

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS E ADEQUABILIDADE PARA CONSTRUÇÕES: ESTUDO DO CASO DE UM BAIRRO PLANEJADO EM TUCURUÍPA

GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS AND FITNESS FOR BUILDINGS: CASE STUDY OF A PLANNED NEIGHBORHOOD IN TUCURUÍPA

MARTINS, Abner Vieira

Engenheiro Civil na Bimetal Industria Metalurgica LTDA
– Cuiabá, MT
abner.martins@bimetal.eng.br

JUNIOR, Luiz Alberto Araujo Lima

Engenheiro Civil na Mills – Altamira, PA
luizzjr@veloxmail.com.br

ARAUJO, Rodrigo da Cruz de

Doutor. Professor da Faculdade de Engenharia Civil do
Campus de Tucuruí da Universidade Federal do Pará –
CAMTUC/UFGA, Tucuruí,PA
rodrigocruz@ufpa.br

RESUMO

O crescimento urbano de Tucuruí ocorreu paralelamente à construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, ainda na década de 70. Entretanto, o estudo geotécnico das propriedades do solo urbano do município ainda é um assunto negligenciado pela maior parte dos construtores da região, não sendo contemplado na maior parte das obras civis, fato que pode comprometer as mesmas do ponto de vista da segurança e economia. Este trabalho tem como finalidade principal estudar as características geotécnicas de uma camada do solo do bairro Nova Matinha, situado no Município de Tucuruí, constituindo-se assim em um primeiro passo para o conhecimento das propriedades e características

geotécnicas do subsolo da região. Destaca-se ainda que tal bairro foi escolhido por ser um bairro planejado, constituindo-se no local onde vivem hoje as famílias remanejadas em decorrência da construção das eclusas de Tucuruí, estando em crescimento constante devido a fatores como localização, topografia e espaço físico.

Palavras-Chave: Adensamento, Compactação, Tucuruí.

ABSTRACT

Urban growth of Tucuruí was parallel to the construction of the hydroelectric plant Tucuruí, still in the 70s . However , the geotechnical study of the properties of urban land in the municipality is still a subject neglected by most constructors in the region , not being contemplated in most civil works , what may compromise those from the point of view of safety and economy. This work has as main purpose to study the geotechnical characteristics of a soil layer of the “Nova Matinha” district, located in the Municipality of Tucuruí , being therefore a first step to knowledge of the properties and geotechnical characteristics of the region’s subsurface. “Nova Matinha” was chosen because it is a planned neighborhood , becoming the place where they live today families relocated due to the construction of the locks of Tucuruí’s dam and is constantly growing due to factors such as location , topography and physical space.

Keywords: Consolidation, Compaction, Tucuruí.

INTRODUÇÃO

Em decorrência da construção das eclusas na barragem de Tucuruí, as quais e localizam no bairro Matinha, se fez necessária a retirada de parte da população que vivia no local. A partir desse cenário a Prefeitura de Tucuruí em parceria com o Governo

Federal ofereceu para essas famílias uma nova moradia no bairro Nova Matinha, que tem a sua formação em 2005 e está localizado a 1500 metros da Matinha.

O presente trabalho tem, então, o objetivo principal de contribuir ao conhecimento das características geotécnicas locais, já que apesar do constante crescimento do município tais estudos continuam sendo negligenciados e não têm sido realizados a fim de atender as necessidades urbanas.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Tucuruí situa-se na margem esquerda do Rio Tocantins no sudoeste do Estado do Pará. A sede do Município apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 03° 45'30" S e 49° 40'40" W Gr (SEPOF-PA, 2009). O bairro Nova Matinha localiza-se no perímetro urbano do Município, mais precisamente na BR-422, distante 2 km do centro da cidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo tem o objetivo de investigar características geotécnicas do subsolo do bairro Nova Matinha, a fim de contribuir para conhecimento, ora incipiente, das condições do subsolo desse município.

