem a densidade global. O teor de água (ASTM D3017) pode também seja lido, tudo dentro de poucos minutos. Uma Densidade de Proctor relativa é obtida após a comparação da densidade máxima com o resultado do teste no material compactado. [Veja Figura 13]

TESTE NUCLEAR

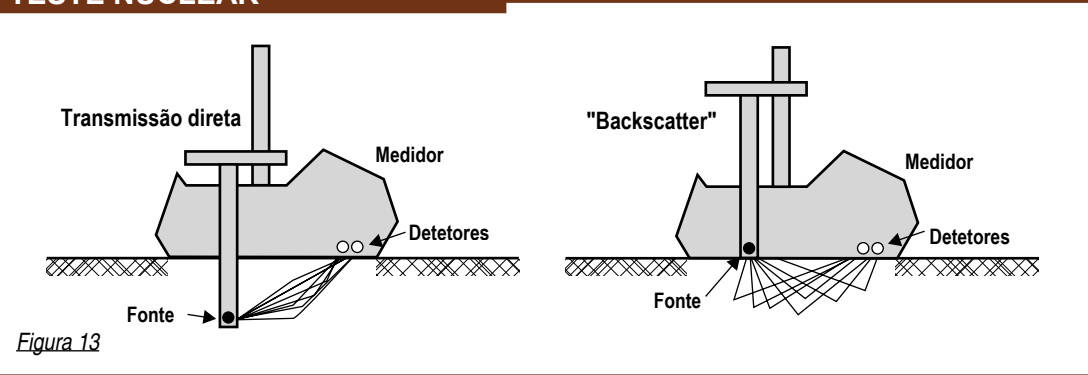


Figura 13

Módulo do Solo (dureza do solo)

Este método de teste de campo é um desenvolvimento muito recente que substitui o teste de densidade do solo. Dureza do solo é a relação da força para o deslocamento. O teste é feito por uma máquina que envia vibrações para dentro do solo e então mede a deflexão das vibrações pelo solo.

Este é um método muito rápido e seguro como teste de dureza do solo. Dureza do solo é uma propriedade de engenharia não exatamente como teor de secos e teor de água. Este método está atualmente sendo pesquisado e testado pela Administração de Estradas Federais (Federal Highway Administration).

Equipamento de Compactação

Aplicações

O nível desejado de compactação é melhor alcançado pela combinação do tipo de solo com o método de compactação adequado. Outros fatores devem ser considerados tais como, especificações de compactação e condições do local da obra.

- Solos coesivos—argila é coesiva; suas partículas se aderem umas às outras.* Então, uma máquina com uma força de alto impacto é necessária para golpear o solo e forçar a saída do ar, organizando as partículas. Um *compactador de percussão* é a melhor escolha, ou *compactador de rolo vibratório pé de carneiro* se for necessária maior produção. [Ver Figura 14]
*As partículas precisam ser comprimidas para compactar.
- Solos granulares—já que solos granulares não são coesivos e as partículas requerem uma agitação ou ação vibratória para movê-las, *placas vibratórias* (unidirecionais) são a melhor escolha.

SOLOS COESIVOS



Rolo Vibratório Pé de Carneiro
P33/24 HHMR



Figura 14

Placas Reversíveis e Rolos Vibratórios Lisos são apropriados para trabalho de produção. Partículas de solo granular respondem a frequências diferentes (vibrações) dependendo do tamanho da partícula. Quanto menor a partícula, maior a frequência necessária para movê-la. Como você compacta solos com partículas maiores, utilize equipamento maior para obter frequências mais baixas e forças de compactação maiores. [Ver Figura 15]

SOLOS GRANULARES



Placa Vibratória Reversível
MVH-306



Rolo Vibratório Motorizado
AR-13H



Figura 15

Normalmente, solos são misturas de argila e materiais granulares, tornando mais difícil a seleção do equipamento de compactação. É uma boa idéia escolher a máquina apropriada pela porcentagem maior na mistura do solo. Um teste do equipamento pode ser exigido para identificar a melhor máquina para o trabalho.

