



CONTROLE DE COMPACTAÇÃO DO SOLO

CONTROL OF SOIL COMPACTION

Felipe Bonfim Figueiroa Salas¹

Mariana de Araújo Gandra²

Aline Botini Tavares Bertequini³

RESUMO: O controle de compactação do solo realizado em campo se resume em um método de estabilização e melhoria do solo, no qual, no caso deste trabalho, foram utilizadas vias mecânicas. Este processo visa à obtenção de um solo mais estruturado e que mantenha um comportamento mecânico adequado ao longo de toda a vida útil da obra. Para o controle de compactação do solo, foi necessária a realização do ensaio de compactação em laboratório, conhecido como ensaio de Proctor Normal, e ensaios de Frasco de Areia e Determinação do Teor de Umidade em campo. Todos os ensaios tiveram por finalidade a obtenção do grau de compactação do solo analisado no controle de compactação, realizado no Residencial Sofia, localizado no município de Araçatuba/São Paulo.

Palavras-chave: Compactação do Solo; Grau de Compactação; Controle de Compactação.

ABSTRACT: The soil compaction control performed in the field is summarized in a soil stabilization and improvement method, in which, in the case of this work, mechanical ways were used. This process aims at obtaining a more structured soil and that maintains an appropriate mechanical behavior throughout the entire useful life of the work. In order to control soil compaction, it was necessary to perform the laboratory compaction test, known as the Proctor Normal test, and the Sand Bottle tests and the Determination of Moisture Content in the field. All the tests had the purpose of obtaining the degree of compaction of

¹ Centro Universitário Toledo – UniToledo Araçatuba

² Centro Universitário Toledo – UniToledo Araçatuba

³ Centro Universitário Toledo – UniToledo Araçatuba

the soil analyzed in the compaction control, carried out at the Residencial Sofia, located in the city of Araçatuba / São Paulo.

Keywords: Soil Compaction; Degree of Compression; Compression Control.

1. INTRODUÇÃO

A técnica de compactação é relativamente recente e seu controle ainda mais recente. Antes dela, os aterros eram feitos, simplesmente, lançando-se o material pela sua ponta. Resultava disso, uma compressibilidade exagerada do aterro devido aos grandes vazios que podiam formar-se entre as camadas lançadas, a grande porosidade do próprio material que permanecia em estado fofo, e a instabilidade do aterro, o qual poderia perder totalmente sua resistência se, porventura, sofresse saturação por chuvas intensas. Tudo levava a que os aterros necessitassem de certo período de consolidação, para que pudessem ser utilizados com segurança (NOTAS DE AULA, 2017).

Massad (2016) afirma que a compactação de um solo consiste na redução rápida do índice de vazios, por meio de processos mecânicos ou manuais, em que ocorre a compressão ou expulsão do ar dos poros.

Nos fins da década de 1930, Porter desenvolveu um ensaio para determinar a massa específica seca máxima e a umidade ótima de solos para fins rodoviários. No entanto, foi Ralph Proctor, que por volta de 1933, padronizou um ensaio. Esse ensaio leva o nome de Proctor, e tem como resultado uma curva com o mesmo nome, Curva de Proctor, a qual resulta na massa específica aparente seca em função do teor da umidade.

O solo, para a Engenharia Civil, assim como sua compactação, aparece como solução de muitos problemas. O solo intervém como material de construção (aterros de estradas; barragens de terra etc.) ou como material natural (fundações de edifícios; escavações de valas e túneis etc.). Para a elaboração de projetos adequados e a realização de obras seguras e econômicas, é indispensável um bom conhecimento das características e classificações, em geral, do solo do local a ser executada a obra (MASSAD, 2016).

A compactação do solo nas obras melhora as propriedades e o comportamento do mesmo, resultando em um aumento de resistência de sua ruptura, a redução de possíveis variações volumétricas, a impermeabilização dos solos como também um menor índice de vazios.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo o controle de compactação do solo no local onde será construído o Residencial Sofia, que será composto por 29 casas populares, mostrando a importância da compactação de solo em obras.

A finalidade do controle de compactação é reproduzir em campo, as mesmas características obtidas em laboratório no ensaio de compactação.

