



COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CAMPO.

Marcelo Evangelista Gomes¹, Francisco Alves da Silva Júnior²

Resumo: Dado a importância da compactação em obras de construção civil no que se refere à estabilidade de estruturas, a segurança de barragens de terra, além do aumento na rigidez e resistência do solo, assim como na redução da permeabilidade, este artigo tem como objetivo estudar o processo de compactação do solo no campo através da curva de compactação onde um ensaio é elaborado previamente em laboratório. Esse ensaio, de Proctor, visa determinar a umidade ótima e o peso específico seco máximo para a construção da curva de compactação e, através de ensaios de *speed test* e frasco de areia realizados no campo, relacionar os índices físicos do solo de forma a calcular o grau de compactação e verificar se já está bem compactado. Acerca do conteúdo estudado observou-se que o ideal é compactar o solo de forma a obter um grau de compactação superior ou igual a 100% para se ter um melhor resultado, caso contrário é preciso compactar novamente e realizar novos ensaios no campo.

Palavras - chave: solo; compactação; construção.

1. INTRODUÇÃO

Desde a criação das primeiras civilizações o homem vem desenvolvendo formas de construir seus lares. Inicialmente moravam em cavernas no período em que eram nômades. Depois que iniciaram a domesticação de animais começaram fazer construções com peles de animais e ossos e posteriormente cabanas mais elaboradas. Com o passar do tempo as obras foram ficando cada vez mais interessantes até chegar às incríveis pirâmides do Egito, o Coliseu, os zigurates, Partenon, etc.. Nessas fases do tempo em que esses monumentos foram construídos ainda não se havia nenhuma idéia do conceito mecânica dos solos. Mas ocorreu na idade contemporânea a partir do século XIX grandes acidentes em obras de engenharia que houve a necessidade de se verificar o comportamento dos solos onde vários países, tais como a Suécia, Alemanha, Estados Unidos e o Panamá começaram investimentos em estudos que resolvessem tais problemas [6]. Os acidentes em sua maioria tinham o desabamento de talude como causa, como aconteceu no Canal do Panamá e em taludes de ferrovias na Suécia. Nos Estados Unidos ocorreram rompimentos de barragens assim como também o surgimento de recalque em grandes edifícios, aonde chegou até mesmo preocupar a Sociedade Americana dos Engenheiros Civis (*American Society of Civil Engineers*). A partir desses acontecimentos houve vários estudos relacionados a esses tipos de acidentes e suas possíveis causas. E assim, o conceito de mecânica dos solos foi introduzido pelo professor *Karl Terzaghi* no ano de 1925, depois da publicação de um livro intitulado “*Erdbaumechnik*”, o qual tratava dos primeiros estudos realizados sobre o comportamento dos solos [6].

A partir da criação da mecânica dos solos por Terzaghi o estudo da compactação na construção civil, principalmente em obras de construções de edifícios, barragens, rodovias etc., obteve fundamental importância ao passo que é no processo de terraplenagem onde se inicia uma das etapas mais significativas de todo o projeto de construção, já que toda a estrutura depende de sua base para a sustentação e estabilidade. Segundo Caputo (2010, P.10) “Constitui requisito prévio para o projeto de qualquer obra, sobretudo se de vulto (barragem, túnel, obra de arte, corte, aterro), o conhecimento da formação geológica local, estudo das rochas, solos, minerais que o compõe, bem como a influência da presença da água sobre ou sob a superfície da crosta”.

O homem sempre buscou formas de obter em suas construções uma durabilidade maior e uma preocupação na preservação de suas estruturas e com a modernidade em que os desafios são cada vez maiores no ramo da construção civil, já que são exigidas estruturas com cargas cada vez mais superiores, o estudo de cada etapa do projeto e, portanto, a sua aplicação é de suma necessidade.