Asfalto é considerado granular com base na diversidade de tamanhos do seu agregado (pó de pedra, cascalho, areia e finos) misturado com betume aglutinante (cimento asfáltico). Conseqüentemente, o asfalto deve ser compactado com pressão (estático) ou vibração.

Características da máquina de compactação

Dois fatores são importantes na determinação do tipo de força que uma máquina de compactação produz: *freqüência* e *amplitude*.

Freqüência é a velocidade na qual uma eixo excêntrico gira ou a máquina vibra. Cada máquina de compactação é projetada para operar a uma freqüência ótima para fornecer a força máxima. A freqüência é normalmente fornecida em termos de vibrações por minuto (vpm).

Amplitude (ou amplitude nominal) é o maior movimento de um corpo vibrando a partir do seu eixo em uma determinada direção. Amplitude dupla é a maior distância que um corpo vibrante se move em ambas as direções a partir do seu eixo. A amplitude aparente varia para cada máquina conforme as diferentes condições do local de trabalho. A amplitude aparente aumenta à medida que o material se torna mais denso e compactado.

Altura de compactação e desempenho da máquina

Altura de compactação (espessura da camada do solo) é um fator importante que afeta o desempenho da máquina e o custo de compactação. Equipamentos dos tipos vibratório e compactador de percussão compactam o solo em uma mesma direção: do topo para o fundo e do fundo para o topo. Como a máquina golpeia o solo, o impacto se transmite pela superfície dura abaixo e então retorna à superfície. Isto coloca todas as partículas em movimento e ocorre a compactação.

Como o solo se torna compactado, o impacto passa a ter uma menor distância para atravessar. Mais força retorna à máquina, fazendo-a erguer-se mais do solo em seu ciclo de golpes. Se a camada a ser compactada é muito profunda, a máquina vai levar mais tempo para compactar o solo e uma camada intermediária ficará sem ser compactada.

[Ver Figura 16]

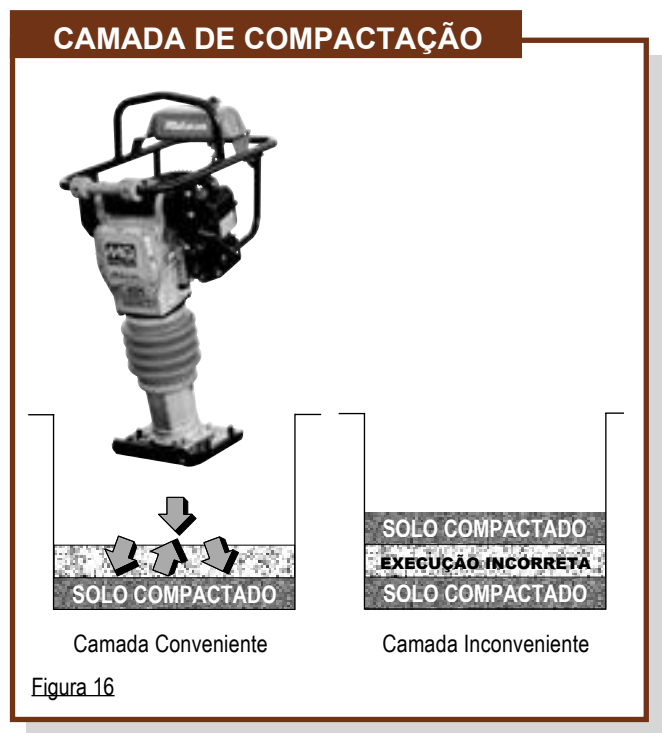


Figura 16

O solo também pode ser sobrecompactado se o compactador fizer muitas passagens (uma passagem é a máquina passar através de uma região em uma direção). Sobrecompactação é como bater constantemente no concreto com uma marreta. Rachaduras eventualmente aparecerão, reduzindo a densidade. Este é um desperdício de homens-hora e aumento desnecessário do uso da máquina.