3. METODOLOGIA

O controle de compactação do solo em campo necessitou da realização do ensaio de Proctor em laboratório, de acordo com a NBR 7182 (ABNT, 2016), para obtenção da curva de compactação e a partir dela, os valores de massa específica aparente seca máxima e o teor de umidade ótimo do solo, que são as condições essenciais para manter as características de resistência do solo ao longo de toda vida útil da obra. Obtidos esses valores, em campo, realizou-se o ensaio conhecido como frasco de areia, de acordo com a NBR 7185 (ABNT, 2016), a fim de verificar, para cada camada compactada, o peso específico aparente seco do solo. Obteve-se o teor de umidade pelo Speedy, de acordo com a DNER-ME 052 (DNER, 1994).

Esses resultados foram comparados com os obtidos em laboratório, daí definiu-se um grau de compactação do solo.

3.1 PROCTOR NORMAL

3.1.1 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos e acessórios utilizados na realização do ensaio de Proctor Normal de acordo com a NBR 7182 (ABNT, 2016) foram:

- **Bandeja Metálica:** Bandeja utilizada para colocar solo na estufa e para seu manuseio.
- **Cilindro:** Cilindro metálico pequeno, conhecido como cilindro de Proctor, compreende o molde cilíndrico, sua base e cilindro complementar, de mesmo diâmetro; dimensões conforme a norma.
- **Soquete:** Soquete metálico pequeno, com massa de 2,5 kg, dotado de um dispositivo de controle de altura de queda (guia), de 30,5 cm, dimensões respeitadas conforme a norma.
- **Extrator de amostras:** Extrator de amostras para extração do corpo de prova.

- Balança: Balança com precisão de 0,001 g.
- Cápsulas: Cápsulas metálicas, com tampa, para determinação do teor de umidade.
- Peneira: Peneira de abertura nº 4, de acordo com a NBR 5734.
- Estufa: Estufa capaz de manter a temperatura entre 105° C e 110° C.
- Régua: Régua de aço biselada com comprimento de 30 cm.
- Espátula: Espátula de lâmina flexível.
- Béquer: Béquer pequeno para adição de água.

3.1.2 PROCEDIMENTOS

A seguir, são apresentados os procedimentos realizados para o ensaio de Proctor Normal de acordo com a NBR 7182 (ABNT, 2016):

01. Coletaram-se amostras de solos a serem utilizadas na compactação do aterro no local da obra.

02. Em laboratório, o solo foi retirado dos sacos, colocado em bandejas e deixado secar em temperatura ambiente até atingir a umidade higroscópica.

03. Após 24 horas, o solo foi destorroado e passado na peneira nº 4 conforme as figuras 01 e 02 respectivamente.

Para realização do ensaio, foram separados 3 kg de solo.



Figura 01: Solo sendo destorroado – fonte: próprio autor (2017).



Figura 02: Solo passado na peneira nº 4 – fonte: próprio autor (2017).

04. Em seguida, com o auxílio do béquer, foi adicionada água na amostra de solo de forma gradativa e revolvendo-o, continuamente, até verificar certa consistência, atentando-se para uma perfeita homogeneização.

05. Este foi o ponto de partida, ou seja, a umidade inicial, na qual o solo foi compactado para obtenção do primeiro ponto da curva de compactação (Figura 03).



Figura 03: Solo com primeira

06. Foram feitas todas as medições necessárias do cilindro para obtenção de seu volume e montado o mesmo, fixando-se o molde cilíndrico à sua base, acoplando o cilindro complementar e apoiando-se o conjunto em uma base rígida (Figura 04).



Figura 04: Cilindro montado e soquete – fonte: próprio autor (2017).

07. Com o auxílio da colher de solo, conforme a figura 05, o solo foi colocado no cilindro preenchendo cerca de um terço de seu volume.



Figura 05: Solo sendo colocado no cilindro – fonte: próprio autor (2017).

08. Com o soquete, figura 06, distribuiu-se 26 golpes uniformemente, o que caracteriza a energia normal, caindo de uma altura de 30,5 cm, sobre a superfície de cada camada do solo. Esse processo foi feito para as três camadas.



