

PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DOS SOLOS DE SAURIMO PARA OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Autores: José Bangula

Esmeraldina Mara Cariata Domingos

Nerkys Edairis Paz Reina

Hermes Leonardo Riverón Matos.

E-mail: josebangula2014@gmail.com e nerkys.2018@gmail.com

RESUMO Data de recepção: 15/09/2019

Data de aceitação: 18/10/2019

O artigo aborda uma pesquisa experimental, cujo objectivo é propor uma metodologia para determinar as propriedades físico-mecânicas dos solos de Saurimo para obras de construção civil. Os solos de Saurimo, classificam-se como permeáveis pois permitem o fluxo da água de pontos de maior energia (ou carga hidráulica) para pontos de menor energia; a permeabilidade é uma das propriedades dos solos, com maior interesse para a engenharia geotécnica. A metodologia de cálculo proposta, permite determinar com precisão as principais propriedades físico-mecânicas dos solos para obras de construção civil em Saurimo. Foram recolhidas amostras de solo, em diferentes pontos da cidade de Saurimo, para a realização de ensaios de laboratório.

Palavras chaves: Construção Civil, Mecânica dos Solos.

MECHANICAL PHYSICAL PROPERTIES OF SAURIMO SOIL FOR CONSTRUCTION OF CIVIL WORKS

ABSTRACT

The article approaches an experimental research, whose objective is to propose a methodology to determine the properties physical mechanics of the soils of Saurimo for the civil construction works. The soils of the Saurimo are classified as permeable soils that allow the flow of water from points of higher energy (or hydraulic load) for points of smaller energy, the permeability is one of the properties of the soil of larger interest for the engineering geotechnical. The calculation methodology proposed allows determining the main properties physical mechanics of the soils accurately for the construction of civil works in Saurimo. Soil samples were taken at different points in the city of Saurimo to perform laboratory tests.

Keywords: Civil Construction, Soil Mechanics.

Introdução

O solo é um dos mais antigos e complexos materiais de construção utilizado pelo homem; está presente em quase todos os tipos de obras, muitas vezes suportando toda uma estrutura, sendo, portanto, fundamental o conhecimento das características desse material, a fim de prever o seu comportamento perante as diversas solicitações. A palavra solo, originada do latim “solum”, pode ter várias definições, de acordo com a área profissional em que é aplicado. Basicamente, quer dizer superfície do chão. Já para mecânica dos solos, a palavra solo adquire um significado específico voltado para a Engenharia.

Estabelece-se inicialmente, embora sem nenhuma esperança de rigor, que seja solo todo o material da crosta terrestre escavável por meio de pá, picareta, escavadeiras, enfim, sem necessidade de explosivos (Vargas, 1977).

A necessidade do homem trabalhar com os solos, encontra a sua origem nos tempos mais remotos, podendo-se mesmo afirmar ser tão antiga quanto a civilização. Recordem-se, entre outros, os problemas de fundações e de obras de terra que terão surgido quando das grandes construções representadas pelas Pirâmides do Egito, os Templos de Babilónia, a Grande Muralha da China, os Aquedutos e as Estradas do Império Romano.

O terreno faz parte integrante de qualquer construção, afinal é ele que dá sustentação ao peso e também determina características fundamentais do projecto, em função de seu perfil e de características físicas como elevação, drenagem e localização. No que tange à mecânica dos solos, é importante conhecer os três tipos básicos de solos: arenoso, siltooso e argiloso. Para efeito prático de uma construção, é preciso conhecer o comportamento que se espera de um solo quando este receber os esforços. (Campos, 2015)

A variabilidade natural dos solos, torna complexo o conhecimento das suas propriedades na elaboração de projectos de construção civil, nomeadamente no que se refere ao comportamento do solo ao receber carga, sendo a sua determinação feita mediante os principais ensaios convencionados aos solos. A Mecânica dos Solos desempenha um importante papel em vários ramos da Engenharia e hoje, figura no elenco de vários processos específicos de grande interesse e importância, incluindo a estabilidade de fundações, de encostas, de aterros sanitários, contaminação de solos, entre outros.

