

COMPARAÇÃO DE CURVAS DE COMPACTAÇÃO OBTIDAS POR PROCESSOS DINÂMICO E ESTÁTICO

Francisco Hélio C. Pessoa

M.Sc. em Geotecnia, CEFET-RR
caitano@cefetrr.edu.br

Luiz Augusto de Gouveia

Engenheiro Civil Pleno, PETROBRÁS, E&P UN-BSol
luisaugusto@petrobras.com.br

RESUMO

A compactação de solos é de fundamental importância para as obras de terraplenagem. Tradicionalmente o processo dinâmico é o recomendado pelos órgãos rodoviários para fazer o controle de compactação em laboratório. Nesta pesquisa estudou-se um solo fino proveniente da Bacia Petrolífera de Urucu-AM, compactado por processos dinâmicos e estáticos. Os resultados encontrados mostram que os parâmetros de massa específica máxima seca e umidade ótima resultantes foram bem semelhantes.

PALAVRAS-CHAVE

Compactação. Solos. Laboratório. Campo.

ABSTRACT

The soils compacting are very important for the workmanships in pavements. Traditionally the dynamic process is the recommended by Brazilian roads agencies to do the control of soil compacting in laboratory. In this research, it was studied a scarce soil proceeding from Urucu-Amazon Oil Basin, compacted by dynamic and static process. The results obtained showed that the parameters of specific mass maximum drought and excellent humidity results were much similar.

KEYWORDS

Compacting. Soils. Laboratory. Field.

INTRODUÇÃO

A compactação do solo objetiva a sua adaptação às peculiaridades do projeto geotécnico, visando, portanto, não apenas a sua melhoria.

Dentro deste enfoque, o que define as condições ideais de compactação é a compatibilidade do projeto como um todo. Sendo assim, não é melhor o solo que resiste mais ou deforma menos, mas sim aquele que resiste o necessário e limite a deformação ao possível. Com isso, fica claro que em se tratando de solos tropicais argilosos, muito ou pouco intemperizados, definir o tipo de compactação, a energia de compactação e as condições de compactação assumem papel fundamental no desempenho do projeto. Dentro deste contexto, tem sido difícil compatibilizar os estudos de laboratório com o controle tecnológico e o comportamento do solo *in situ*.

Tanto em laboratório como no campo, os processos de compactação podem envolver o uso de três tipos de energia: a dinâmica, a estática ou semi-estática e a vibração. Estudando um solo fino compactado, Camapum de Carvalho et al., 1987, mostra que embora a metodologia dinâmica seja a mais utilizada em laboratório, esta não é a que melhor se ajusta ao comportamento do solo compactado no campo. As diferenças entre laboratório e campo não se restringem, no entanto, a aspectos metodológicos como tipo de energia, elas envolvem aspectos extremamente simples, como a própria preparação de amostras para ensaios de laboratório, mas que podem afetar de modo substancial o comportamento do solo. Destacam-se como pontos relevantes, a secagem prévia e o destorroamento do solo.

A secagem prévia na fase preparação de amostras pode conduzir a problemas relativos à desidratação de argilominerais, como montmorilonita e haloisita $4H_2O$, afetando as propriedades e comportamento dos solos tropicais (Camapum de Carvalho 1981, Camapum de Carvalho et al., 1985). Os primeiros requerem tempo para que se rehidratem; tempo este dificilmente esperado em laboratório. Enquanto os solos que contém a haloisita têm desidratação irreversível. A secagem prévia pode ainda gerar agregados resistentes ao processo de compactação; agregados estes inexistentes ou menos resistentes no campo. Um outro aspecto que se observa é a formação de pequenos grumos quando se mistura água ao solo pré-seco. Tais grumos afetam de modo substancial a distribuição de poros, a curva característica de retenção de água e, portanto, o comportamento do solo (Camapum de Carvalho e Leroueil, 2004). Todos estes aspectos são, portanto, susceptíveis de gerar incongruências entre os resultados de compactação no laboratório e no campo.