Figura 06: Solo sendo compactado com o soquete

09. Realizado o procedimento anterior, com o auxílio da espátula, figura 07, fez-se escarificações sobre a superfície do solo a fim de garantir aderência à próxima camada a ser adicionada.



Figura 07: Solo sendo escarificado – fonte: próprio autor (2017).

10. Após a compactação da primeira camada, foi colocado mais um terço de amostra de solo e realizado todos os mesmos procedimentos anteriores. Esses procedimentos foram repetidos mais uma vez.

11. Sucedendo-se às compactações das três camadas, retirou-se a parte superior do cilindro e com auxílio da régua biselada, conforme a figura 08, nivelaram-se as duas faces da amostra com as do cilindro.



Figura 08: Nivelção do solo – fonte: próprio autor (2017).

12. O cilindro com solo foi pesado e em seguida com o auxílio do extrator de amostras, retirou-se o corpo de prova do cilindro conforme a figura 09.



Figura 09: Extração do corpo de prova –

13. O corpo de prova foi repartido em três partes, conforme as figuras 10, 11 e 12. Da parte central, retirou-se certa quantidade de solo, a qual foi colocada em uma cápsula já pesada, e pesada novamente agora com o solo. Subseqüentemente, levada para a estufa por 24 horas para posterior cálculo do teor de umidade.



Figura 10: Repartição do corpo de prova – fonte: próprio autor (2017).



Figura 11: Repartição do corpo de prova – fonte: próprio autor (2017).



Figura 12: Repartição do corpo de prova – fonte: próprio autor (2017).

Passada as 24 horas, a cápsula foi retirada da estufa e pesada.

Todos os procedimentos explicados anteriormente foram realizados novamente por mais cinco vezes, para que pudesse ser feita a curva de compactação, sendo que a cada novo ensaio, adicionou-se certa quantidade de água, cerca de 1,5 a 2 % da massa inicial de solo.

Concluído o ensaio, foi elaborada uma tabela com os resultados necessários para a curva de compactação, daí resultando valores de peso específico aparente seco e teor de umidade ótimo do solo.

A massa específica do solo (ρ) foi calculada utilizando a seguinte equação: $\rho = \frac{M}{V}$, cujo M é o valor da massa de solo úmido no corpo de prova, que é obtida pelo valor da tara do cilindro, subtraído do valor do corpo de prova pesado com solo úmido (cilindro - solo úmido), e V é o volume do cilindro, obtido pela fórmula $V = Abxh = \pi R^2 \times h$.

A umidade do solo (W) foi obtida por meio da seguinte equação: $W = \frac{M_w}{M_s}$, em que M_w é a massa de água, sobre M_s , massa de solo. O valor de M_w foi obtido pelo valor pesado inicialmente ($M_{\text{úmido}}$) subtraído do valor pesado, após 24 horas da cápsula, com solo na estufa (M_{seco}). O valor de M_s foi obtido pelo valor pesado após secagem do solo em estufa (M_{seco}) subtraído da tara das cápsulas.

Segue abaixo fórmulas de M_w e M_s :

$$M_w = M_{\text{úmido (solo + água + tara)}} - M_{\text{seco (solo + tara)}}$$

$$M_s = M_{\text{seco (solo + tara)}} - \text{Tara da cápsula}$$

Em seguida, foi calculada a massa específica aparente seca (ρ_d) utilizando a seguinte equação: $\rho_d = \frac{\rho}{1 + W}$, sendo ρ o valor da massa específica e W a umidade do solo, ambos calculados anteriormente.

Os resultados obtidos no ensaio de Proctor Normal estão apresentados nas tabelas 01 e 02 no tópico 4.1 em Resultados e Discussões, seguidas do gráfico 01 com a curva de compactação.

3.2 FRASCO DE AREIA

3.2.1 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos e acessórios utilizados na realização do ensaio de Frasco de Areia de acordo com a NBR 7185 (ABNT,2016) foram :

- Pá: Pá de mão.
- Peneira: Peneira de abertura nº 10 e 30, de acordo com a NBR 5734.
- Conjunto Frasco e Funil: Frasco de plástico dotado de gargalo rosqueado, com funil metálico provido de registro e de rosca, para se atarrachar ao frasco.
- Cilindro: Cilindro de PVC de volume conhecido, para determinação da massa específica aparente da areia.

