



**Avaliação de um Solo em Termos de Resistência à Compressão Simples,
Resistência à Tração por Compressão Diametral e Módulo de Resiliência,
Considerando Resultados de Diferentes Tipos de Compactação**
Evaluation of a Soil in Terms of Resistance to Simple Compression,
Tensile Strength for Diametral Compression and Resilience Module,
Considering Results of Different Types of Compactation

Albaniza Maria da Silva¹; Lêda Christiane de Figueirêdo Lopes Lucena²;
Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena³; Paulo Germano Tavares Marinho Filho⁴;
Laiana Ferreira da Costa⁵ & Josyverton Ferreira⁶

*Universidade Federal de Campina Grande. Rua Aprígio Veloso, 882.
Bairro Universitário. 58429-900 Campina Grande, Estado da Paraíba*
E-mails: *albaniza.engcivil@gmail.com; ledach@uol.com.br; lucenaafb@uol.com.br;
marinho.paulo05@gmail.com; laianaferreira02@gmail.com; josyverton@gmail.com*

Recebido em: 12/05/2016 Aprovado em: 13/07/2016

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2016_3_41_47

Resumo

No Brasil, o ensaio laboratorial de compactação Proctor é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 7182/1986) e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT – ME 164/2013 e DNIT – ME 162/1994). As normas apresentam diferentes alternativas para executar a compactação Proctor, no entanto, verifica-se que o comportamento mecânico de um solo compactado é função do índice de vazios, do grau de saturação e principalmente da estrutura do solo que é diretamente influenciada pelo processo de compactação adotado. Este trabalho teve como objetivo comparar quatro processos distintos de compactação (mecânica com reúso, manual com reúso, manual sem reúso e manual sem reúso com umedecimento da amostra 24 horas antes da compactação), utilizando a energia intermediária, com a pretensão de avaliar os seus efeitos nas propriedades de resistência à compressão, resistência à tração e resiliência de um solo. A fase experimental foi dividida em três (3) etapas: ensaios de caracterização do solo, ensaios de compactação Proctor e ensaios mecânicos (Resistência à Compressão Simples - RCS, Resistência à Tração por Compressão Diametral - RT e Módulo de Resiliência - MR). Por meio dessa pesquisa, constatou-se que o tipo de compactação utilizado exerceu uma influência significativa nos resultados, pois de um modo geral os valores de RT, RCS e MR obtidos na compactação manual sem reúso 24h foram superiores as demais compactações.

Palavras-chave: Compactação Proctor; Tipos de compactação; Propriedades mecânicas

Abstract

In Brazil, the laboratory testing of Proctor compaction is regulated by the Brazilian Association of Technical Standards (NBR 7182/1986) and the National Department of Infrastructure and Transport (DNIT - ME 164/2013 and DNIT - ME 162/1994). The standards show various alternatives for performing compaction Proctor, however, it appears that the mechanical behavior of a compacted soil is a function of void content, degree of saturation and especially soil structure directly influenced by the compaction process adopted. This study aimed to compare four different compaction processes (mechanical with reuse, manual with reuse, manual without reuse and manual without reused with wetting of the sample 24 hours prior to compactation) using the intermediate energy, with the intention of assessing their effect on properties of compressive strength, tensile strength and resiliency of a soil. The experimental phase was divided into three (3) stages: Soil characterization tests, Proctor compaction tests and mechanical tests (resistance to simple compression - RCS, Tensile Strength for Diametral Compression - RT and Resilience Module - MR). Through this research, it was found that the type of compaction used exerted a significant influence on the results, because in general the RT values, RCS and MR obtained in manual compaction without reuse 24h were higher than the other compactations.

Keywords: Compactation Proctor; Types of compaction; Mechanical properties

1 Introdução

Segundo Proctor (1933) a compactação é o processo que faz com que o solo apresente uma maior densidade por meio da redução do volume da sua fase gasosa, conseguida a custo da aplicação de cargas repetidas.