De acordo com Pinto (2006) “o objetivo da classificação dos solos, sob o ponto de vista da engenharia, é o de poder estimar o provável comportamento do solo ou, pelo menos, o de orientar o programa de investigação necessário para permitir a adequada análise de um problema”.

O início dos trabalhos se deu com a coleta das amostras de solo natural no bairro. A escolha do local de coleta foi definida por ser o terreno do futuro colégio do bairro. O solo coletado foi levado para o Laboratório de Materiais de Construção – Solos (ETCPCM) da Eletronorte, para serem realizados os ensaios referentes à caracterização do solo e os ensaios de permeabilidade com carga variável, compactação e de adensamento

unidimensional, todos realizados de acordo com as respectivas normas técnicas.

As amostras foram coletadas após a abertura de um poço de inspeção (PI) com 130 cm de profundidade e em seguida foi realizada uma sondagem a trado (SD) com 200 cm de profundidade (Figura 1). Pelo PI foi coletada a amostra indeformada, em bloco de 30 x 30 cm, e cerca de 80 kg de amostra deformada.

Para os ensaios de caracterização e compactação do solo, utilizaram-se tanto amostras retiradas do poço de inspeção quanto as coletadas pela sondagem a trado. Para os ensaios de permeabilidade e de adensamento foram utilizadas apenas amostras indeformadas, retiradas do poço de inspeção.

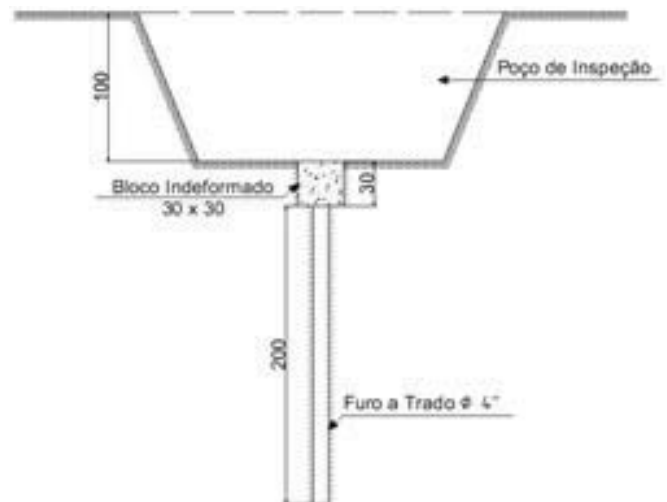


Figura 1: Esquema de coleta de amostras

a) Ensaios de Granulometria e Sedimentação

A análise granulométrica é o processo que determina, para cada faixa especificada de tamanho de grãos, a porcentagem em peso que a mesma representa da massa total de solo ensaiado, sendo padronizado pela NBR 7181 (ABNT, 1984).

b) Determinação da Massa Especifica Real dos Grãos

A massa específica real dos grãos é a relação entre a massa dos grãos de um solo e o volume desses grãos, tendo sido realizado conforme a NBR 6508 (ABNT, 1984).

c) Ensaio de Compactação

O ensaio de Proctor é usado, em geral, para traçar a curva de umidade versus massa específica aparente seca. O ensaio consiste em compactar o solo com porcentagens crescentes de umidade num molde cilíndrico de dimensões específicas, conforme a NBR 7182 (ABNT, 1986).

d) Ensaio de Permeabilidade com Carga Variável

O ensaio permeabilidade com carga variável fundamenta-se na lei de Darcy e segue a NBR 14545 (ABNT, 2000).

e) Ensaio de adensamento unidimensional

O ensaio de adensamento unidimensional segue a NBR 12007 (ABNT, 1990) que prescreve o método de determinação das propriedades de adensamento do solo, caracterizadas pela velocidade e magnitude das deformações, quando o mesmo é lateralmente confinado e axialmente carregado e drenado.

