

## **Evaluation of latosols by the Proctor method**

Thamires C. C. Moura<sup>\*</sup>, Victor R. D. Caetano<sup>\*\*</sup>, Krystal de A. Notaro<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Civil engineering student at Faculdades Integradas de Garanhuns - FACIGA, Avenida Caruaru – Heliópolis, Garanhuns-PE, Brazil. E-mail: tccmoura@gmail.com (Corresponding author)

<sup>\*\*</sup>Civil engineer, FACIGA, Garanhuns-PE, Brazil

<sup>\*\*\*</sup>Universidade Rural Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brazil

Received 22 August 2019; accepted 31 October 2019

### **Abstract**

In solving many engineering problems, it is necessary to improve the soil characteristics in order to ensure that it is able to withstand the applied loads without excessive deformation, maintaining its resistance and stability, in this way it is essential to generate technical information to assist the engineers in decision making. The objective of this work was to determine the relationship between the moisture content and the apparent dry mass of the latosol, by means of a bibliographical study and a laboratory test. The laboratory procedures were carried out in compliance with the NBR-7182 standard that specifies the Compaction Test, and NBR-6457 that determines the method for preparing soil samples. These allow to obtain the value of the specific dry weight, which with the increase of the moisture content reaches a maximum value corresponding to the optimal humidity, this is located at the maximum ordinate of the compaction curve. Thus, for the test carried out with the Yellow Latosol, the maximum dry apparent specific mass corresponding to 3.02 g / cm<sup>3</sup> and the optimum moisture content was 11.20%.

Keywords: Proctor's Assay, yellow latossolo, compaction.

## **Avaliação de latossolos pelo método de Proctor**

### **Resumo**

Na resolução de muitos problemas de engenharia é necessário melhorar as características do solo, de maneira a assegurar que seja capaz de suportar as cargas aplicadas sem deformação excessiva, mantendo a sua resistência e estabilidade, dessa forma é fundamental gerar informações técnicas para auxiliar os engenheiros na tomada de decisão. Realizado através do ensaio de Proctor, este trabalho tem como objetivo a determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca do latossolo, mediante estudo bibliográfico e ensaio laboratorial. Os procedimentos laboratoriais foram realizados obedecendo as normativas NBR-7182, que especifica o Ensaio de compactação, e a NBR-6457, que determina o método para preparação de amostras de solos. Esses permitem a obtenção do valor do peso específico seco, que com o aumento do teor de umidade atinge um valor máximo correspondente à umidade ótima, esta é localizada na ordenada máxima da curva de compactação. Sendo assim, para o ensaio realizado com o Latossolo Amarelo, foi verificado a massa específica aparente seca máxima correspondendo a 3,02 g/cm<sup>3</sup> e umidade ótima corresponde a 11,20%.

Palavras-chave: Ensaio de Proctor, latossolo amarelo, compactação.

### **1. Introdução**

A compactação consiste em um procedimento mecânico ou manual, realizado com o intuito de alterar as características de um determinado solo, a compactação aumenta a densidade do solo, reduzindo a sua porosidade e conseqüentemente a permeabilidade, gerando um ganho de resistência.

Frente ao desenvolvimento da engenharia civil é visto que o solo é a base de toda e qualquer construção, pois, as obras estão apoiadas no solo e nele descarregam todos os seus esforços, portanto, nem sempre o solo com suas propriedades naturais estará apto para receber determinadas cargas, tornando assim a compactação um processo de suma importância nas obras.

Apresenta-se a compactação como meio de estabilização e aderência de resistência. Entre os ensaios de compactação, o Proctor vem sendo bastante utilizado, pois, este determina a densidade máxima do solo e a sua umidade, características que determinam a estrutura do solo.

O ensaio de Proctor é um método de avaliação do solo à compactação, que consiste na avaliação de dados que relaciona a densidade e umidade as quais um solo é compactado, sob determinada energia de compactação. Esse processo altera essencialmente a estrutura do solo, aumenta a sua resistência, reduz sua compressibilidade e permeabilidade entre outros efeitos de melhoria para o mesmo (Grande, 2003).

Com os parâmetros da compactação, as obras poderão ser beneficiadas com segurança, conforto, confiança e até menor custo, uma vez que melhorando as condições estruturais do solo não será preciso intervenções futuras, causadas pela má aptidão do solo em receber tais esforços que podem gerar patologias ligadas a recalque e movimentação dos solos.

A presente pesquisa tem base num estudo bibliográfico e laboratorial, que consistiu na identificação do Latossolo, que apresenta a maior representação geográfica no Brasil, em relação aos demais tipos de solo, coletado em Garanhuns, Pernambuco.