Especificações de compactação

Uma palavra sobre atendimento a especificações na obra. Geralmente, parâmetros de desempenho da compactação são fornecidos de duas maneiras em um projeto de construção:

- Especificação do método—instruções detalhadas especificam o tipo de máquina, camada de compactação, número de passadas, velocidade da máquina e teor de umidade. Uma "receita" é dada como parte das especificações de trabalho para realizar a compactação necessária. Este método é antiquado, pois a tecnologia da máquina há muito tempo já superou as exigências comuns da especificação do método.
- Especificação do resultado final—engenheiros indicam as exigências finais para a compactação, dando assim ao empreiteiro muito mais flexibilidade na escolha do melhor e mais econômico método para alcançar o resultado requerido. Felizmente, esta é a tendência, permitindo ao empreiteiro tirar proveito da mais recente tecnologia disponível.

Tipos de equipamento

Compactadores

Compactadores fornecem uma alta força de impacto (amplitude alta) fazendo deles uma excelente escolha para solos coesivos e semicoesivos. A faixa de frequência dos golpes é de 500 a 750 por minuto. Compactadores têm sua força a partir de um pequeno motor a gasolina ou diesel que aciona um pistão grande preso a dois jogos de molas. O compactador tem uma inclinação para a frente que lhe permite deslocar-se adiante à medida que a máquina salta. Compactadores abrangem três tipos de compactação: impacto, vibração e amassamento. [Ver Figura 17]

Placas Vibratórias

Placas vibratórias são de baixa amplitude e alta frequência, projetados para compactar solos granulares e asfalto. Motores a gasolina ou diesel acionam um ou dois pesos excêntricos a uma velocidade alta para desenvolver força de compactação. As vibrações resultantes causam movimento para a frente. A máquina e os punhos estão isolados da vibração da placa. Quanto mais pesada é a placa, maior a força de compactação gerada. A faixa de frequência é usualmente de 2500 a 6000 vpm. Placas usadas para asfalto têm um tanque de água e um sistema de irrigação para impedir a aderência do asfalto à placa base. Vibração é o principal efeito para compactação. [Ver Figura 17]

Placas vibratórias reversíveis

Em acréscimo a algumas das características da placa vibratória padrão, placas reversíveis têm dois pesos excêntricos, o que permite transição suave do deslocamento dianteiro para o reverso, e ainda o aumento da força de compactação devido aos dois pesos. Por causa de seus peso e força, placas reversíveis são ideais para solos semicoesivos.

A reversível é possivelmente a melhor compra de compactação. Ao contrário das placas padrão, o deslocamento das reversíveis para a frente pode ser parado e a máquina manterá a sua força para compactação imediata.

[Ver Figura 17]

EQUIPMENT TYPES



Compactador de Percussão movido a diesel MT-76D



Compactador de placa vibratória MVC-88



Compactador de placa reversível MVH-402DS

Figure 17

Figure 18

APLICAÇÕES DE EQUIPAMENTO

	Solos Granulares	Areia e Argila	Argila Coesiva	Asfalto
Compactadores	Não recomendado	Teste recomendado	Melhor aplicação	Não recomendado
Placas Vibratórias	Melhor aplicação	Teste recomendado	Não recomendado	Melhor aplicação
Placas Reversíveis	Teste recomendado	Melhor aplicação	Melhor aplicação	Não recomendado
Rolos Vibratórios	Não recomendado	Melhor aplicação	Teste recomendado	Melhor aplicação
Rolos Rammax	Teste recomendado	Melhor aplicação	Melhor aplicação	Não recomendado

TIPOS DE ROLO



Compactador de Rolo Vibratório
V30-3E



Compactador de Rolo Vibratório
MRH-800GS



Compactador de Rolo
P33/24 HHMR



Compactador de Rolo Vibratório Motorizado
AR-13H



Compactador de Rolo Motorizado
P48

Figura 19

Compactadores de rolo

Compactadores de rolo são disponíveis em diversas categorias: simples e duplos, que estão disponíveis em modelos de rolo liso, pé de carneiro e pneus de borracha; e além disso são divididos em subcategorias estática e vibratória. [Ver Figura 18]

Simples

Liso

Um projeto popular por muitos anos, máquinas de rolo liso são ideais tanto para solo como para asfalto. Rolos duplos de aço estão montados em uma estrutura rígida e acionados por motores a gasolina ou diesel. São conduzidos manualmente girando-se a alavanca de direção da máquina.