No Brasil, o ensaio laboratorial de compactação Proctor é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 7182/1986) e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT – ME 164/2013 e DNIT – ME 162/1994). As normas permitem que o ensaio possa ser feito por meio de formas distintas, como por exemplo, por meio de processo manual ou mecânico, com ou sem reuso de material, com umedecimento da amostra 24 horas antes da compactação, sobre amostras preparadas com uma umidade com um percentual abaixo ou acima da umidade ótima presumível, sobre amostras preparadas com secagem prévia até a umidade higroscópica e utilizando uma das três energias de compactação (Normal, Intermediária e Modificada).

No entanto o ensaio de compactação tem como determinação a relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca dos solos quando compactados, de acordo com o procedimento especificado. Portanto, é implícito que o comportamento do solo compactado varia conforme método e energia de compactação. Sendo assim percebe-se que embora a norma permita que sejam utilizados diferentes processos de compactação, estes podem refletir no desempenho mecânico do solo como material de construção.

Segundo Cristelo (2001), a compactação constitui uma forma de forçar o aumento da compacidade de um solo, e embora não apresente uma relação tão óbvia como a que existe entre tensão de consolidação/compacidade do solo, existe alguma relação causa-efeito entre as características de um equipamento de compactação e a compacidade que esse equipamento confere ao solo. Ou seja, no processo de compactação se verifica uma relação entre a energia, o modo de compactação (manual ou mecânico) e a compacidade obtida.

Massad (2003) aponta que o reuso da mesma porção de solo na obtenção dos diversos pontos da curva de compactação pode provocar quebra de

partículas, tornando o solo mais fino, ou uniformizar melhor a umidade. No seu estudo, Ramos *et al.* (2013) ao comparar o procedimento com e sem reuso da amostra, verificou que foram obtidas diferentes curvas de compactação do solo, mas também percebeu que o procedimento com reuso aumentou os valores de densidade do solo pela fragmentação dos agregados e reorganização das suas partículas.

Com relação à adição de água às amostras 24 horas antes da compactação, Pereira *et al.* (2006) salienta que em especial, para solos argilosos, essa exigência visa possibilitar melhor homogeneização da água na amostra de solo. No entanto, ao se empregarem as técnicas de estabilização química de solos, este é um aspecto de importância significativa para a boa qualidade mecânica das misturas, pois, se na mistura já ocorreram reações de cimentação de curto prazo antes da compactação, certamente parte do estabilizante adicionado ao solo foi utilizada na sua confecção. Considerando-se que essas ligações podem ser quebradas no processo de compactação da camada estabilizada, reduz-se, assim, o quantitativo de estabilizante disponível para a cimentação das partículas de solo, com conseqüente queda na resistência mecânica da mistura.

Sivakumar & Wheeler (2000) estudaram a influência da pressão de compactação, teor de água de compactação e do tipo de compactação (estático ou dinâmico) sobre o comportamento do solo durante o umedecimento e o carregamento isotrópico através da realização de testes de sucção controlada em amostras de caulim speswhite insaturado e concluíram que a pressão de compactação e o teor de água influenciam na sucção inicial e que esse segundo também influencia significativamente (maior do que a pressão de compactação) sobre as posições das linhas de compressão normal. Verificaram também que uma mudança de compactação estática para dinâmica não apresentou efeito significativo sobre o comportamento subsequente do solo estudado.

Carvalho *et al.* (1987) e Aguiar (2010) identificaram nos seus estudos que fatores como a variação da energia de compactação, a modificação da umidade antes e após a compactação e o tempo de armazenamento entre a compactação e a realização dos ensaios mecânicos afetam as características do solo compactado.

Werk (2000) demonstrou que conforme o método de compactação empregado o comportamento resiliente do solo apresenta-se diferenciado, segundo o teor de umidade, o nível de tensões aplicado e o tipo de solo da amostra ensaiada. Por meio de seus estudos Crispim (2007) verificou que dois solos diferentes compactados estatisticamente apresentaram maiores e menores valores de resistência à compressão não confinada, e trouxe à tona a importância dos processos de formação dos solos nas suas respostas mecânicas quando compactados.

Barros *et al.* (2014) identificaram relação entre a energia empregada na compactação de solos e suas características mecânicas avaliadas por meio do ensaio de Índice de Suporte Califórnia, comprovando aumento dos parâmetros de resistência de acordo com a energia utilizada na compactação. Vinod *et al.* (2015) examinaram o efeito da energia de compactação sobre as características de solos de grande variação de plasticidade e estabeleceram uma relação logarítmica entre a densidade seca máxima e energia de compactação, e uma relação entre o teor ótimo de umidade e a energia de compactação por meio de uma equação polinomial de segundo grau.