## 2. Material e métodos

A pesquisa realizada visou analisar o Latossolos coletado na da cidade de Garanhuns-PE. Sendo assim, apresentou caráter exploratório, pois, esse tipo de pesquisa é capaz de estabelecer critérios, métodos e técnicas que oferece informações sobre o objeto desta e orientou a formulação de hipótese (Gil, 2004).

A Figura 1 a seguir mostra o mapa dos tipos de solo do município de Garanhuns - PE, com a latitude e a longitude determinando o local onde foram retiradas as amostras. Sendo a área amarela representada pelo Latossolos Amarelos.

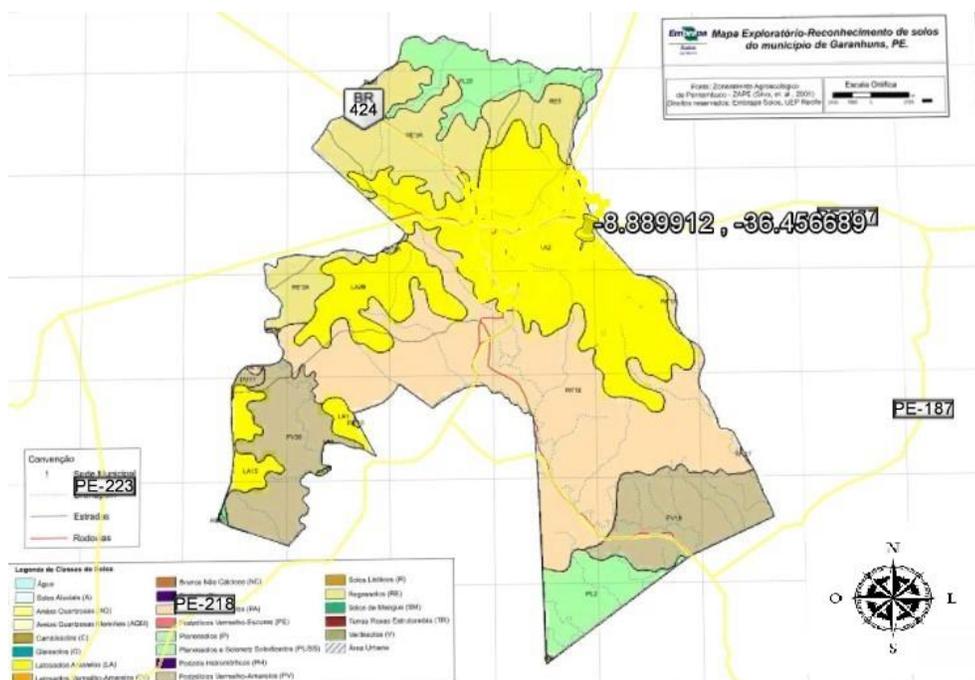


Figura 1 – Representação do local da retirada da amostra do Latossolo Amarelo. Fonte: Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE (EMBRAPA, 2001).

No laboratório de materiais da Faculdades Integradas de Garanhuns – FACIGA, foi realizado o ensaio de Proctor, seguindo a normativa NBR-7182 (ABNT, 2016b). Os equipamentos utilizados para realização do ensaio foram a peneira n°4 (4,8 mm), espátulas, extrator de amostra, proveta de vidro, papel filtro compatível com o molde empregado, balanças

que permite pesar nominalmente 10 kg e 200 g, com resolução de 1 e 0,01g respectivamente, bandejas, molde cilíndrico com base e colarinho, com volume de 2085cm<sup>3</sup>, soquete cilíndrico metálico com massa de 4.536g e dotado de dispositivo de controle de altura de queda, capsulas de alumínio para determinação da

umidade e estufa capaz de manter a temperatura entre 105 e 110 °C.

Os procedimentos foram realizados seguindo a normativa NBR-6457 (ABNT, 2016a), que prescreve o método para preparação de amostras de solos. O seu ensaio foi realizado com reuso de material e em triplicata, apresentados em seguida:

- Primeiramente a amostra foi posta ao sol, destorroadas, para que haja uma homogeneização, realizado o peneiramento utilizando a peneira de nº4 (4,8 mm), após o peneiramento foi retirado 7 kg da amostra para realização do ensaio Proctor.
- Com os 7 kg da amostra na bandeja metálica, foi adicionado água com auxílio da proveta de vidro, sendo adicionada aos poucos, buscando atingir um teor de umidade 5% abaixo da umidade ótima presumível, sendo adicionado um total de 325 ml de água para o Latossolo Amarelo, homogeneizando até passar no teste da mão.
- Com o cilindro de 2085 cm<sup>3</sup>, com o anel acoplado em seu molde, com o papel filtro para diminuir a aderência e dividido em cinco camadas iguais, foi colocado a primeira camada para se iniciar o processo de compactação, com auxílio do soquete que tem altura de queda controlada de 45,7 cm e pesa 4,5 kg, foi realizado os 12 golpes, sendo os golpes distribuídos de maneira uniforme, repetindo assim os 12 golpes nas próximas quatro camadas.
- Após realizada as cinco camadas de compactação, o anel complementar foi removido e o excesso de solo retirado com auxílio da espátula, o cilindro é

levado ao extrator de amostra, e o corpo de prova é removido do cilindro.