Segundo Nogami e Villibor (1996), solos tropicais são solos que possuem comportamentos bem diversos daqueles previsíveis pelos procedimentos tradicionais de caracterização e/ou classificação geotécnicas.

Os solos tropicais são nitidamente os predominantes no Brasil, tanto em volume como em áreas de abrangência, conforme mostra a Figura 1. Considerando o manto de intemperismo, os solos tropicais compreendem genericamente os solos saprolíticos (pouco intemperizados) e os solos lateríticos (profundamente intemperizados).



Figura 1
Ocorrência de solos Taeríticos no Brasil
(Vilibor *et al.*, 2000)

MATERIAIS, MÉTODOS E ANÁLISES DE RESULTADOS

Nesta pesquisa realizou-se inicialmente a técnica da compactação dinâmica pela metodologia MCT, DNER-ME-228 (1994) do solo natural, de modo a se definir as curvas de compactação equivalentes aos ensaios Proctor Normal e Intermediário. Com bases nessas curvas de compactação definiram-se as energias semi-estáticas (em prensa à deformação controlada) necessárias para atingir as

condições ótimas das duas energias. Obteve-se respectivamente 5,60 kN/m² (900 divisões) e 9,40 kN/m² (1500 divisões) no anel dinamométrico de 10 kN, como energias semi-estáticas equivalentes ao Proctor Normal e Intermediário. Estas energias foram então utilizadas na compactação dos corpos-de-prova submetidos aos diferentes ensaios. Cabe destacar, que a opção pela metodologia semi-estática se deu por geralmente se aproximar mais das condições de compactação de campo do que a compactação dinâmica, e também, para comparar os parâmetros de interesse, peso específico aparente seco máximo (γ_{max}) e umidade ótima (ω_{ot}). Outra vantagem é a sua melhor repetibilidade (Camapum de Carvalho et al., 1985).

O solo utilizado nesta pesquisa é oriundo da Bacia Petrolífera de Urucu, localizada no município de Coari-AM e as características físicas e as classificações geotécnica MCT expedita, SUCS e HBR são respectivamente, areias argilosas laterítico (LA'), argila pouco plástica (CL) e solo siltoso(A-4) com comportamento de regular a mau como camada de pavimento. Os limites de Atterberg (Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade) e a massa específica dos grãos foram determinados de acordo com as Normas Brasileiras: NBR 6459, NBR 7180, NBR e 6508, respectivamente, e os resultados estão resumidos na Tabela 1, Mais resultados acerca destes solos e de outros perfis de solo encontram-se apresentados em Pessoa 2004.

Tabela 1
Resumo das Características físicas dos solos das Jazidas 2 e 5.

Jazidas	Prof. (m)	ω_{nat} (%)	ω_L (%)	ω_P (%)	IP (%)	γ_s (kN/m ³)
2	1	23,9	41,6	24,2	17,4	26,31
	1,5	27,1	40,7	26,9	13,8	26,98
	2	24,9	35,6	25,4	10	26,91
	2,5	24,3	36,5	26,1	10,4	26,35
5	1	26,5	53,4	31,4	22,1	26,92
	1,5	28,8	68,2	31,8	36,4	26,62
	2	29,6	58,7	33	25,7	26,76
	2,5	27,7	64,5	31,9	32,6	26,61

Nos cálculos em que se usou o peso específico dos sólidos, considerou-se para todas as profundidades o valor médio de 26,70kN/m³.

A granulometria foi realizada no granulômetro a laser, com e sem ultrassom. Os resultados estão apresentados nas Figura 2A e 2B.

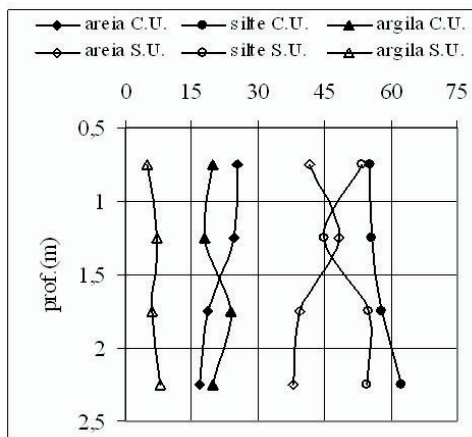


Figura 2A
Composição Granulométrica dos solos da Jazidas 2 e 5.