De acordo com Crispim (2007) a avaliação da influência de diferentes métodos e de parâmetros de compactação na curva de compactação e, conseqüentemente, no comportamento mecânico dos solos envolve um grau elevado de dificuldade, devido ao número significativo de fatores envolvidos. Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de quatro processos distintos de preparação de amostras na compactação Proctor intermediária (mecânica com reuso, manual com reuso, manual sem reuso e manual sem reuso com umedecimento da amostra 24 horas antes da compactação) nas propriedades de resistência à compressão, resistência à tração e resiliência de um solo.

2 Metodologia

O programa experimental dessa pesquisa foi dividido em duas etapas. A primeira etapa da pesquisa teve o intuito de obter, preparar e caracterizar o solo. A segunda etapa teve o objetivo de analisar a resistência mecânica do solo, por meio dos ensaios de Resistência à Compressão Simples, Módulo de Resiliência e Resistência à Tração por Compressão Diametral.

2.1 Materiais

O solo estudado nesta pesquisa é proveniente de uma jazida próxima ao sítio Lucas, distrito de Catolé de Boa Vista na cidade de Campina Grande-PB, sob as coordenadas geográficas (7°16'23.41"S Latitude) e (36°5'3.56 "O Longitude). O solo foi coletado no horizonte C, subjacente à camada de solo superficial laterítico. O solo apresenta características heterogêneas, sendo constituído por uma mineralogia complexa, contendo frequentemente minerais ainda em fase de decomposição.

2.2 Métodos

Para atingir os objetivos sugeridos neste trabalho foram adotadas metodologias e informações contidas na literatura. Os métodos de ensaios utilizados foram baseados em normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

2.2.1 Caracterização do Solo

A caracterização do material foi realizada a partir dos ensaios de granulometria (ABNT – NBR 7181/1984), massa específica (ABNT – NBR 6508/1984), limites de Atterberg (ABNT – NBR 6459/1984 e ABNT – NBR 7180/1984) e fluorescência de raios-X (EDX) (ASTM D4326 – 94, 1996).

A Tabela 1, com os resultados da caracterização, mostra que de acordo com a análise granulométrica e os limites de Atterberg o solo é classificado segundo a metodologia HRB (Highway Research Board) como areia fina com silte não plástico (A-2-4) e pela metodologia SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos) como areia siltosa (SM). Já a análise dos resultados de EDX demonstrou que o solo apresenta pouca presença de matéria orgânica, representada pela perda ao fogo. A análise conjunta da CTC e do ΔpH indica que este solo possui alto índice de troca de cátions quando comparados com solos laterizados e que sofreu pouca intemperização, ou seja o solo apresenta pouca acidez. Com esses resultados, pôde-se classificar o solo como saprolítico.

Avaliação de um Solo em Termos de Resistência à Compressão Simples, Resistência à Tração por Compressão Diametral e Módulo de Resiliência, Considerando Resultados de Diferentes Tipos de Compactação

Albaniza Maria da Silva; Lêda Christiane de Figueirêdo Lopes Lucena;

Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena; Paulo Germano Tavares Marinho Filho; Laiana Ferreira da Costa & Josyverton Ferreira

Propriedades Físicas					
Limite de liquidez	Limite de plasticidade	Índice de plasticidade	Massa específica	CTC	ΔpH
22,35%	NP	NP'	2,72 g/cm ³	8,40 (meq/100g)	0,05
Granulometria					
Argila (>0,002mm)	Silte (0,002mm–0,06mm)	Areia fina (0,06mm–0,2mm)	Areia média (0,2mm – 0,6mm)	Areia grossa (0,6mm – 2,0mm)	Pedregulho (2,0mm – 60mm)
4%	10%	26%	34%	16%	10%
Análise Química					
Silica (SiO ₂)	Alumina (Al ₂ O ₃)	Óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	Outros óxidos	Perda ao fogo	
61,72%	18,39%	7,70%	11,93%	0,26%	

Tabela 1 Caracterização do solo

2.2.2 Ensaios de Compactação Proctor

Os quatro tipos de ensaios de compactação executados na energia Intermediária – compactação manual com reúso de material, compactação mecânica com reúso de material, compactação manual sem reúso de material e compactação manual sem reúso de material com 24 horas de umedecimento prévio – foram realizados de acordo com a metodologia Proctor, seguindo as recomendações das normas: NBR – 7182/1986, DNIT – ME 162/1994 e DNIT – ME 164/2013.