O solo possui muitas informações valiosas e necessárias para a construção de um aterro ou fundação tais como os índices de vazão, disposição das camadas, nível da água, granulometria, porosidade, umidade, peso específico, etc.. Esses índices são elementos de estudos realizados com antecedência que irão informar as características físicas dos solos e com isso identificar se o solo em questão tem o seu uso viável ou não para a construção. Um estudo mal elaborado ou até mesmo a irrelevância que algumas pessoas dão a essa análise do solo pode levar a perda parcial ou total de uma obra devido a problemas advindos principalmente do solo, que

provavelmente é um dos problemas mais grave de uma construção a partir do momento em que as paredes começam a rachar e a estrutura começa a ceder com o passar do tempo.

O processo de compactação tem como objetivo reduzir os espaços vazios, aumentar a rigidez e a resistência do solo assim como reduzir a permeabilidade. Através da compactação o maciço se torna mais homogêneo e com a redução dos vazios o peso específico aparente do solo aumenta. Com isso, tem-se uma menor variação nos teores de umidade, da compressibilidade, permeabilidade, assim como resistência ao cisalhamento e a erosão. E nos dias atuais em que os desafios na construção civil devido a grandes estruturas vêm crescendo cada vez mais, há uma necessidade de investigar com mais detalhes as propriedades do solo a fim de torná-los adequado a suportar altas cargas e para isso é preciso que o solo esteja bem compactado.

Este trabalho tem como objetivo estudar algumas bibliografias no âmbito da construção civil e analisar o processo de compactação no campo tendo em vista o entendimento da funcionalidade de cada equipamento no processo e a relação do peso específico seco do campo com seu valor máximo de laboratório.

Alguns trabalhos acadêmicos já foram desenvolvidos nessas áreas dentre eles como, por exemplo, “Influência dos Equipamentos no Processo de Compactação”, de Magalhães (2012), “Utilização do resíduo de construção e demolição em solos compactados”, de Pivetta (2017), “Obras Geotécnicas”, de Santos (2008). E o que esses trabalhos têm em comum é o estudo dos solos no seu processo de compactação em aterros e fundações para evitar possíveis acidentes com as estruturas ou barragens e influenciar na sua longevidade de forma positiva.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPACTAÇÃO

A compactação pode ser definida como um processo mecânico que visa através de uma aplicação de forma rápida e repetitiva de cargas ao solo, obtendo dessa forma uma diminuição em seu volume e, por conseguinte, a uma diminuição no índice de vazios e a um aumento no peso aparente seco [9]. Quando se fala em volume de vazio, se refere ao volume ocupado no solo pela água e pelo ar, enquanto no restante do volume do solo é ocupado por grãos de partículas sólidas. A partir desse entendimento, a razão entre o volume de vazio e o volume de sólido se tem o índice de vazios dado pela equação (1):

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1)$$

Com isso percebe-se que quanto mais compactado for o solo, menor o volume de vazios e consequentemente, menor o índice de vazios, já que os volumes dos grãos não se alteram.

Quando o volume de vazios diminui há um aumento no grau de saturação devido à expulsão do ar, e com essa redução dos vazios as partículas tendem a ficarem mais próximas aumentando suas áreas de contatos o que leva a um aumento da resistência e aumento da estabilidade de forma a diminuir consideravelmente a sua deformação. Com a aproximação das partículas o solo fica em um estado mais denso onde dificulta a passagem de água aumentando dessa forma a impermeabilidade [9].

O peso específico de um solo ainda depende da energia de compactação, ou seja, do número de passadas com o equipamento de compactação e do teor de umidade do solo, durante todo o processo.

É importante destacar a diferença entre compactação e o adensamento, sendo a principal diferença a expulsão de ar durante a compactação e a expulsão de água durante o processo de adensamento. Só salientando que na compactação a expulsão do ar é conseguida de imediato, enquanto no adensamento a expulsão de água ocorre ao longo do tempo, podendo demorar mais de anos para ser expulsa [6].