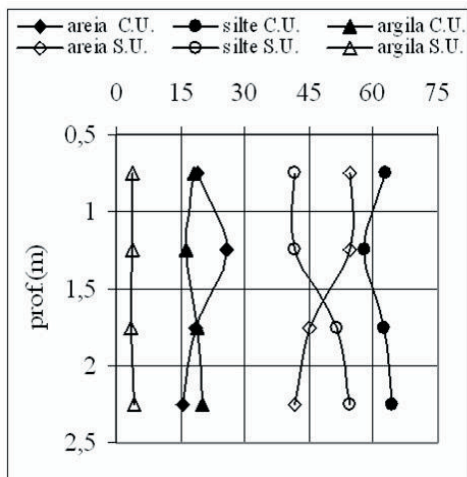


Figura 2B
Composição Granulométrica dos solos da Jazidas 2 e 5.

O procedimento de preparação de amostras e de ensaio em laboratório nas misturas consistiu em: destorroamento e peneiramento do solo na peneira de diâmetro 2 mm (nº10); adição de água até atingir a umidade desejada; homogeneização, e novamente peneiramento na peneira de 2 mm ou 4 mm (conforme o teor de umidade); compactação dos corpos-de-prova por processo estático.

Neste trabalho foram utilizadas misturas de solos provenientes das profundidades de 0,5 m a 2,5 m das jazidas 2 e 5. O solo foi compactado semi-estaticamente numa prensa de CBR, em camada única de aproximadamente 5 cm de diâmetro e altura e nas energias equivalentes à Normal e à Intermediária. Para a confecção de cada corpo-de-prova foram usados 190 g de solo úmido. A Figura 3 ilustra o processo de compactação semi-estático utilizado neste trabalho.



Figura 3
Equipamento utilizado na compactação semi-estática

Analisando a Tabela 1, vê-se que a umidade natural (ω_{nat}) é bastante elevada. O peso específico médio dos grãos (γ_s) é bem semelhante. Observando-se agora a Figura 2, percebe-se que ambos os solos são finos, classificados como silto-areno-argiloso. Estes solos quando analisados com ultra-som geram um aumento no teor de argila e de silte, devido à redução da fração areia; sendo esta redução expressiva para todas as profundidades estudadas.

Os gráficos da Figura 4 são exemplos de curvas de compactação obtidas pelos processos de compactação dinâmico e estático para efeito de comparação. Percebe-se que há uma boa correspondência entre as formas das curvas de compactação e também os valores da umidade ótima (ω_{ot}) e peso específico aparente seco máximo (γ_{max}) são bastante semelhantes. Convém lembrar que a energia de compactação estática foi definida compactando-se o solo na umidade ótima e peso específico seco máximo da curva de compactação dinâmica e a partir dessa energia compactou-se os demais pontos estaticamente. Portanto, com base na semelhança entre as curvas de compactação estima-se que os solos estudados não sofram influência do tipo de compactação, pelo menos para os dois modos analisados.

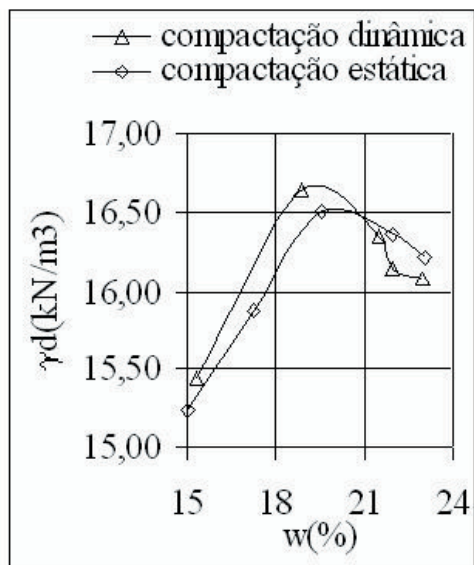


Figura 4 (A)