Nos últimos tempos o território de Saurimo tem assistido a uma crescente utilização das grandes reservas fundiárias, distribuídas por diferentes zonas periféricas da cidade, com solos cujo comportamento é ainda desconhecido.

A parte mais sensível de qualquer construção, é o solo, pois todas as eventuais deficiências das fundações nele têm origem, e quando só tardiamente detectadas, repercutem-se nas superestruturas, sendo as mais difíceis de detetar e muito dispendiosas. São aquelas que maiores perturbações causam, enquanto se realizam, pois que dificultam ou impedem a continuidade da utilização da obra.

Do exposto anteriormente deriva a seguinte questão, como problema de investigação: No caso deste estudo sobre as propriedades físicas e mecânicas dos solos de Saurimo, ajuda a perceber a relevância do impacto natural que os mesmos oferecem para as múltiplas funções de obras de construção civil; é de notar como a cidade de Saurimo se alarga, com o aumento acelerado da sua densidade populacional, e um franco desenvolvimento social com maior realce no sector de construção. Existe já um conhecimento empírico e experimental decorrente da sua longa utilização; as dificuldades associadas ao controlo eficaz constituem preocupação que dita um dos principais problemas para este campo de pesquisa.

Várias poderão ser as causas que propiciam um mau desempenho das construções, destacando as que são directamente dependentes da natureza do solo e as que dependem directamente do suporte e da qualidade do seu uso. Como por exemplo: situações que se prendem com a falta de mão de obra qualificada e formulação inadequada das profundidades da camada do solo resistente, que na maior parte dos casos não tem em conta as características específicas. Erros na estimativa das propriedades de comportamento do solo e segurança da edificação, recalque diferencial (assentamentos), durabilidade, colapsos, fissuras ou trincas e outras lesões nos edifícios.

O objetivo geral é: Determinar os métodos que facilitem calcular as propriedades físico-mecânicas dos solos de Saurimo para obras de construção civil.

Desenvolvimento

A cidade de Saurimo é a capital da Província da Lunda - Sul, localizada na região Leste de Angola; é limitada a Norte pelos municípios de Lucapa e Cambulo, a Este pela República

Democrática do Congo, a Sul pelo município de Dala, e a Oeste pelos municípios de Cacolo e Lubalo. É constituído pelas comunas de Saurimo, Mona-Quimbundo e Sombo. Tem uma superfície de 24.900 km².

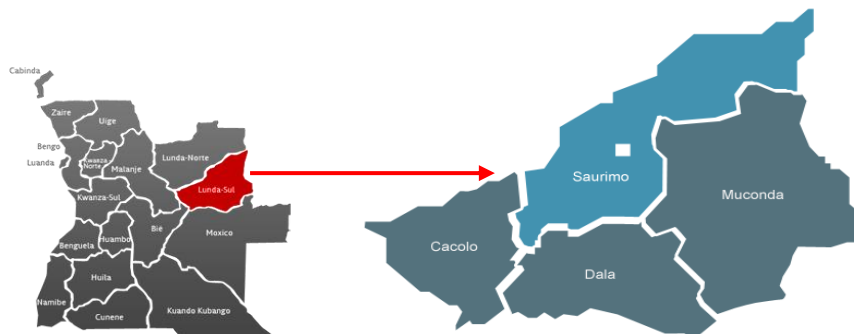


Figura 1: A província da Lunda Sul - Angola Fonte: DPR, 2016

Tem uma densidade populacional estimada em 442.437 (Quatrocentos e quarenta e dois mil e quatrocentos e trinta e sete) habitantes.

Caracterizada por um clima tropical húmido, com solos que derivam de uma complexa série de processos físico-químicos e biológicos que governam a sua formação. São solos superficiais, típicos das partes bem drenadas das regiões tropicais húmidas, resultantes de uma transformação da parte superior do subsolo pela actuação do intemperismo. "Solos porosos": cuja formação se deve a uma evolução pedogénica em clima tropical de alternâncias secas (no cacimbo) e extremamente húmidas (no tempo chuvoso). Estes solos recobrem extensas zonas da cidade de Saurimo e as espessuras podem atingir mais de 3m.