Na compactação Proctor manual com reúso de material utilizou-se 6 kg de solo, usado para determinar os cinco pontos da compactação, seguindo a trajetória de umedecimento. Diferentemente da compactação Proctor sem Reúso de material, na qual para cada ponto da compactação foram utilizadas amostras virgens, ou seja, no total foram utilizados 30 kg de solo.

A compactação Proctor manual sem reúso de material com 24 horas de umidade seguiu a mesma metodologia que a anterior, porém as cinco amostras foram preparadas 24 horas antes do ensaio.

2.2.2 Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral

O ensaio Resistência à Tração por Compressão Diametral seguiu os procedimentos da norma DNIT – ME 136/2010 e consistiu em submeter um corpo de prova à aplicação de uma carga de compressão sem confinamento ao longo de um plano diametral por

meio de frisos de cargas opostos, produzindo então uma tensão de tração ao longo do plano vertical, até que ocorresse a ruptura do corpo de prova. Para a realização do ensaio de resistência à tração por compressão diametral foram moldados, no mínimo, três corpos de prova por condição de ensaio (tipo de compactação) na umidade ótima obtida no ensaio Proctor intermediário para cada condição.

2.2.3 Ensaio de Resistência à Compressão Simples

Para a realização deste ensaio, foi utilizada a norma ABNT – NBR 12025/1990. O objetivo foi determinar a resistência à compressão simples sem confinamento lateral, ou seja, o valor da pressão correspondente à carga que levou à ruptura os corpos de prova de solo, moldados por meio dos quatro processo distintos de compactação na umidade ótima obtida no ensaio Proctor Intermediário para cada uma das quatro condições de ensaio, submetido à um carregamento axial.

Fora moldados corpos de prova e posteriormente os mesmos ficaram expostos às condições atmosféricas por 24 horas e depois disso foram submetidos a um carregamento, em uma prensa de célula de 100 kN com velocidade de 1 mm/min., até o seu rompimento. Tomou-se como critério de parada do ensaio a queda de dez por cento da tensão máxima suportada pelo corpo de prova.

2.2.4 Ensaio de Módulo de Resiliência

O ensaio de Módulo de Resiliência do solo foi realizado conforme a norma DNIT – ME 134/2010.

Avaliação de um Solo em Termos de Resistência à Compressão Simples, Resistência à Tração por Compressão Diametral e Módulo de Resiliência, Considerando Resultados de Diferentes Tipos de Compactação

Albaniza Maria da Silva; Lêda Christiane de Figueirêdo Lopes Lucena;

Adriano Elisio de Figueiredo Lopes Lucena; Paulo Germano Tavares Marinho Filho; Laiana Ferreira da Costa & Josyverton Ferreira

Os corpos de prova foram moldados obedecendo aos parâmetros dos quatro tipos de compactação e na umidade ótima de cada tipo determinada no ensaio Proctor Intermediário.

A primeira etapa do ensaio consistiu na fase de condicionamento onde aplicou-se seiscentos pulsos de carregamento, sendo esses com 0,1 segundo de aplicação de carga e 0,9 segundos de descanso. A segunda etapa do ensaio consistiu em submeter os corpos de prova a dezoito estágios de carregamento, formado por aplicação de três valores de tensão-desvio para cada uma das tensões confinantes pré-determinadas. A cada ciclo aplicado mediu-se os deslocamentos verticais por meio de instrumentos do tipo LVDT (Linear Variable Differential Transducers). A relação entre os deslocamentos e as tensões aplicadas permitiu o cálculo do módulo de resiliência para cada estágio de tensão.

3 Resultados e Discussões

3.1 Ensaio de Compactação Proctor

A Tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros ótimos dos quatro tipos de compactação, utilizando a energia intermediária, obtidos por meio das curvas de compactação.