A frequência é em torno de 4000 vpm e a faixa da amplitude é de 0,018 a 0,020. A vibração é obtida através de eixos excêntricos localizados nos rolos ou montados na estrutura.

Compactadores de rolos pé de carneiro

Compactadores de rolos pé de carneiro são também conhecidos como compactadores de valas devido ao seu uso efetivo em valas e escavações. Estas máquinas se caracterizam por direção e operação hidráulica ou hidrostática. Acionados por motores diesel, os compactadores de valas são construídos para resistirem aos rigores da compactação confinada. Os rolos de valas são "skid-steer" ou equipados com direção articulada. A operação pode ser manual ou por controle remoto. Unidades com grandes excêntricos produzem força de impacto e amplitude altas (para compactadores de rolos) o que é apropriado para solos coesivos. Os ressaltos do rolo produzem uma ação de amassamento no solo. Use estas máquinas para alta produtividade.

Rolo liso

Configurado com rolos estáticos de aço, o compactador de rolo motorizado é mais usado em serviço de impermeabilização e acabamento de superfície asfáltica em faixa maior (8 a 15t). Pequenas unidades desse compactador são usadas para trabalhos de remendo em camadas finas. A tendência é para compactadores de rolos vibratórios. Rolos vibratórios Tandem são normalmente encontrados com rolos de largura de 30" (0,76m) a 110" (2,80m), sendo o de 48" (1,22m) o mais comum.

Adequados para solo, sub-base e compactação de asfalto, rolos tandem utilizam a força dinâmica de conjuntos vibradores excêntricos para serviço de alta produção. Máquinas de cilindro único se caracterizam por um único rolo vibrador com rodas motrizes pneumáticas. O rolo é disponível liso para sub-base ou pedra II, ou com blocos para compactação de solo. Adicionalmente, versão dirigível do rolo para vala com blocos pisantes está disponível para produtividade muito alta em áreas confinadas, com controle de operação manual ou remoto.

Pneumático

Estes rolos são equipados com 7 a 11 pneus e com as rodas dianteiras e traseiras alinhadas. Com um rolo de natureza estática, a força de compactação é alterada pela adição ou remoção de peso no lastro, em forma de água ou areia. Os limites de peso variam de 10 a 35 toneladas. O esforço de compactação é por pressão e amassamento, principalmente com rolo de acabamento asfáltico. A pressão sobre os pneus pode ser diminuída em algumas máquinas durante a operação para ajustar a pressão de contato com o solo para diferentes condições de trabalho.

Segurança e diretrizes gerais

Como para todo equipamento de construção, existem muitas práticas de segurança que deveriam ser seguidas durante o uso do equipamento de compactação. Embora este manual não tenha sido projetado para cobrir todos os aspectos de segurança da obra, nós desejamos citar alguns dos mais óbvios itens que dizem respeito ao equipamento de compactação. O ideal seria que os operadores se familiarizassem com todos os regulamentos de segurança da sua companhia, como também qualquer OSHA, regulamentos da agência estatal ou local pertencentes à segurança de trabalho. Proteção pessoal básica, consistindo em luvas de trabalho duráveis, proteção de olho, proteção de ouvido, capacete resistente aprovado e roupas de trabalho, devem ser assunto padrão em qualquer trabalho e disponíveis para uso imediato. No caso de equipamento simples de compactação, dispositivos de proteção adicional do pé devem estar disponíveis, de acordo com regulamentos aplicáveis. Todo o pessoal que opera o equipamento de compactação deve ler todas as instruções de operação e segurança para cada peça do equipamento. Além disso, deve ser providenciado treinamento de tal modo que o operador fique ciente de todos os aspectos da operação.

A nenhum menor de idade deverá ser permitido operar equipamento de construção. Nenhum operador deverá operar equipamento de construção quando sob influência de medicamento, drogas ilegais ou álcool. Ferimento sério ou morte pode ocorrer como causa do uso indevido ou negligência às práticas e atitudes de segurança. Isto se aplica tanto ao novo trabalhador como também ao profissional experiente.