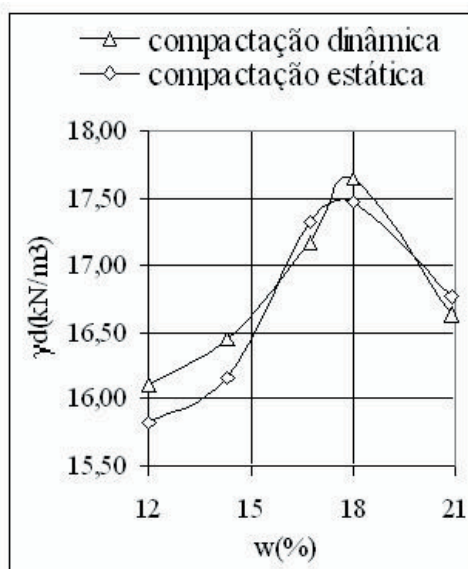


Figura 4 (B)

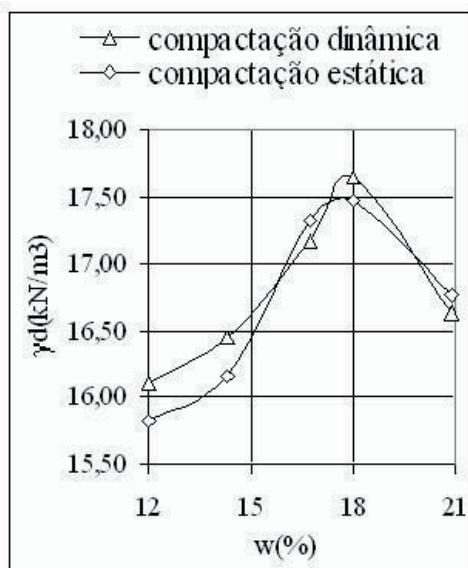


Figura 4 (C)

Curvas de compactação dinâmica e estática, nas energias (A) Normal e (B) e (C) Intermediária obtidas para as jazidas 2 e 5, respectivamente.

CONCLUSÕES

O estudo mostrou, nos tipos de solos estudados, que as curvas de compactação obtidas por processos diferentes apresentaram os parâmetros, umidade ótima (ω_{ot}) e peso específico aparente seco máximo (γ_{max}) semelhantes.

REFERÊNCIAS

- CAMAPUM, C., J., CRISPEL, J.J., MIEUSSENS, C. & NARDONE, A. (1987). **La reconstitution des éprouvettes em laboratoire: Theorie e pratique operatoire.** Rapport de Recherche, LPC, Paris, vol.145, n0 1, 53p.
- CAMAPUM, C., J. (1981). **Influência das energias térmica e mecânica em propriedades de engenharia selecionadas de alguns solos lateríticos do Norte e Nordeste do Brasil.** Dissertação de Mestrado, UFPb, Brasil, 184p.
- CAMAPUM, C., HELIO Engenheiro; CRISPEL, J.J. & QUEIROZ de Carvalho, J.B. (1985). **Influence de la température de séchage sur les propriétés chimiques, physiques et mécaniques de quelques sols lateritiques du Nord et du Nord-Est du Brésil.** TropicalS'85, vol. 1, pp. 51-62.
- NOGAMI, J.S. & VILLIBOR, D.F. **Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos.** São Paulo: Editora Vilibor, (1996 ?). 240 p.
- DNER-ME-228. **Solos - compactação em equipamento miniatura.** São Paulo. 1994.
- ABNT.NBR 6459. **Solo – Determinação do Limite de Liquidez.** Rio de Janeiro, (1984) 6p.
- ABNT. NBR 6508. (1984). **Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, RJ, 8 p.
- ABNT. NBR 7180. **Solo - Determinação do Limite de Plasticidade.** Rio de Janeiro, RJ. (1984). 3p.
- PESSOA, F.H.C. **Análise dos Solos de Urucus para Fins de Uso Rodoviário.** Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, FT, UnB, Brasília, DF. 2004. 151 p.p.