2.1.1 CURVA DE COMPACTAÇÃO

A curva de compactação é construída de uma relação entre a umidade ótima e o peso específico seco do solo. No processo de compactação, para cada condição de umidade e para cada determinada energia de compactação há um peso específico que pode ser representado de forma gráfica de forma a se obter uma umidade ótima e um peso específico seco máximo [7]. Essa relação pode ser expressa pela equação (2):

$$\gamma_s = \frac{\gamma}{1+h} \quad (2)$$

Onde γ_s é o peso específico de solo seco, γ é o peso específico do solo natural e a umidade é dada pela equação (3):

$$h(\%) = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad (3)$$

Nessa curva de compactação para cada ponto representado indica um teste com umidade e peso específico diferente e que após traçar uma curva interpolando esses pontos descrevem aproximadamente um formato de parábola com concavidade voltada para baixo indicando que há um ponto de peso específico máximo para uma umidade ótima. Como não é possível expulsar todo o ar existente nos vazios, a curva de compactação nunca será igual à curva de saturação porque teoricamente o volume de ar não existirá dentro do volume de vazio [6].

A curva de compactação em relação à curva de saturação é representada na figura (1):

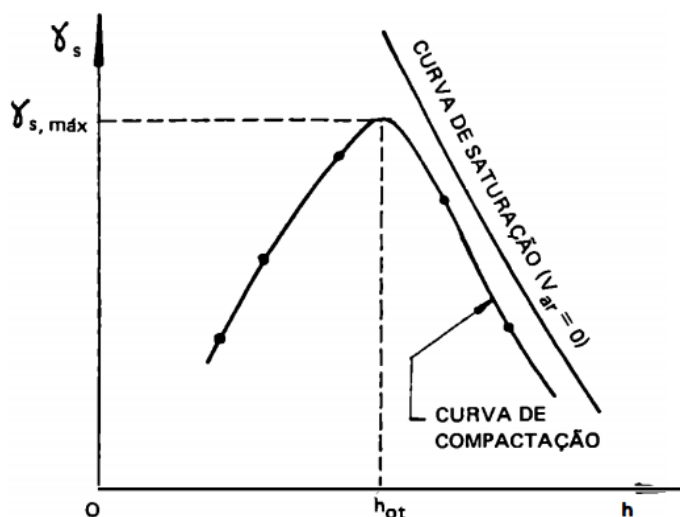


Figura 1. Curva de compactação. (CAPUTO, 2010).

É denominado ramo seco a curva abaixo da umidade ótima (h_{ot}) representada no gráfico pela curva ascendente e ramo úmido acima da umidade ótima representada pela curva descendente [1]. No ramo seco há um acréscimo da massa específica aparente seca devido ao rearranjo das partículas lubrificadas pela água [1]. Já no ramo úmido, com uma concentração maior de água, a água passa a amortizar a compactação levando a um decréscimo da massa específica aparente seca. Observa-se ainda que para teores de umidade abaixo da umidade ótima há um baixo valor de γ_s devido à formação de grumos pelas forças capilares. Quando acima da ótima há uma diminuição nas forças capilares e um excesso de água o que causa uma má compactação devido a água ser incompressível [6].

2.2 ENSAIO DECOMPACTAÇÃO

O ensaio de compactação consiste no ensaio normal de Proctor, que foi proposto inicialmente pelo engenheiro americano Ralph Proctor no ano de 1933. Esse ensaio posteriormente normalizado e consta da especificação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC E197-1966 [9]. O volume do cilindro utilizado no ensaio tem aproximadamente 1000 cm³ e a cada camada são aplicados 25 golpes de um soquete com peso de 2,5 kg caindo a uma altura de 30 cm de altura.

Os principais equipamentos utilizados são o almofariz, peneira nº. 4 (4,8 mm), molde cilíndrico de 1000 cm³, extrator de amostras, balança, soquete cilíndrico, cápsula para determinação da umidade, higroscópica, base e colarinho para o molde cilíndrico.