Os resultados mostram que houve pouca variação na umidade ótima e na massa específica seca máxima para os métodos estudados. No entanto, é importante salientar que este resultado pode conter limitações já que sabe-se que o reúso de uma única amostra pode conduzir à fragmentação e reorganização das partículas, aumentando os valores de densidade do solo e portanto alterando o valor verdadeiro.

3.2 Ensaios de Caracterização Mecânica do Solo

3.2.1 Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral – RT

A Figura 1 mostra os resultados do ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral para

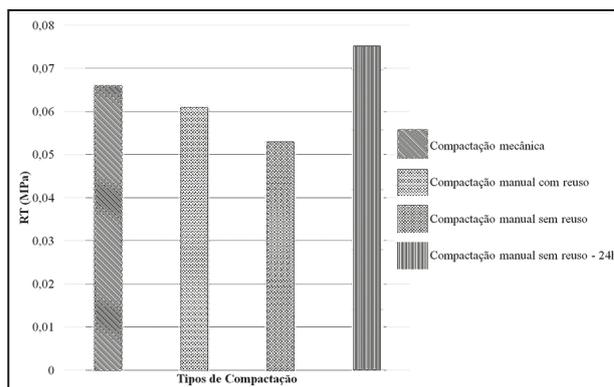


Figura 1 Resistência à tração por compressão diametral (RT) em função dos diferentes tipos de compactação executadas na energia intermediária.

os corpos de prova moldados na energia intermediária por meio dos diferentes tipos de compactação, moldados na umidade ótima determinada no ensaio de compactação.

De acordo com a Tabela 3 observou-se que não houve uma proporcionalidade entre resistência à tração e densidade máxima. Os maiores valores de peso específico máximo que foram obtidos no processo manual com reúso e mecânico com reúso não conduziu aos maiores valores de RT. Isso pode ser explicado pelo fato da redução do intertravamento dos grãos causada pela alteração da granulometria do solo por meio das quebras das partículas, tornando o solo mais fino, diminuindo o atrito entre os grãos e consequentemente a resistência à tração.

Processo de Compactação	RT (Mpa)	$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ ($\frac{g}{cm^3}$)
Compactação mecânica	0,066	1,999
Compactação manual com reúso	0,061	2,015
Compactação manual sem reúso	0,053	1,991
Compactação manual sem reúso - 24h	0,075	1,997

Tabela 3 Relação entre RT e peso específico máximo.

O maior valor de RT foi obtido no processo de compactação Proctor Manual sem Reúso 24h.

Proctor mecânico c/ reúso		Proctor manual c/ reúso		Proctor manual s/ reúso		Proctor manual s/ reúso 24 h	
$H_{\acute{o}t}$ (%)	10,87	$H_{\acute{o}t}$ (%)	10,73	$H_{\acute{o}t}$ (%)	10,20	$H_{\acute{o}t}$ (%)	10,27
$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ ($\frac{g}{cm^3}$)	1,999	$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ ($\frac{g}{cm^3}$)	2,015	$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ ($\frac{g}{cm^3}$)	1,991	$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ ($\frac{g}{cm^3}$)	1,997

Tabela 2 Resultados comparativos dos parâmetros ótimos das curvas de compactação.

Avaliação de um Solo em Termos de Resistência à Compressão Simples, Resistência à Tração por Compressão Diametral e Módulo de Resiliência, Considerando Resultados de Diferentes Tipos de Compactação

Albaniza Maria da Silva; Lêda Christiane de Figueirêdo Lopes Lucena;

Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena; Paulo Germano Tavares Marinho Filho; Laiana Ferreira da Costa & Josyverton Ferreira

Como a resistência à tração dos solos também é influenciada pelo tipo e quantidade de material fino, e sabendo que o solo em estudo apresenta uma parcela significativa desse material (56% de silte e 12% de argila), o umedecimento da amostra 24 horas antes da compactação pode ter causado uma melhor homogeneização da umidade do solo, proporcionando um melhor rearranjo das partículas e maior resistência aos esforços de tração que também está associada ao fato da preservação da granulometria original do solo, pois como não houve reutilização de amostras a fragmentação dos grãos e consequente susceptibilidade à ruptura foi diminuída.