RESULTADOS

No estudo foram realizados dois tipos de coletas de amostras uma por poço de inspeção (PI), na qual foi recolhido o bloco de amostra inderformada e amostra deformada, e outra por sondagem a trado (ST), onde foram coletadas amostras deformadas. A seguir serão apresentados os resultados obtidos.

1. Análise do solo para a amostra coletada pela sondagem a trado

1.1. Análise Granulométrica e Determinação da Massa Específica Real dos Grãos

A partir dos ensaios para análise granulométrica do solo, foi possível definir a curva granulométrica do material (Gráfico 1) e os percentuais de cada fração que compõe o solo (Tabela 1). Para a realização do ensaio de sedimentação foi necessário determinar a massa específica real dos grãos, que teve o valor de 2,875 g/cm³.

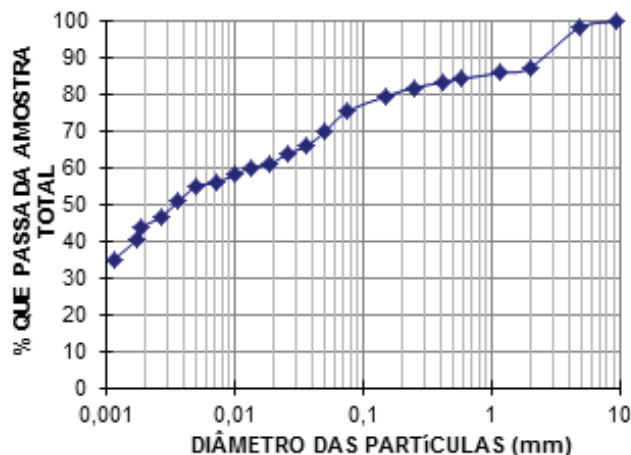


Gráfico 1 - Curva granulométrica da amostra 1, coleta por poço de inspeção.

Fonte: Autor

Material	Percentual na amostra (%)
Pedregulho (acima de 2,00 mm)	0,6
Areia Grossa (0,60 – 2,00 mm)	7,1
Areia Média (0,20 – 0,60 mm)	10,1
Areia Fina (0,06 – 0,20 mm)	8,4
Silte (0,002 – 0,06 mm)	30,9
Argila (menor que 0,002 mm)	42,8

Tabela 1 - Resumo da análise granulométrica da amostra 1.

Fonte: Autor.

Com base nos valores obtidos na análise granulométrica do solo foi possível verificar que este solo ou é uma argila silto arenosa com vestígios de pedregulhos.

1.2. Limites de Consistência do Solo

A determinação do limite de liquidez foi realizada por meio do Gráfico 2, onde estão presente o teor de umidade do material e o número de golpes. O limite de plasticidade foi calculado através das médias das umidades, conforme apresenta Tabela 2.

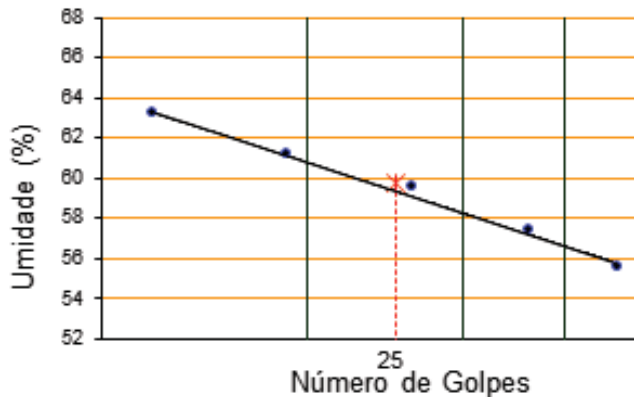


Gráfico 2 – Determinação do Limite de Liquidez para a amostra 2.