O solo obtido do campo é feito o destorroamento e passado na peneira nº. 4 (4,8 mm) e logo em seguida determina-se a umidade higroscópica. Adiciona-se água a uma proporção de pelo menos 2% da amostra de solo obtido do campo de forma homogênea para se obter mais consistência. A amostra no cilindro é disposta em três camadas de tal forma a ocupar um terço do cilindro cada camada. Essas são compactadas com aplicações de 25 golpes com o soquete mecânico. Após compactar é retirado o colarinho e nivelado a amostra até a altura do molde e em seguida pesa-se o conjunto cilindro mais solo úmido compactado. Sabendo-se a massa inicial apenas do cilindro tem-se a massa da amostra compactada. Depois, o solo é retirado do molde com a ajuda de um extrator e cortado ao meio; retira-se uma pequena amostra para se determinar a umidade e novamente destorroa o solo fazendo novamente todos os processos citados acima. Com os valores coletados deve-se encontrar pelo menos cinco pontos na curva de compactação, sendo dois pontos no ramo seco, um ponto próximo a umidade ótima e dois no ramo úmido. Desta forma há uma quantidade suficiente de pontos para se fazer uma interpolação e determinar a curva de compactação [9].

Esse ensaio de Proctor veio a ser modificado passando a ser chamado de *ensaio modificado de Proctor* ou *AASHTO modificado*. Isso porque os equipamentos de compactação possuem hoje um peso maior se comparados com os da época em que Proctor estudou esse ensaio e por isso a necessidade de um ensaio com uma maior energia de compactação que no caso são de 25 kg.cm/cm³ para o ensaio de Proctor modificado e 6 kg. cm/cm³ para o ensaio de Proctor Normal [9].

2.3 TIPOS DE ENERGIA DECOMPACTAÇÃO

A energia de compactação pode ser entendida de forma mais simplificada como qualquer pressão que o solo venha sofrer de forma a rearranjar suas partículas tornando-as mais próximas e dessa forma um solo mais denso. E essa energia de compactação depende muito da pressão aplicada e da velocidade de aplicação, assim como o número de passadas quando se trabalha com o equipamento de compactação.

Certa energia de compactação consegue atingir por cada vez uma profundidade definida, dependendo muito do tipo de solo o qual se está trabalhando, assim como o tipo de equipamento, que será assunto discutido mais adiante, e a finalidade do aterro. Em obras rodoviárias são fixados 30 cm de espessura por cada camada compactada e para solos granulares são recomendados 20 cm [12].

Para cada um dos ensaios de Proctor gera uma diferente energia de compactação também normatizada e pode ser calculada pela equação (4):

$$E = \frac{PhNn}{v} \quad (4)$$

Sendo:

E → energia específica de compactação;

P → peso do soquete;

h → altura de queda do soquete

N → número de golpes por camada;

n → número de camadas;

V → volume do solo compactado.

Fica claro que a modificação em qualquer um desses valores como, por exemplo, o tamanho do soquete, o número de camadas ou o número de golpes por camadas, remete a uma nova energia de compactação.

A norma define vários tipos de compactação, como as seguintes [9]:

- Compactação leve (Proctor normal) em molde pequeno
- Compactação leve (Proctor normal) em molde grande
- Compactação pesada (Proctor modificado) em molde pequeno
- Compactação pesada (Proctor modificado) em molde grande

Além desses tipos há o intermediário que difere do ensaio modificado apenas pelo número de golpes por camadas que será mostrado na tabela 1 [1]:

Tabela 1. Tipos de energia de compactação. (NBR7182/86).

CILINDRO	CARACTERÍSTICAS DE CADA ENERGIA	ENERGIA		
		Normal	Intermediária	Modificada
Pequeno (1000 cm ³)	Soquete	Pequeno	Grande	Grande
	Número de camadas	3	3	5
	Número de golpes por camadas	26	21	27
Grande (2300 cm ³)	Soquete	Grande	Grande	Grande
	Número de camadas	5	5	5
	Número de golpes por camadas	12	26	55
	Altura do disco espaçador (mm)	63,5	63,5	63,5
	Altura de queda do soquete (cm)	30,5	45,7	45,7

Ao observar a Figura 2, nota-se um aumento no peso específico seco máximo à medida que se aumenta a energia de compactação no ramo seco e diferentemente a umidade ótima decresce consideravelmente ao passo que essa energia aumenta. Se a umidade ultrapassar a umidade ótima a energia de compactação não influenciará muito nos resultados [7].