3.2.2 Ensaio de Resistência à Compressão Simples – RCS

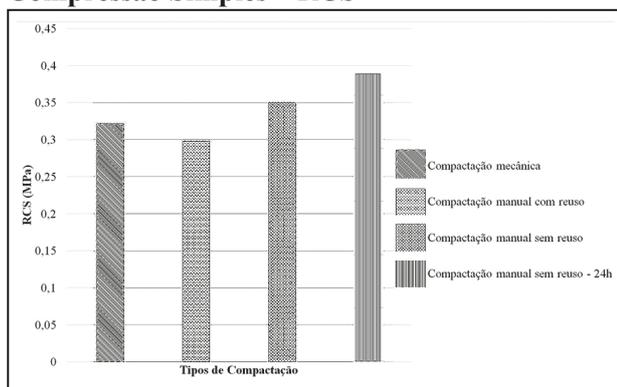


Figura 2 Resistência à compressão simples (RCS) em função dos diferentes tipos de compactação executadas na energia intermediária.

A Figura 2 mostra os resultados do ensaio de Resistência à Compressão Simples para os corpos de prova moldados na energia intermediária por meio dos diferentes tipos de compactação.

Percebe-se que os maiores valores de RCS também foram alcançados no processo de compactação manual sem reuso e compactação manual sem reuso 24 h e que os menores valores foram obtidos no processo de compactação manual e mecânica com reuso. No primeiro caso, o fato da amostra ter passado pelo umedecimento 24 horas antes da sua compactação pode ter garantido a

homogeneização e o equilíbrio do teor de umidade, melhorando a sua condição estrutural e promovendo uma maior resistência à compressão.

A redução do valor de RC obtido nas amostras submetidas à compactação manual e mecânica com reuso pode estar associada ao fato de que no ensaio de compressão simples num solo compactado observa-se uma queda da resistência com a incorporação de água. Como essas amostras apresentaram valores de umidade ótima maiores, a maior quantidade de água na estrutura do solo pode ter induzido a queda da RC do material.

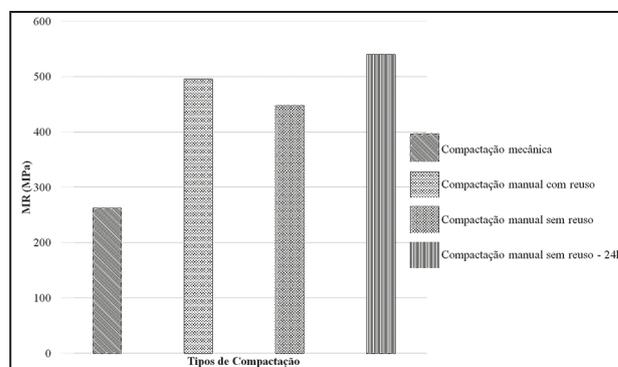


Figura 3 Módulo de Resiliência (MR) em função dos diferentes tipos de compactação executadas na energia intermediária.

3.2.3 Módulo de Resiliência

A Figura 3 mostra os resultados do ensaio de Resistência à Compressão Simples para os corpos de prova moldados na energia intermediária por meio dos diferentes tipos de compactação.

Através dos resultados verificou-se que a compactação manual sem reuso 24 h forneceu o maior resultados de MR, seguindo a mesma tendência dos demais ensaios mecânicos. Este resultado mostra que o solo compactado através desse processo vai apresentar menos susceptibilidade ao efeito de carregamentos cíclicos.

A amostra compactada pelo processo manual sem reuso foi a que apresentou menor MR. Ressalta-se que por meio desse processo obteve-se também menor valor de peso específico máximo. Como existe uma proporcionalidade entre a densidade do solo e a sua capacidade de se deformar, já esperava-se que essa amostra fosse a mais susceptível à

deformabilidade do que as outras que se tornaram mais densas após a compactação por meio dos outros processos.

4 Conclusões

Por meio dessa pesquisa, constatou-se que o tipo de compactação exerce influência nos valores de RT, RCS e MR. Os resultados desses três ensaios para os corpos de prova compactados na condição manual sem reuso 24h foram superiores aos das demais. No entanto, percebe-se que a compactação sem reuso 24h não foi a que forneceu maior valor de peso específico ao solo, o que mostra a interdependência existente entre densidade do solo e suas propriedades mecânicas.