Escoramento

Trabalho em vala traz um novo conjunto de práticas de segurança e regulamentos para o operador de equipamento de compactação. Esta seção não pretende abordar os regulamentos pertinentes à segurança na abertura de valas (OSHA Parte 1926, Subparte P). O operador deve ter conhecimento do que é necessário antes de compactar uma vala ou área confinada. esteja seguro de que uma "pessoa competente" (como definido pela OSHA na parte 1926.650 revisada em 01JUL 91998) inspecionou a vala e segue as diretrizes da OSHA para inspeção durante a duração do trabalho. Além do perigo óbvio de uma vala desmoronar, o trabalhador deve também estar protegido de objetos cadentes. Valas sem escora (ou escoradas) podem ser compactadas com o uso de equipamento de compactação com controle remoto. Isto permite ao operador permanecer fora da vala enquanto opera o equipamento.

Primeiro a segurança!

Glossário

AASHO - Associação Americana de Funcionários de Estradas Estaduais.

Coesão - Uma propriedade do solo que faz com que partículas se aglomerem.

Agregado - Pedra ou cascalho que foram esmagados e separados em vários tamanhos para uso em concreto, asfalto ou superfícies de estrada.

Amplitude - A distância vertical total que o rolo vibratório ou placa é deslocado de uma posição de descanso ou neutra do momento do excêntrico.

ASTM - Sociedade Americana de Materiais de Teste.

Backfill - Materiais usados em reaterro um corte ou outra escavação, ou o ato de tal reaterro.

Lastro - Material pesado, como água, areia ou metal que não têm nenhuma função em uma máquina exceto aumentar seu peso.

Barreira - Uma quantidade de solo acima de um nível comum. Geralmente, qualquer solo a ser cavado de sua posição original.

Pedregulho de barreira - Uma mistura natural de pedras, cascalho, areia e finos.

Jardas de barreira - Solo ou rocha medida em sua posição original antes da escavação.

Base - O curso ou camada de materiais em uma seção de estrada na qual o pavimento atual é colocado. Pode ser de tipos diferentes de materiais variando de solos selecionados a pedra esmagada ou cascalho.

Berma - Um cume artificial de terra, geralmente rampas laterais de um leito de estrada.

Aglutinante - Finos que preenchem vazios ou mantêm cascalho junto quando seca.

Buraco de empréstimo - Uma escavação da qual o material de aterro foi levado.

BPR U.S. - Agência norte-americana de Estradas Públicas.

BUREC U.S. - Agência norte-americana de Recuperação.

Capilaridade - Um fenômeno do solo que permite absorver a água para cima ou lateralmente.

Força Centrífuga - A força gerada da condição de desequilíbrio da rotação do eixo excêntrico a uma determinada velocidade.

Argila - Material composto e derivado da decomposição de rocha e que consiste de partículas microscópicas.

Limpo - Livre de material estranho; em referência para areia ou cascalho, falta de um aglutinante.

Coesão - Uma propriedade do solo que une as partículas por aderência. Também, a habilidade do solo para resistir à quebra é determinada pelo seu grau de coesão.

Material coesivo - Um solo que tem propriedades de coesão.

Jardas compactadas - Medida do solo ou rocha depois que ele é colocado e compactado em um aterro.

Compressibilidade - Uma propriedade do solo que permite deformação quando sujeito a uma carga.

Núcleo - Um pedaço cilíndrico de uma formação subterrânea, corte e içamento por uma furadeira rotativa com uma broca oca. O centro impenetrável de uma barragem de terra.

Coroa - A elevação de uma superfície da estrada em suas bordas, para facilitar drenagem.

Dado - Qualquer superfície de nível considerada como um plano de referência para, a partir daí, medir elevações.

Densidade - A relação do peso de uma substância para o seu volume.

Barragem - Um aterro com um topo mais alto que a superfície natural adjacente.

Elasticidade - Uma característica do solo que permite deformação quando sujeito a uma carga, mas que retorna à sua configuração original depois da remoção da força.

Finos - Partículas de argila ou silte no solo.

Grau de acabamento - A graduação final exigida pelas especificações.