Fonte: Autor

LIMITE DE PLASTICIDADE					
Cápsula nº	204	205	206	207	208
Cápsula+Solo	11,6	11,7	11,4	11,1	
Úmido(g)	2	4	4	4	11,30
	11,1	11,2	10,9	10,7	
Cápsula+Solo Seco(g)	6	0	8	7	10,88
	10,0	9,83	9,82	9,86	
Peso da Cápsula(g)	3	8	6	1	9,833
Teor de Umidade (%)	40,7	39,4	39,4	41,1	40,8

Tabela 2 – Resultado do ensaio de limite de plasticidade do solo para a amostra 1.

Fonte: Autor.

O valor obtido para o limite de liquidez é 70,7%, o valor encontrado para o limite de plasticidade é de 40,3%, sendo assim, o índice de plasticidade é de 30,4%.

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos, a amostra ensaiada pertence ao grupo MH, ou seja, seria classificada como um silte muito compressível, conforme apresenta o Gráfico 3.

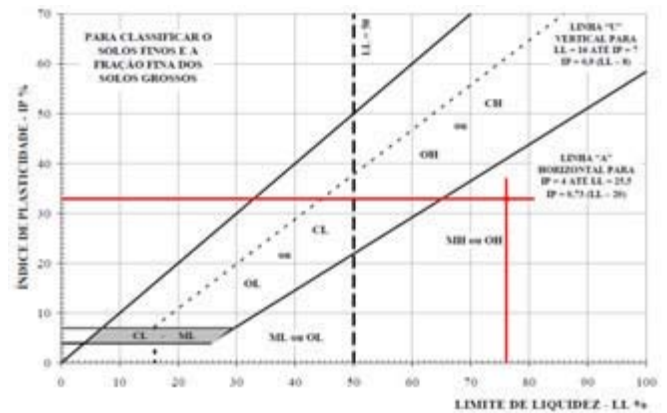


Gráfico 3 – Classificação SUCS da amostra 1

Fonte: Autor.

1.3. Compactação

O Ensaio de compactação foi realizado conforme preconizado pela NBR 7182 (ABNT, 1986), obtendo-se como resultado o Gráfico 4.

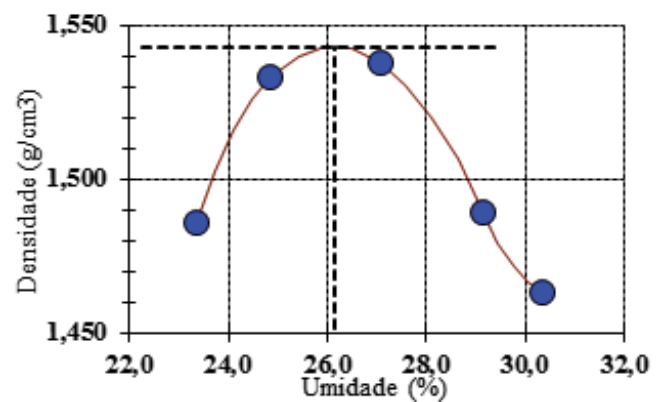


Gráfico 4 - Curva de compactação da amostra 2.

Fonte: Autor.

2. Análise do solo para a amostra coletada pelo poço de inspeção

2.1. Análise Granulométrica e Determinação da Massa Específica Real dos Grãos

A partir dos ensaios para análise granulométrica do solo, foi possível definir a curva granulométrica do material (Gráfico 5) e os percentuais de cada fração que compõe o solo (Tabela 3).

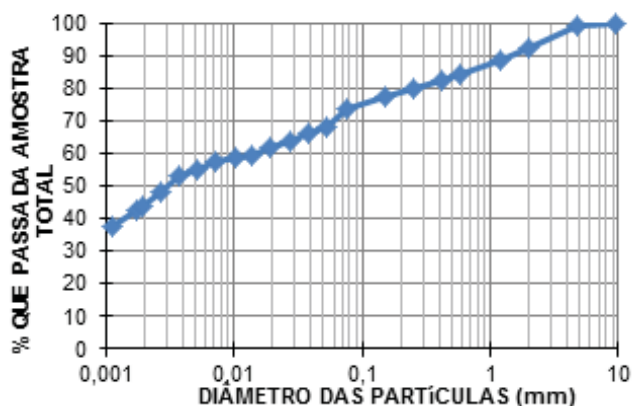


Gráfico 5 - Curva granulométrica da amostra 2, coleta por poço de inspeção.