Os melhores resultados mecânicos do solo compactado manualmente e sem reuso 24h pode ser justificado em função do mecanismo da referida compactação, pois durante as 24 horas parte da água migra para o interior dos agregados reduzindo a umidade capilar e aumentando a energia capilar, o que implica em melhor comportamento mecânico.

A redução da possibilidade da influência de quebra de partículas decorrentes da não reutilização de amostras também é um fator atrelado à melhoria do comportamento do solo frente às solicitações de esforços de tração, de compressão e ao efeito de carregamentos cíclicos.

Observou-se também a queda na RC para a amostra que apresentou maior valor de umidade ótima, o que revela a influência da quantidade de água nessa propriedade mecânica do solo. Já a amostra que apresentou menor densidade após ser compactada foi a que apresentou pior comportamento frente a carregamentos cíclicos.

5 Referências

Aguiar, L.A. 2010. *Contribuições para a Análise do Comportamento Mecânico de Solos Compactados para uso em Barragens*. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, 127 p.

Barros, E.H.C; Aguiar, M.F.P. & Oliveira, H.L. 2014. Análise Experimental da Influência da Energia de Compactação nas Características Mecânicas do Solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA

DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 17, Goiânia, 2014. Resumos expandidos, Goiânia, Universidade de Fortaleza, p. 1-6.

Carvalho, J.; Crispel, J.J.; Meussens, C. & Nardone, A. 1987. *La recosntituion des Éprovettes em Laboratoire: Théorie et Pratique Opératoire*. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Rapport de recherche LPC, 145, 54 p.

Crispim, F.A. 2007. *Compactação de solos: Influência de Métodos e de Parâmetros de Compactação na Estrutura dos Solos*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Dissertação de Mestrado, 77 p.

Cristelo, N.M.C. 2001. *Estabilização de Solos Residuais Graníticos Através da Adição de Cal*. Programa de Pós-graduação em Engenharia civil – Estruturas, Geotecnia e Fundações, Universidade do Minho, Dissertação de Mestrado, 96 p.

DNIT – ME 162. 1994. Solos – Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas. Rio de Janeiro.

DNIT – ME 134. 2010. Pavimentação asfáltica – Solos – Determinação do Módulo de Resiliência – Método de ensaio. Rio de Janeiro.

DNIT – ME 136. 2010. Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral – Método de ensaio. Rio de Janeiro.

DNIT – ME 164. 2013. Solos – Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Não Trabalhadas. Método de ensaio. Rio de Janeiro.

Massad, F. 2003. Obras de terra: Curso Básico de Geotecnia. São Paulo, Oficina de Textos. 170p.

NBR 12025/1990. Solo-cimento – Ensaio de Compressão Simples de Corpos-de-prova Cilíndricos. Rio de Janeiro.

NBR 7182/1986. Ensaio Normal de Compactação de Solos. Rio de Janeiro.

Pereira, R.S.; Machado, C.M. & Lima, C.L. 2006. Compactação de Misturas Solo-grits para Emprego em Estradas Florestais: Influência do Tempo Decorrido entre Mistura e Compactação na Resistência Mecânica. *Revista Árvore*, 30(3): 421-427.

Proctor, R.R. 1933. Fundamental Principles of Soil Compaction. *Engineering News Record*, 111(3): 245-248.

Ramos, F.T.; Maia, J.C.S.; Serafim, M.E; Azevedo, E.C. & Roque, M.W. 2013. Curvas de Compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo: com e sem reuso de amostras. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(2): 129-137.

Sivakumar, V. & Wheeler, S.J. 2000. Influence of Compaction Procedure on The Mechanical Behaviour of an Unsaturated Compacted Clay – Part 1: Wetting and Isotropic Compression. *Revista Geotechnique*, 50(4): 359-368.

Vinod, P.P.; Sridharan, A. & Soumya, R.J. 2015. Effect of Compaction Energy on CBR and Compaction Behavior. *Revista ICE Publishing*, 168: 116-121.

Werk, S.M.S. 2000. *Estudo da Influência dos Métodos de Compactação no Comportamento Resiliente dos Solos*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 103 p.