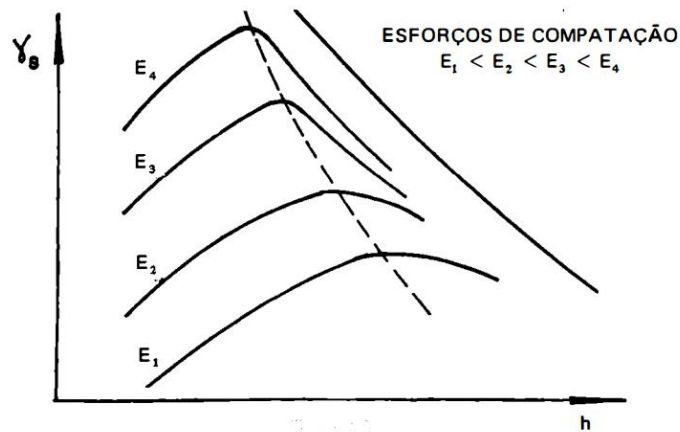


Figura 2. Energia de compactação. (CAPUTO, 2010).

2.4 EQUIPAMENTOS DE COMPACTAÇÃO

A energia de compactação aplicada no campo pode ser aplicada ao solo por meio de esforço de pressão, impacto, vibração ou amassamento [7]. E cada tipo de esforço aplicado será de acordo com o tipo de solo, se forem solos coesivos em que há uma grande quantidade de partículas finas, como as partículas de argila e silte, há a necessidade de equipamentos específicos como rolo pé de carneiro e conjugados. Em se tratando de solos granulares, como a areia, o rolo liso é mais indicado.

Esses equipamentos são divididos em três categorias: cilindros estáticos, cilindros vibradores e equipamentos de percussão [9].

2.4.1 Cilindro estático pé de carneiro

Esse equipamento tem esse nome por apresentar em seu rolo compactador elevações de altura aproximadamente de 20 cm [7]. Esse tipo de equipamento é apropriado para compactar solos finos como argilas e siltes, uma vez que ele promove certo entrosamento entre as camadas compactadas, principalmente é mais comum em solos argilosos e, além disso, com camadas de espessuras entre 15 a 30 cm [9]. Em areia o efeito desse tipo de equipamento é praticamente nulo. Esse tipo de rolo apresenta grande eficiência e permite um maior rearranjo entre suas camadas, pois estas funcionam de uma forma conjugada de macho/fêmea, isto é, as cavidades deixadas pelo pé de carneiro vêm logo em seguida sendo preenchidas com as camadas de solo subsequente de tal forma a permitir um arranjo firme entre as partículas e as camadas [7].



Figura 3. Rolo pé de carneiro. (ADMISTRADOR NET)

2.4.2 Cilindro estático rolo liso

São utilizados principalmente em solos arenosos, em solos com alta concentração de pedregulhos, britas, cascalhos, asfalto, pedras britadas etc. com camadas inferiores aos 15 cm de espessura. É muito utilizado também para fazer acabamentos em estradas na última camada de revestimento. Esses equipamentos possuem seu cilindro oco, preenchido com material de densidade elevada tais como areia úmida ou água para permitir maior pressão de contato [7]. Além disso, esses rolos podem atingir até 14 toneladas, sendo que mais da metade pertence somente ao rolo. Esses tipos de equipamentos podem variar seus pesos em virtude do arranjo dos rolos,

ou seja, podem ter dois rolos, sendo um fixo e o outro usado como direção, onde pode chegar até aproximadamente 20 toneladas quando nessa configuração e pode ser simples com duas rodas pneumáticas e um rolo compressor [7].