- Retirado o corpo de prova, o mesmo foi pesado, assim, com o peso total do corpo de prova e o volume do cilindro foi possível calcular a sua densidade. Foi retirada do interior do corpo de prova uma amostra para a determinação da umidade.
- A amostra para determinação de umidade foi devidamente identificada, pesada, para obtenção do peso úmido da amostra, levada para estufa por 24 horas. Após esse período foi novamente pesada, para obtenção do peso seco da amostra. Esse procedimento foi realizado em todos os corpos de provas confeccionados.
- A umidade dos corpos de prova foi determinada pela formula,  $h = \frac{M1-M2}{M2-M3} \times 100$ , que corresponde ao peso da água presente no solo em relação ao peso do solo seco.
- Após retirada da amostra, foi colocado o restante do corpo de prova junto com o restante do solo da bandeja, e logo destorado.
- A partir desse ponto, se inicia uma nova repetição do experimento, com reuso da amostra, onde e adicionado 2% do peso (7 kg) em água, repetindo todo o ensaio para uma nova umidade.
- O ensaio de Proctor exige que sejam utilizadas cinco umidades, totalizando cinco corpos de prova (Tabela 1).

Tabela 1- Distribuição de água do corpo de prova do Latossolo Amarelo

Corpo de Prova	Amostra de Solo (Kg)	2% de Adição de Água (ml)	Total De Água (ml)
1	7	-	325
2	7	140	465
3	7	140	605
4	7	140	745
5	7	140	885

Traça-se a curva de compactação marcando-se nas ordenada as massas específicas aparentes do solo seco e nas abscissa os teores de umidade correspondentes.

Expressão da massa especifica aparentemente seca:

$$\gamma_s = \frac{Ph \times 100}{V (100 + h)}$$

Em que:

$\gamma_s$ = massa específica aparente seca, em g/cm<sup>3</sup>;

$Ph$ = peso úmido do solo compactado, em g;

$V$ = volume útil do molde cilíndrico, em cm<sup>3</sup>; e

$h$ = teor de umidade do solo compactado, em %.

A umidade ótima do solo foi definida através do método prescrito na NBR-7182 (ABNT, 2016b), fornecendo a relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca do solo compactado, onde, determinou-se com qual teor de umidade ele atingiu o seu melhor comportamento.

### 3. Resultados e discussão

Um dos métodos mais utilizado na simulação das condições de compactação em campo, o ensaio de Proctor Normal, transmite uma energia dinâmica ao solo. Sendo assim foi realizado o ensaio e obteve-se a curva de compactação, gerada a partir da umidade ótima e a massa específica seca máxima.

Como já definido por Proctor (1933), os resultados obtidos presentes na Tabela 2 mostram que quando temos baixo teor de umidade a consequência é o atrito dos grãos, que dificultará o processo de compactação, impedindo o entrosamento completo dos grãos, retornando assim um valor baixo para a massa específica aparente seca.

Conforme o teor de umidade foi aumentando, nas amostras 2, 3 e 4, a massa específica aparente seca também apresentou aumentos, isso ocorreu devido à presença da água causando efeito lubrificante entre as partículas, gerando assim uma melhor acomodação das mesmas.

Porém, na amostra 5 ocorreu a redução da massa específica aparente seca devido ao excesso de umidade do solo, tornando-o quase saturado e não oferecendo resistência a compactação.

Na Figura 3, podemos afirmar que o ponto correspondente ao pico da curva será a massa específica seca máxima, que este solo pode atingir para a energia de compactação utilizada, correspondendo a 3,02 g/cm<sup>3</sup>, e a sua umidade ótima corresponde a 11,20%.

Tabela 2- Média referente ao Latossolo Amarelo.