Fonte: Autor

Material	Porcentagem na amostra
Pedregulho (acima de 2,00 mm)	2,0
Areia Grossa (0,60 – 2,00 mm)	10,8
Areia Media (0,20 – 0,60 mm)	3,9
Areia Fina (0,06 – 0,20 mm)	8,0
Silte (0,002 – 0,06 mm)	34,9
Argila (menor que 0,002 mm)	40,4

Tabela 3 - Resumo da análise granulométrica da amostra 2.

Fonte: Autor

Com base nos valores obtidos, conforme critérios da NBR 6502 (ABNT, 1995), a terminologia mais adequada para o solo é: argila silto arenosa com vestígios de pedregulhos.

2.2. Limites de Consistência do Solo

A determinação do limite de liquidez foi realizada por meio do Gráfico 6, onde estão presente o teor de umidade do material e o número de golpes. O limite de plasticidade foi calculado através das médias das umidades, conforme apresenta Tabela 4.

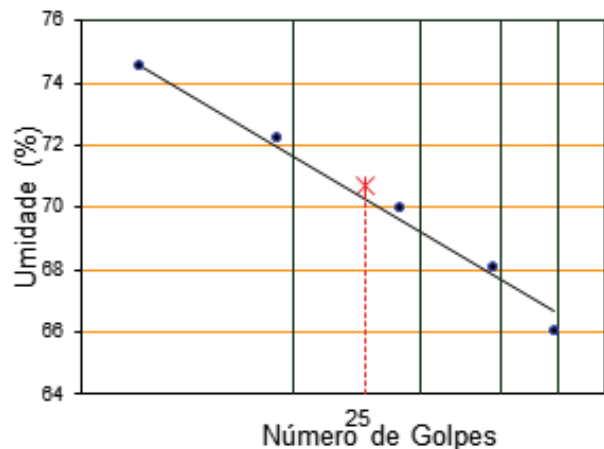


Gráfico 6 - Determinação do Limite de Liquidez para a amostra 2.

Fonte: Autor

LIMITE DE PLASTICIDADE					
Cápsula nº	060	066	067	068	069
Cápsula+Solo Úmido(g)	11,57	11,23	10,69	11,71	11,92
Cápsula+Solo Seco(g)	11,1	10,8	10,2	11,3	11,4
Peso da Cápsula(g)	9,80	9,84	8,99	10,2	10,2
Teor de Umidade(%)	33,5	34,4	32,9	34,4	34,8

Tabela 4 – Resultado do ensaio de limite de plasticidade do solo

Fonte: Autor

O valor encontrado para o limite de liquidez é 59,8% e o limite de plasticidade é de 34,0%, sendo assim, o índice de plasticidade é de 25,8%. No Gráfico 7 pode-se observar o ponto plotado no gráfico de plasticidade.

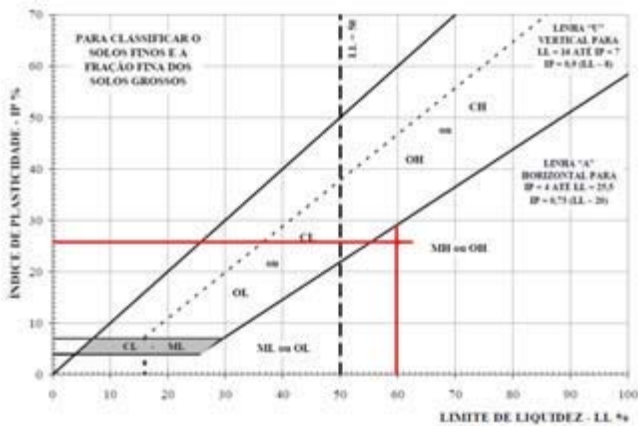


Gráfico 7 – Gráfico 8 – Classificação SUCS da amostra 2.