As Figuras 4 e 5 apresentam o rolo compactador tipo tandem e o liso, respectivamente



Figura 4. Rolo compactador tipo tandem. (ADMINISTRADOR NET)



Figura 5. Rolo compactador liso. (ADMINISTRADOR)

2.4.3 Rolo compactador de rodas pneumáticas

Esse equipamento, representado pela Figura 6, é muito eficiente no processo de compactação, pois a disposição de suas rodas é intercalada de forma a compactar o solo sem deixar falhas para trás. Esse tipo de equipamento também é chamado de rolo de pneu de borracha, já que tanto os pneus dianteiros como traseiros são desse material. O seu peso pode ser variável estando entre 10 a 35 toneladas e, além disso, pode ser aumentado se colocando ou retirando peso do lastro [7]. O rolo compactador de rodas pneumáticas é ideal para se trabalhar sob a forma de amassamento em capas asfálticas, bases e sub-bases de estradas e também indicado para solos de granulação fina e arenosa podendo compactar camadas com profundidade de até 40 cm [7].



Figura 6. Rolo compactador de rodas pneumáticas. (ADMISTRADOR NET)

2.4.4 Rolos cilíndricos vibratórios

Nesses tipos de cilindros a única diferença que há é que seus rolos são feitos para vibrarem a altas rotações por minuto podendo ser tanto de rolos lisos como rolos pés de carneiros [11]. Os rolos vibratórios demonstram serem mais eficientes, pois conseguem um maior nível de compactação com um maior número de passadas e também atingi a maiores profundidades variando de 0,6 a 0,8 m [11]. Hoje em dia esses equipamentos vêm com ajustes da frequência e da amplitude de vibração melhorando o rendimento numa diversidade maior de tipos de solos [9]. Um dos problemas é que esses rolos são mais caros que os convencionais mais podem se tornar econômicos ao longo do tempo devido sua eficiência [2].

2.4.5 Equipamentos de percussão

Esses tipos de equipamentos, como mostrado na Figura 6, trabalham por impacto a uma frequência de 700 bpm (batidas por minutos), sendo ultrapassado esse valor é considerado equipamento de vibração e não de impacto. Esses compactadores ou soquetes mecânicos são utilizados para se trabalhar em área de difícil acesso como em valas, trincheiras ou em áreas menores em que não há a necessidade de um rolo compactador [7]. O Seu princípio de funcionamento parte do motor a explosão, onde na queima do combustível gera pequenas explosões que faz o equipamento se elevar até certa altitude e em seguida cai em queda livre gerando o impacto [11]. Mas esse processo ocorre rapidamente podendo dar até 700 batidas em apenas um minuto podendo compactar até 30 cm por camada [7].

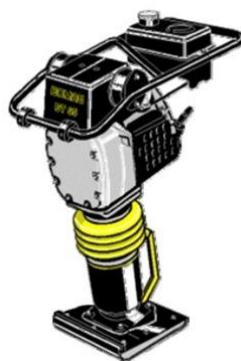


Figura 6. Equipamento de percussão. (ADMISTRADOR NET)

2.4.6 Placas vibratórias e placas vibratórias reversíveis

Esses tipos de equipamentos funcionam a rotações bastante elevadas usualmente variando de 2500 a 6000 vpm (frequência) [7]. Com essa frequência elevada, de baixa amplitude, são ideais para compactar solos granulares e asfálticos. A diferença entre esses dois equipamentos é que a placa vibratória reversível possui um mecanismo de reversão, onde permite o seu deslocamento para frente e para trás através de uma alavanca e dois pesos excêntricos que aumentam de forma considerável a força de compactação [3].

Os equipamentos mostrados pelas Figuras 7 e 8 são, respectivamente, os modelos placa vibratória e placa vibratória reversível.