Amostra	Teor de Umidade do Solo Compactado (%)	Ys - Massa Específica Aparente Seca (g/cm <sup>3</sup> )
1	6,80	2,53
2	8,44	2,82
3	10,40	2,99
4	12,40	2,99
5	14,38	2,87

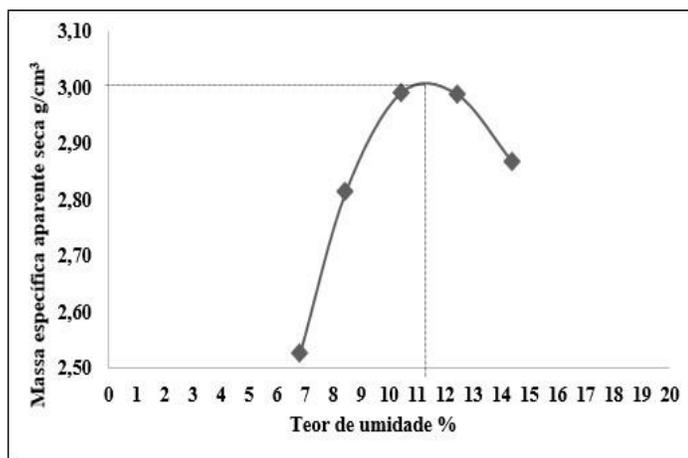


Figura 3 – Curva de compactação do Latossolo Amarelo, localizado em Garanhuns-PE.

Santos et al. (2008), explica de uma forma simplificada o comportamento de uma curva de compactação. Do lado seco, o aumento do teor de umidade conduz o aumento da massa específica seca, pois essa umidade conforme aumenta irá lubrificando as partículas do solo, facilitando a compactação. Ao ultrapassar a umidade ótima, a massa específica seca começa a diminuir o valor, pois, a água presente deixa

de agir como lubrificante, e por estar em excesso começa a dissipar a energia que está sendo aplicada para realizar a compactação.

Segundo Pinto (2006), uma determinada energia aplicada na compactação, existe um teor de umidade denominado de umidade ótima, o qual conduz a valores máximos de massa específica seca. A umidade ótima é o teor de umidade que, adicionado ao

solo, permitiu que este, após compactado, adquira maior massa específica aparente seca possível, sendo um fator essencial para a obtenção de compactações eficazes. Pouca umidade significa que a compactação é inadequada, na qual as partículas não podem mover entre si, para assim alcançar maior densidade. Porém, o excesso de umidade deixa a água preencher os vazios e diminui a capacidade de suportar carga.

De acordo com Ramos et al. (2013), o procedimento de reuso aumenta a densidade máxima de compactação do solo pela fragmentação dos agregados e reorganização das suas partículas.

#### 4. Conclusões

O solo é um importante elemento para a construção civil, principalmente quando este servirá de suporte para as estruturas nele apoiadas, assim, faz-se necessário uma análise de suas características e do seu comportamento mecânico. É através da análise que são determinadas condições de melhoria do material, até que estes possam suportar os esforços ao longo da construção e da vida útil do projeto, concluído sem que apresente patologias.

A compactação se apresenta como meio de estabilização e aderência de resistência, dentro de vários ensaios de compactação, o de Proctor vem sendo muito utilizado, permitindo a obtenção do valor do peso específico seco, que com o aumento do teor de umidade atinge um valor máximo correspondente à umidade ótima, esta é localizada na ordenada máxima da curva de compactação. Sendo assim, para o ensaio realizado com o Latossolo Amarelo, foi verificada a massa específica aparente seca máxima correspondendo a  $3,02 \text{ g/cm}^3$  e umidade ótima de 11,20%.

Perante todo o estudo realizado, é possível afirmar que apesar das limitações enfrentadas com problemas técnicos que resultaram em atrasos dos ensaios, o presente trabalho teve o seu objetivo

alcançado e pode servir de instrumento para aqueles que tenham o desejo de aprofundar seus conhecimentos a acerca da compactação do solo, seja em Garanhuns, ou em outros municípios.

#### Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas 2016a. NBR 6457: Amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas 2016b. NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2001. Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE. Embrapa Solos, Recife.
- Gil, A.C., 2004. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4. ed. Atlas, São Paulo.
- Grande, F.M., 2003. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. Dissertação (Mestrado). São Paulo, EESC – USP.
- Pinto, C.S., 2006. Curso Básico de Mecânica dos Solos, 3. ed. Editora Oficina de Textos, São Paulo.
- Proctor, R.R., 1933. Fundamental principles of soil compaction. Engineering News Record III, p. 245-248.
- Ramos, F.T., Ramos, D.T., Maia, J.C.deS., Serafim, M.E., Azevedo, E.C.de, 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, 129–136.
- Santos, R.F., Kouri, J., Santos, J W., 2008. O agronegócio do algodão, in: Beltrão, N.E.M., Azevedo, D.M.P. (Eds.), O Agronegócio do Algodão no Brasil. 2. ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.