Fonte: Autor.

Com base nesses parâmetros o Sistema Unificado de Classificação de Solos classifica tal amostra como pertencente ao grupo MH, ou seja, um silte de alta compressibilidade.

2.3. Compactação

O Ensaio de compactação foi realizado conforme preconizado pela NBR 7182 (ABNT, 1986), obtendo-se como resultado o Gráfico 8.

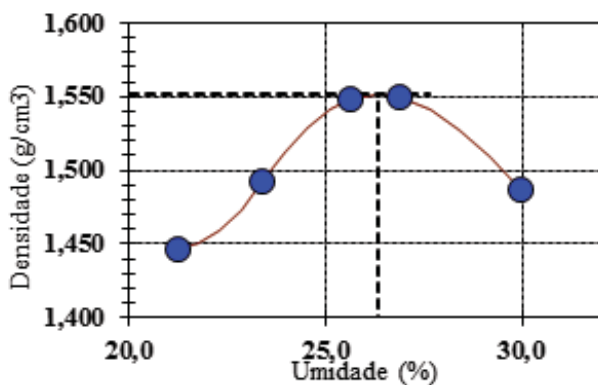


Gráfico 8 - Curva de compactação da amostra 2

2.4. Determinação do Coeficiente de Permeabilidade com Carga Variável

O corpo de prova utilizado para o ensaio

de permeabilidade foi da amostra indeformada. Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 5.

Massa Específica Aparente Seca	1,627 g/cm ³
Massa Específica Real dos Grãos	2,851 g/cm ³
Índice de Vazios	0,752 %
Coef. de Permeabilidade (k ₂₀)	5,75 x 10 ⁻⁵ cm/s

Tabela 5 - Resultado do ensaio de permeabilidade com carga variável para a amostra 2.

Fonte: Autor.

O valor encontrado é característico por se tratar de uma argila. De acordo com Lambe e Whitman (1974), o coeficiente de permeabilidade do material indica tratar-se de um solo de baixa permeabilidade.

2.5. Adensamento Unidimensional

Foram utilizadas três amostras para o ensaio de adensamento oedométrico o qual permitiu então a determinação da curva de adensamento do solo. A partir de tal curva, utilizando-se o método de Pacheco Silva, foram obtidas para cada amostra a tensão de pré-adensamento de cada amostra, seu índice de compressão e índice de expansão, conforme mostram os Gráficos 9, 10 e 11.