Figura 7. Placa vibratória monosentido. (Comingersoll)



Figura 8. Placa reversível hidráulica. (Menegotti)

2.5 Controle de compactação

Ao término da passada do maquinário no campo é feito o controle da compactação, onde se coletam as amostras para construção da curva de compactação com base no ensaio de Proctor. Como já foi falado anteriormente, esse ensaio determina o peso específico seco máximo e a umidade ótima para o campo em questão.

Já obtido os dados em laboratório o maquinário é passado algumas vezes e realizado um teste que determina a umidade logo após. E esse é o *Speedy Test*, também padronizado pela DNER-ME 52/94 que tem como princípio de funcionamento a reação do carbureto de cálcio e o solo úmido produzindo o gás acetileno que causa certa pressão dentro do frasco [14]. A partir dessa pressão é determinada a umidade, ou seja, um teste prático e rápido que pode ser feito no campo [7].

Ainda é necessário realizar o teste do frasco de areia para se determinar o peso específico aparente do solo. O Teste frasco de areia, também padronizado pela ABNT NBR 7185, é realizado *in loco* e tem como princípio cavar um buraco no campo e recolher o solo de seu interior, após se passar os equipamentos de compactação, com dimensões padronizadas de 15 cm de diâmetro por 15 cm de profundidade [13]. O volume desse buraco escavado vai ser dado em função da massa de uma areia padrão, que está contida no frasco a qual possui uma densidade conhecida, ou seja, ao virar o frasco e encaixar no buraco a areia vai começar a preenchê-lo até a areia parar de descer e a diferença de areia antes e após o preenchimento vai determinar a massa de areia necessária, e também em função da sua densidade. A razão entre essa massa encontrada e a densidade da areia vai dar como resultado o volume do buraco.

A razão entre a massa do solo úmido compactado retirado do buraco e o volume desse mesmo buraco vai determinar a massa específica aparente úmida γ_h dado pela equação 5 [6]:

$$\gamma_h = \frac{M_{sh}}{V_{sh}} \quad (5)$$

onde:

γ_h = peso específico aparente natural de solo úmido (kg/m³);

M_{sh} = massa do solo úmido compactado (kg);

V_{sh} = volume do solo úmido compactado (m³).

Obtido o peso específico aparente natural de solo úmido e a umidade no campo após passar o equipamento de compactação é só substituir na equação 6 e encontrar seu valor de peso específico seco máximo [6].

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1+h} \quad (6)$$

Onde:

γ_d = o peso específico de solo seco (kg/m³);

h = a umidade do solo.

Para saber se a compactação já está adequada calcula-se o grau de compactação que relaciona o peso específico seco máximo do campo com o de laboratório. O grau de compactação, dado pela equação 7, é obtido sob a forma de porcentagem não podendo ser abaixo de 100% [15]. A umidade ótima também pode variar em torno de $\pm 3\%$ sob especificações da mesma norma [15].

$$G_c = \frac{\gamma_d(\text{campo})}{\gamma_d(\text{laboratório})} \times 100 \quad (7)$$

Quando o G_c for abaixo de 100% e estiver no ramo seco é necessário corrigir por irrigação e revolver o solo até se obter uma umidade ótima e depois passar o equipamento de compactação e quando estiver abaixo de 100% no ramo úmido é preciso fazer uma aeração, onde se espera o solo secar para novamente se fazer a compactação seguida de novos ensaios em ambos os casos.

3. Conclusão

Tendo em vista o assunto abordado e a importância de se ter um solo bem compactado na primeira etapa de uma construção, conclui-se que o melhor método para a compactação no campo da construção civil deve relacionar o tipo correto de equipamento empregado para cada tipo de solo de acordo com suas características físicas, aliado ao tipo de obra específica, e para isso vai depender da umidade ótima a que o solo se encontra e do peso específico máximo de solo seco que pode ser determinado pela curva de compactação através de ensaios feitos em laboratório. Com isso deve-se proceder ao controle de compactação através de ensaios no campo como *speed test* e fraco de areia para saber se foi atingido as características ideais estabelecido para aquele tipo de solo quando sua escolha foi feita previamente no laboratório através da curva de compactação. Dessa forma, minimizam-se ao máximo possível os problemas de recalques futuros e a construção de aterros mal compactados.