- Bandeja: Bandeja quadrada rígida, metálica, com cerca de 30 cm de lado e bordas de 2,5 cm de altura, com orifício circular no centro, dotado de rebaixo para apoio do funil.
- Balança: Balança que permite determinar nominalmente 1,5 kg e 10 kg

3.2.2 PROCEDIMENTOS

A seguir, são apresentados os procedimentos para realização do ensaio de Frasco de Areia de acordo com a NBR 7185 (ABNT, 2016):

1. Em laboratório, peneirou-se uma quantidade de areia nas peneiras 10 e 30. Para a realização do ensaio, foram utilizados 5 kg de areia passante na peneira 10 e retida na 30.
2. Com a areia peneirada e pesados os 5 kg, com o auxílio do cilindro de PVC, foi obtido o valor da massa da areia.

O cilindro de PVC foi pesado e em seguida foi despejado areia em seu interior, de modo a preencher todo seu volume, sem nenhuma vibração, e pesado novamente.

Este procedimento foi realizado por mais três vezes para se obter uma média da massa da areia.

A massa da areia foi o valor resultante entre a massa do cilindro de PVC com areia subtraído da massa do cilindro de PVC, valores em gramas.

Resultados da massa de areia encontram-se na tabela 03, no tópico 4.2 em Resultados e Discussões.

3. Calculado o valor da massa da areia, foi calculado o valor da massa da areia no funil. O conjunto frasco/funil com os 5 kg de areia dentro do frasco foi pesado e em seguida, foi virado sob uma superfície plana e aberto o registro do funil até que a areia preenchesse todo o funil, conforme figura 13, após o procedimento o conjunto frasco/funil foi pesado novamente (Figura 14).



Figura 13: Areia despejada - fonte: próprio autor (2017).



Figura 14: Conjunto frasco/funil pesado - fonte: próprio autor (2017).

Este procedimento foi realizado também por três vezes para se obter uma média da massa de areia no funil, sempre utilizando a mesma quantidade inicial de areia.

A massa de areia no funil foi o valor resultante entre o valor total do conjunto pesado inicialmente, subtraído do valor pesado após abertura do registro.

Resultados da massa de areia no funil encontram-se na tabela 04, no tópico 4.3 em Resultados e Discussões.

4. Em seguida, foi obtido o volume da areia, que foi considerado sendo o mesmo volume do cilindro de PVC.

Obtidos os valores da massa da areia e do seu volume, foi possível calcular a massa específica da areia, que foi o valor resultante entre a divisão da massa da areia e o volume da areia.

$$\text{Segue equação da massa específica da areia: } \rho = \frac{M}{V}$$

Cálculo e resultado da massa específica da areia encontram-se no tópico 4.4 em Resultados e Discussões.

5. Em campo, foi dado início ao ensaio do Frasco de areia.

Sobre a superfície do terreno já compactada, foi colocada a bandeja quadrada que possui um furo no meio e com o auxílio de uma pá, foi aberto um furo no mesmo diâmetro do furo da bandeja e com o volume próximo ao do cilindro de PVC, como mostram as figuras 15 e 16. Todo o solo retirado do furo foi separado em um saco plástico, conforme figura 17, e depois pesado.



Figura 15: Abertura do furo - fonte: próprio autor (2017).



Figura 16: Abertura do furo - fonte: próprio autor (2017).



Figura 17: Solo do furo - fonte: próprio autor (2017).

6. Com o furo aberto, foi pego o conjunto frasco/funil com os 5 kg de areia e despejada dentro do furo, conforme figura 18, até que preenchesse todo o furo. Após despejada a areia, o registro do funil foi fechado e o conjunto frasco/funil pesado.



Figura 18: Areia despejada no furo

7. Com o auxílio de uma concha, foi retirado o máximo possível de areia do furo e devolvido no frasco, tomando o cuidado para não retirar solo junto, como ilustrado na figuras 19 e 20.