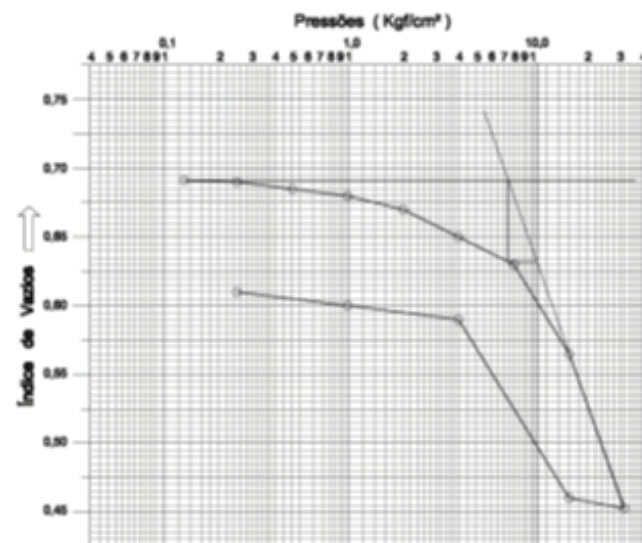


Gráfico 9 - Ensaio de adensamento unidimensional da amostra

1

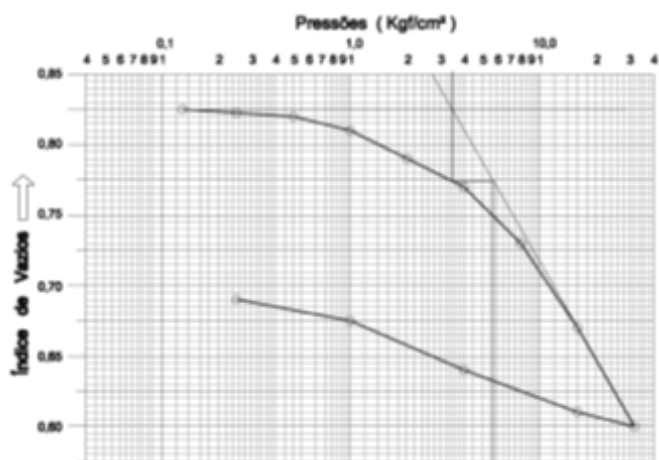


Gráfico 10 - Ensaio de adensamento unidimensional da amostra 2

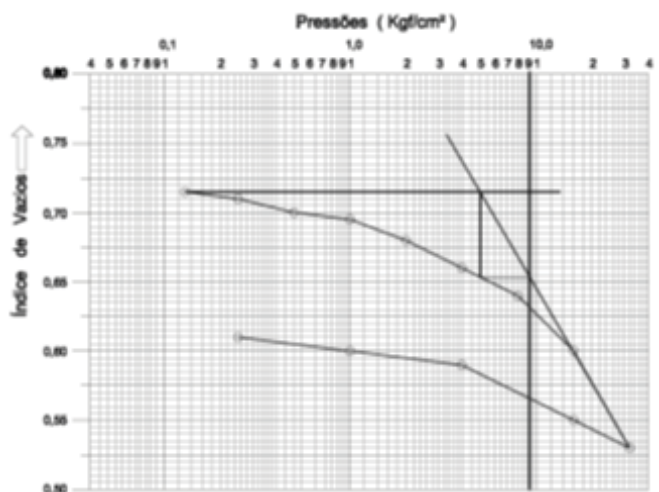


Gráfico 11 - Ensaio de adensamento unidimensional da amostra 3

No Gráfico 9, correspondente a amostra 1, encontrou-se uma pressão de pré-adensamento de 12,0 Kgf/cm², índice de compressão de 0,44 e índice de expansão de 0,068. No gráfico 10, referente a amostra 2, foi determinada uma pressão de pré-adensamento de 7,0 Kgf/cm², índice de compressão de 0,19 e índice de expansão de 0,035. Na amostra 3 (Gráfico 11) obteve-se uma pressão de adensamento de 5,9 Kgf/cm², índice de compressão de 0,20 e índice de expansão de 0,044.

A amostra coletada com maior profundidade foi de 3,30 m. O peso específico encontrado no ensaio

de densidade real dos grãos é de 2,581 g/cm³ que corresponde a 0,0028 Kgf/cm³, sendo assim a tensão efetiva do solo é de $\sigma_{vo}=0,92$ Kgf/cm². Na profundidade de 1,30m a tensão efetiva (σ_{vo}) é de 0,36 Kgf/cm².

Conforme explicam Soares, Pinheiro e Tavares (2006), para sabermos qual a condição do solo em relação a sua compressibilidade, é necessário encontrar a tensão de pré-adensamento e com ela definirmos o OCR do solo. Para a amostra 1, obtém-se então um OCR de 13,04, para a amostra 2 o OCR encontrado foi de 7,61 e por fim na amostra 3 o OCR foi de 6,41. Com base nos resultados de OCR para as três amostras constatamos que o mesmo é bem maior que 1, portanto trata-se de um solo pré-adensado.

CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou uma contribuição para o conhecimento das propriedades geotécnicas do bairro Nova Matinha, localizado na cidade de Tucuruí no estado do Pará. Ensaio de campo e de laboratório foram utilizados para caracterizar o material e conhecer dados importantes para o estudo do solo, como: coeficiente de permeabilidade, grau de compactação, umidade ótima, histórias de tensões, tensão de pré-adensamento e OCR.

A partir da análise dos resultados dos ensaios de campo e de laboratório executados neste projeto, foi possível chegar às seguintes conclusões:

1. Os ensaios de caracterização para as duas amostras, poço de inspeção e sondagem a trado, apresentam poucas diferenças na curva granulométrica e nos limites de consistência do solo, indicando que o solo é uma argila silto arenosa com vestígios de pedregulho. As propriedades geotécnicas do solo na cota -1,30m são praticamente iguais ao do solo na cota -3,30 m;
2. De acordo com o SUCS, ambos os materiais ensaiados é classificado como MH, ou seja, silte-elástico, levando em consideração o LL e o IP. Porém, de acordo como gráfico de plasticidade, já apresentado na Figura 4.7, o ponto que definiu o solo está próximo

da linha A, sendo assim, pode-se considerar que o solo tende a ser CH, argila muito plástica, conforme indica a curva granulométrica do solo;

3. A partir do ensaio de permeabilidade realizado, pôde-se obter o coeficiente de permeabilidade, à temperatura de 20°C (k₂₀) para o qual foi encontrado o valor de $5,75 \times 10^{-5}$ cm/s, valor que indica tratar-se de um solo de baixa permeabilidade, segundo Lambe e Whitman (1974);

4. Nos ensaios de compactação realizados para as duas amostras deformadas os valores encontrados para a densidade máxima e umidade ótima ficaram praticamente iguais. A umidade ótima variou entre 26,2 e 26,3% e a densidade máxima entre 1,543 e 1,551 g/cm³;

5. Nos ensaios de adensamento oedométrico, foram encontradas pressões de pré-adensamento que variaram de 5,9 a 12 Kgf/cm² em relação às 3 amostras estudadas. Esta tensão é superior a tensão efetiva do solo, para a profundidade 3,30 m, que foi estimada em 0,92 Kgf/cm², o que faz com que o OCR do solo seja maior que 1 em todas as amostras estudadas, portanto trata-se de um solo pré-adensado, isto é um solo que já sofreu uma tensão em toda sua história de pressões que superior à atual tensão efetiva em loco;

6. Com base no ensaio de adensamento oedométrico, e na tensão de pré-adensamento encontrada, conclui-se que se trata de um solo pré-adensado, portanto para que ocorram deformações significantes neste material é necessário que a tensão aplicada no mesmo seja superior à tensão de pré-adensamento, caso contrário as deformações tenderão a ser elásticas e pouco expressivas;

7. Este tipo de pesquisa tem fundamental importância para a região, pois até então o estudo geotécnico local sempre foi um assunto abordado de forma superficial, fato este que compromete diretamente as obras civis no que diz respeito à segurança e economia. Com isso pode-se dizer que este trabalho é o ponto de partida para estudiosos e pesquisadores obterem informações mais aprofundadas em relação às características do solo local, dando subsídio a futuras pesquisas geotécnicas sobre a região.

BIBLIOGRAFIA

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7185: Solo – Determinação da massa específica aparente, "IN SITU", com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12007: Solo – Ensaio de adensamento unidimensional. Rio de Janeiro, 1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14545: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. Rio de Janeiro, 2000.

Lambe, T. W.; Whitman, R. V. Mecânica de solos. México: Editorial Limusa S.A., 1974.

Soares, J. M. D.; Pinheiro, R. J. B.; Tavares, I. S. Mecânica dos solos – Notas de aula. Santa Maria: UFSM, 1996.

10. Pinto, C. S. Curso Básico de Mecânica dos Solos, em 16 Aulas. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SEPOF (Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças), Estatística municipal – Tucuruí. Belém/PA, 2009.