4. Referências bibliográficas

- [1] PEREIRA, Caio. Compactação de solos. Escola Engenharia, 2013. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/compactacao-de-solos/>>. Acesso em: 24 de julho de 2019>.
- [2] ADMINISTRADOR NET. Aluguel de rolo compactador. Disponível em: <<https://administradornet.com.br/aluguel-de-rolo-compactador>>. Acesso em: 4 de julho de 2019.
- [3] DIVISÃO DE COMPACTAÇÃO DA MULTIQUIP. Placas Vibratórias. Disponível em: <http://multiquip.com.br/download/2292010153348_186.pdf>. Acesso em: 10 de julho de 2019.
- [4] COMINGERSOLL. Compactação ligeira. Disponível em: <<https://comingersoll.pt/product/placas-vibratorias-monosentido/>>. Acesso em: 10 de julho de 2019.
- [5] MENEGOTTI. Placa vibratória reversível hidráulica MPH 350. Disponível em: <<http://www.menegotti.ind.br/menmaq/produto/linha-de-compactacao-de-solos/placas-vibratorias/placa-vibratoria-reversivel-hidraulica-mph-400.html>> Acesso em: 10 de julho de 2019.
- [6] CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos Solos e suas aplicações. 6.ed. Vol. 1. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro, GB/2010.
- [7] MAGALHÃES, Felipe Moreira. Influência dos equipamentos no processo de compactação em solos na cidade de Mossoró: 2012. 61p. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró.
- [8] PIVETTA, P.C. Utilização do Resíduo de Construção em Demolição em solo Compactado. 2017. 53p. Dissertação (Bacharelado) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Lago – RS.
- [9] SANTOS, J. A. Compactação Elementos Teóricos. 2008. 18p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico. Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura.
- [10] LNEC (1966): “Especificação E 195-1966, Solos - Preparação por via seca de amostras para ensaios de identificação”, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- [11] TONIN, Fabio. Compactação dos solos. 2013. 54p. Faculdade Sudoeste Paulista (FSP), São Paulo.
- [12] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 7182: SOLO – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro/RJ, 1986. 10 p.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7185/2016: Determinação da massa específica aparente in situ, com emprego do frasco de areia – Classificação, Rio de Janeiro, 1986. 7 p.
- [14] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ME 52/94: Solos -Determinação da umidade com emprego do Speedy test. Rio de Janeiro, 1994. 4 p.
- [15] INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS, IPR. DNIT 098/2007: Revisão da Norma DNER-ES 378/98 Pavimentação – base estabilizada granulometricamente com utilização de solo laterítico. Rio de Janeiro, 2007. 7 p.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às quinze horas e trinta minutos do dia doze de agosto de dois mil e dezenove, na sala trinta e quatro do Centro de Engenharias leste da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Leste, Mossoró, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **Marcelo Evangelista Gomes**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula 2016010339, com o título **“COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CAMPO”**, no formato de artigo. A Banca **Examinadora** ficou assim constituída por três membros: Prof. Dr. FRANCISCO ALVES DA SILVA JÚNIOR, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Prof. MSc. MANOEL LEANDRO ARAÚJO E FARIAS e Prof. MSc. FRANCISCO ROSENDO SOBRINHO, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: 7,5; 8,5; 8,0. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral 8,0. E para constar, eu, FRANCISCO ALVES DA SILVA JÚNIOR, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 12 de agosto de 2019.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Prof. FRANCISCO ALVES DA SILVA JÚNIOR – UFERSA
Presidente e orientador

Prof. MANOEL LEANDRO ARAÚJO E FARIAS – UFERSA
Primeiro Membro

Prof. FRANCISCO ROSENDO SOBRINHO - UFERSA
Segundo Membro