Figura 19: Retirada de areia do furo - fonte: próprio autor (2017).



Figura 20: Retirada de areia do furo - fonte: próprio autor (2017).

8. Sucedendo os procedimentos, foi calculada a massa de areia no furo, a qual foi obtida através do valor inicial do conjunto frasco/funil, subtraído do valor obtido depois da areia despejada e do valor da massa de areia no funil calculada em laboratório.

Cálculo e resultado da massa de areia no primeiro furo encontram-se apresentados na tabela 05, no tópico 4.5 em Resultados e Discussões.

9. Com a massa de solo que foi retirada do furo já pesada, foi calculado o volume do furo e a massa específica do solo.

O volume do furo foi obtido dividindo o valor da massa de areia no furo pela massa específica da areia.

Segue equação do volume do furo: $V = \frac{M}{\rho}$

Cálculo e resultado do volume do primeiro furo encontram-se no tópico 4.6 em Resultados e Discussões.

10. Conhecidos os valores do volume do furo e da massa do solo no furo, que no caso do primeiro furo foi de 2.345 gramas, foi calculada a massa específica do solo, a qual foi obtida através da divisão da massa de solo no furo pelo volume do furo.

Segue equação da massa específica do solo: $\rho = \frac{M}{V}$

Cálculo e resultado da massa específica do solo do primeiro furo encontram-se no tópico 4.7 em Resultados e Discussões.

11. O teor de umidade foi obtido seguindo a norma DNER-ME 052 (DNER, 1994), através do Speedy, um equipamento hermeticamente fechado, onde são colocadas duas esferas pequenas de aço, 6 gramas do solo do furo e uma ampola de carbonato de cálcio - CaC_2 . O frasco é agitado por um minuto e dez segundos, a ampola é quebrada pelas esferas de aço e o carbureto, combina-se com a água contida no solo, formando o gás acetileno, que exercerá pressão no interior do recipiente, acionando o manômetro localizado na tampa do aparelho e fornecendo diretamente o valor do teor de umidade daquela amostra de solo (Figura 21).



Figura 21: Speedy - fonte: próprio autor (2017).

O resultado do teor de umidade do primeiro furo encontra-se no tópico 4.8 em Resultados e Discussões.

12. Com o teor de umidade do solo, foi calculada a massa específica aparente seca do campo.

A massa específica aparente seca do campo foi obtida através da divisão da massa específica do solo pela soma de um valor unitário com o teor de umidade em decimal.

Segue equação da massa específica aparente seca do campo: $\rho_d = \frac{\rho}{(1 + W)}$

Cálculo e resultado da massa específica aparente seca do primeiro furo encontram-se no tópico 4.9 em Resultados e Discussões.

13. Conhecidos os valores da massa específica aparente seca do campo e a massa específica seca do laboratório, obtida pela curva de compactação, é, então, calculado o grau de compactação.

O grau de compactação é obtido através da relação entre a massa específica aparente seca do campo e a massa específica seca do laboratório multiplicado por 100.

$$\text{Segue equação do grau de compactação: } G.C. = \frac{\rho_{\text{campo}}}{\rho_{\text{laboratório}}} \times 100$$

Cálculo e resultado do grau de compactação do primeiro lote encontram-se apresentado na tabela 06, no tópico 4.10 em Resultados e Discussões.

Os procedimentos descritos acima foram realizados 29 vezes, ou seja, um ensaio para cada lote a ser construída uma residência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PROCTOR NORMAL

Seguem as tabelas 01 e 02 com os resultados obtidos no ensaio de Proctor Normal e, em seguida, gráfico 01 com a curva de compactação:

Tabela 01: Obtenção da massa específica aparente seca

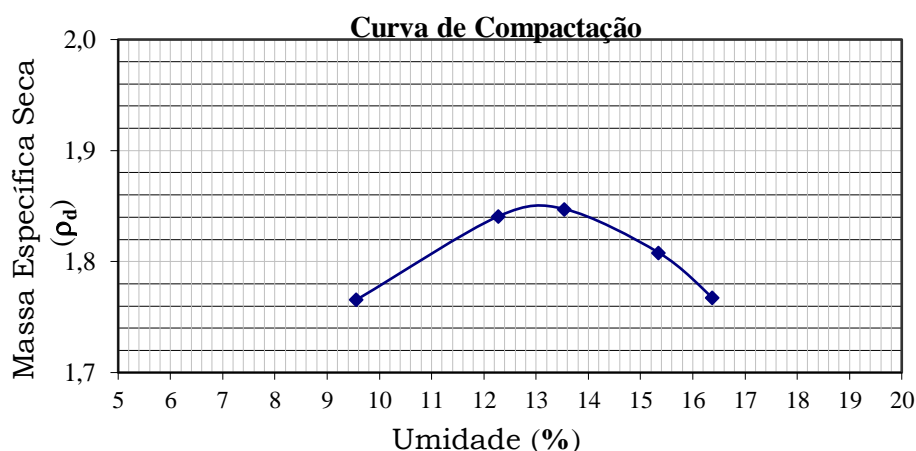
Compactação					
Determinação (nº)	1	2	3	4	5
Volume do Cilindro (cm ³)	997	997	997	997	997
Tara do Cilindro (g)	2.334	2.334	2.334	2.334	2.334
Cilindro + Solo Úmido (g)	4.263	4.395	4.426	4.414	4.385
Solo Úmido (g)	1.929	2.061	2.092	2.080	2.052
ρ (g/cm ³)	1,934	2,067	2,098	2,086	2,057
ρ_d (g/cm ³)	1,766	1,841	1,847	1,808	1,768

Tabela 02: Obtenção da umidade

Umidade					
S - solo A - água T- tara					
Cápsula (nº)	1	2	3	4	5
(S + A + T) (g)	82,30	82,75	85,42	84,46	86,27
(S + T) (g)	77,59	76,61	78,53	76,92	77,82
Água - M _w (g)	4,71	6,14	6,89	7,54	8,45
Solo - M _s (g)	49,27	49,98	50,87	49,14	51,62
Tara (g)	28,32	26,63	27,66	27,78	26,20

W (%)	9,6	12,3	13,5	15,3	16,4
-------	-----	------	------	------	------

Gráfico 01: Curva de Compactação



Massa Espec. Seca Máx. (ρ_d): 1,845	Umidade Ótima (w): 13,0
---	------------------------------------

Os valores de ρ_d e w são os valores que compõem o ponto máximo, o ponto de pico do gráfico.

4.2 MASSA DA AREIA

Segue abaixo tabela 03 com os resultados obtidos da massa da areia:

Tabela 03: Massa da Areia

	Primeira Medição	Segunda Medição	Terceira Medição
Massa cilindro PVC (g)	494	494	494
Massa cilindro PVC + Areia (g)	2.025,70	1.994,98	1.960,19
Massa de areia (g)	1.531,70	1.500,98	1.466,19
Média - Massa da areia (g)	1.500		

4.3 MASSA DE AREIA NO FUNIL

Segue abaixo tabela 04 com os resultados obtidos da massa de areia no funil:

Tabela 04: Massa de Areia no Funil

	Primeira Medição	Segunda Medição	Terceira Medição
Frasco + Funil + Areia (g)	5.881	5.881	5.881
Frasco + Funil + Areia - Areia Funil (g)	5.337	5.329	5.333

Massa areia no funil (g)	544	552	548
Média - Massa de areia no funil (g)	548		

4.4 MASSA ESPECÍFICA DA AREIA

Segue cálculo da massa específica da areia: $\rho = \frac{M}{V} = \frac{1.500}{1.016} = 1,48 \text{ g/cm}^3$

4.5 MASSA DE AREIA NO FURO

Segue abaixo tabela 05 com o cálculo e resultado da massa de areia no primeiro furo:

Tabela 05: Cálculo da Massa de Areia no Furo

Frasco + Funil + Areia (g)	5.881
Frasco + Funil + Areia que sobrou (g)	3.687
Massa de Areia no Funil (g)	548
Massa de Areia no Furo (g)	$5.881 - 3.687 - 548 = 1.646$

4.6 VOLUME DO FURO

Segue o cálculo do volume do primeiro furo: $V = \frac{M}{\rho} = \frac{1.646}{1,48} = 1.112,16 \text{ cm}^3$

4.7 MASSA ESPECÍFICA DO SOLO

Segue abaixo cálculo da massa específica do solo do primeiro furo:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{2.345}{1.112,16} = 2,11 \text{ g/cm}^3$$

4.8 TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade obtido através do Speedy para o primeiro furo foi de 11,99 %.