Rolos de Apisoamento (Pé de carneiro) - Uma das várias projeções de um rolo de compactação.

Frequência - Que se refere à velocidade de rotação de um eixo excêntrico—usualmente indicada “Vibrações Por Minuto”—que é igual à RPM do eixo.

Linha de congelação - A maior profundidade até onde é esperado o congelamento do solo em uma determinada localização.

Grau - Normalmente a elevação da superfície do solo nos pontos onde ela encontra uma estrutura. Também, rampa da superfície.

Curva de Tamanho de Grão - Uma análise gráfica do solo mostrando as variações percentuais de tamanho por peso.

Material granular - Um tipo arenoso de solo com partículas que são mais grossas que o material coesivo e não aderem umas às outras.

Cascalho - Um agregado não coesivo de fragmentos de rocha com dimensões variadas de 3,0 a 0,08 polegadas (7,5 a 0,20cm).

Gumbo - Material no estado plástico identificado por uma aparência de sabão ou cera.

Humus orgânico - Material formado pela decomposição da vegetação.

Impérvio - Resistente ao movimento de água.

In Situ - Solo natural não perturbado em seu lugar.

Camada - Uma camada de aterro espalhada ou compactada.

Limite líquido - O teor de água no qual o solo passa de um estado plástico para um estado líquido.

Argila de moldagem - Um solo mole, facilmente trabalhável contendo areia, silte, argila e vegetação decomposta.

Teor Ótimo de Umidade - Aquele percentual de umidade no qual a maior densidade de um solo pode ser obtida por compactação.

Passe - Uma passagem de trabalho em uma escavação, um nivelamento ou da máquina de compactação de um ponto A para um ponto B. (Em uma só direção.)

Permeabilidade - Uma característica do solo permitir a o fluxo de água através dele por causa da gravidade.

Plástico - A habilidade que o solo tem para ser moldado como uma linha fina a um certo teor de umidade.

Limite plástico - O mais baixo teor de umidade no qual um solo pode ser moldado como uma linha de diâmetro de 1/8" (3mm) sem quebrar.

Proctor - Um método desenvolvido por R.R. Proctor para determinar a relação densidade/umidade em solos. Ele é quase universalmente usado para determinar a densidade máxima de qualquer solo, de modo que especificações possam ser corretamente preparadas para as exigências de construção de campo.

Proctor Modificado - Um teste de densidade de umidade de especificação mais rígida que a do Proctor. A diferença básica é o uso de peso maior derrubado de uma distância maior em testes de laboratório.

Areia movediça - Areia fina ou silte que são impedidos de se assentar firmemente juntos por movimento de água subterrânea para cima.

Areia - Um agregado de fragmentos de pedra circulares e angulares não coesivos com um tamanho de partícula entre 2,0 e 0,05mm.

Resistência ao cisalhamento - A habilidade de um solo para resistir ao deslizamento contra grãos de solo vizinhos quando uma força é aplicada. Atrito interno e coesão determinam resistência de cisalhamento.

Encolhimento - Redução do volume do solo quando sujeito a umidade; ocorre normalmente em solos de grão fino.

Silte - Material do solo composto de partículas entre 0,005 e 0,05mm de diâmetro.

Solo - Material de superfície solto da crosta da Terra.

Estabilizar - Tornar o solo firme e impedi-lo de mover-se.

Sub-base - A camada de material colocada para fornecer resistência para a base de uma estrada.

Subgrade - A superfície produzida por colocação gradual da terra nativa, ou materiais importados baratos que servem como uma base para pavimentação mais cara.

Agradecimentos: Budinger & Associates, Geotechnical & Material Engineers, por sua ajuda com algum material.

Notas



*página
em branco*

MULTIQUIP DO BRASIL
Av. Evandro Lins e Silva 840 sala 505 • Barra da Tijuca - CEP.: 22631-470 • Rio de Janeiro - RJ • TEL/ FAX: 021 2178-2055
E-MAIL: mq@multiquip.com.br • www.multiquip.com.br

© COPYRIGHT 2004, MULTIQUIP INC.
Rev. 3 (08-04)