4.9 MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA

Segue abaixo cálculo da massa específica aparente seca do primeiro furo:

$$\rho_d = \frac{\rho}{(1 + W)} = \frac{2,11}{(1 + 0,1199)} = 1,87 \text{ g/cm}^3$$

4.10 GRAU DE COMPACTAÇÃO

Segue abaixo tabela 06 com o cálculo do grau de compactação do primeiro lote:

Tabela 06: Grau de Compactação

Massa Específica Aparente Seca - lab. (g/cm ³)	1,845
Massa Específica Aparente Seca - campo (g/cm ³)	1,87
Grau de Compactação (%)	$(1,87/1,845) \times 100 = 101,35 \%$

Enfim, o controle de compactação do solo realizado em campo resultou no grau de compactação de cada lote analisado.

Segue abaixo tabela 07 com os resultados do grau de compactação de cada lote:

Tabela 07: Resultado do controle de compactação em campo

Lote	Grau de Compactação (%)	Teor de Umidade (%)
01	101,35	11,99
02	102,77	10,23
03	103,16	9,99
04	91,58	9,26
05	98,28	14,12
06	106,55	11,69
07	108,70	8,05
08	105,94	9,26
09	96,99	7,80
10	103,15	10,47
11	99,88	13,88
12	90,60	15,09
13	98,84	16,06
14	101,81	8,77
15	100,94	8,77

Lote	Grau de Compactação (%)	Teor de Umidade (%)
16	95,76	9,75
17	102,56	8,77
18	107,42	6,10
19	105,82	5,13
20	95,92	5,37
21	101,14	5,86
22	93,39	8,05
23	101,50	4,40
24	101,79	9,99
25	97,91	10,47
26	100,75	13,15
27	126,57	5,13
28	108,43	5,13
29	104,64	9,99

No controle de compactação realizado, não foi verificado se a compactação havia sido realizada no teor de umidade ótimo.

O grau de compactação estabelecido pelo projetista foi de 95%, sendo assim, os lotes de número 04, 12 e 22 não foram liberados para construção, sendo necessária a realização da compactação novamente.

Após a compactação nos três lotes reprovados, realizou-se novamente o ensaio resultando os seguintes valores mostrados a seguir na tabela 08:

Tabela 08: Resultado do controle de compactação realizado novamente

Lote	Grau de Compactação (%)	Teor de Umidade (%)
04	95,14	5,17
12	102,81	8,53
22	96,51	6,83

Assim, tais lotes foram liberados para construção.

5. CONCLUSÃO

A compactação do solo nas obras melhora as propriedades e o comportamento do mesmo, resultando em um aumento de resistência à ruptura, redução de possíveis variações volumétricas, impermeabilização dos solos, menos índice de vazios, diminui a

compressibilidade do solo evitando recalques excessivos e aumenta sua resistência ao cisalhamento.

Conclui-se que o controle de compactação do solo é indispensável e importante para que se tenha mais segurança e qualidade na construção. Não basta que o solo adquira boas propriedades de resistência e deformação, elas devem permanecer ao longo de toda vida útil da obra, evitando-se possíveis problemas de fundação e proporcionando assim, a maior resistência estável possível.

REFERÊNCIAS

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.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 7182/2016**: Ensaio de Compactação – Classificação, Rio de Janeiro, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 5734**: Peneiras para Ensaio e Ensaio de Peneiramento – Classificação, Rio de Janeiro, 1997.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, **DNER-ME 092/94**: Solo - Determinação da Massa Específica Aparente “In Situ”, com Emprego do Frasco de Areia.

MASSAD, F. **Mecânica Dos Solos Experimental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

Notas de Aula. Disponível em: <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/05/unidade_10.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2017.