Clima e relevo da região

O clima da região é tropical, está caracterizado por apenas duas estações:

Período húmido ou chuvoso – de Setembro a Abril;

Período seco ou cacimbo – de Maio a Agosto.

Hidrografia da região

A rede hidrográfica está orientada em direcção norte, faz parte da bacia do rio Congo que compreende os rios Luembe, Chicapa, Luachimo, Chiumbue e Luxico.

Recursos minerais e naturais

Entre os recursos minerais e naturais da província encontram-se os diamantes, os materiais inertes para a construção, as águas superficiais dos rios e as subterrâneas dos aquíferos existentes.

A diversidade e a enorme diferença de comportamento apresentada pelos diferentes solos e o natural agrupamento em conjuntos distintos, aos quais são atribuídas algumas propriedades, designam-se por classificação dos solos.

Conceitos fundamentais

O solo pode ser definido como agregado não cimentado de grãos minerais e matéria orgânica decomposta, com líquido e gás nos espaços vazios entre as partículas sólidas. (Caputo, 2008).

Para o Engenheiro Civil, a necessidade do conhecimento das propriedades do solo vai além do seu aproveitamento como material de construção, pois o solo exerce um papel especial nas obras de Engenharia, uma vez que cabe a ele absorver as cargas aplicadas na sua superfície, e mesmo interagir com obras implantadas no seu interior. Todas as obras de Engenharia Civil assentam sobre o terreno e, por isso, requerem que o comportamento do solo seja devidamente considerado.

Solos arenosos: São aqueles em que a areia predomina. Esta compõe-se de grãos grossos, médios e finos, mas todos visíveis a olho nu. Como característica principal a areia não tem coesão, ou seja, os seus grãos são facilmente separáveis uns dos outros. (Lima, 2003)

Solos argilosos: O terreno argiloso caracteriza-se pelos grãos microscópicos, de cores vivas e de grande impermeabilidade. (Lima, 2003)

Solos siltosos: É um pó como a argila, mas não tem coesão apreciável. Também não tem plasticidade digna de se notar quando molhado. (Lima, 2003)

Turfa: Argila com muita matéria orgânica, geralmente encontrada em pântanos ou locais com água permanente (rios, lagos), no presente ou no passado remoto. (Lima, 2003)

Saibro: Terreno formado basicamente por argila misturada com areia. (Lima, 2003)

O solo é constituído por uma fase fluida (água e/ou gases) e por uma fase sólida. Sendo o solo, um conjunto de **partículas sólidas** que deixam espaços vazios entre si, os quais podem estar preenchidos com **água**, com **gases** (normalmente o ar), ou com ambos.

Resultados obtidos. Roteiro de cálculo

De acordo com o teor de humidade, podemos observar e considerar os resultados obtidos em estudo, nas seguintes etapas:

1. Após a coleta da amostra do solo em estudo, teve-se o máximo cuidado na retirada e no transporte para o laboratório (fig 3.3 A);
2. Pesou-se a amostra do solo no seu estado natural ($P_1=1.84\text{kg}$, fig 3.3 B);
3. Seguiu-se a completa secagem em estufa a 105°C (fig 3.3 C);
4. Tornou-se a pesar a amostra já no estado seco, ($P_2=1.728\text{kg}$, fig 3.3 D);
5. Determinou-se o peso da água por diferença entre a massa húmida e massa seca ($P_a=1.84\text{kg}-1.728\text{kg}=0.112\text{kg}$);
6. Depois calculou-se o peso das partículas sólidas “Ps” através do P_2 determinado no ponto anterior menos o peso da tara ($P_s=P_2-P_{\text{tara}}$);
7. Logo, o teor de humidade é igual ao peso da água sobre o peso das partículas sólidas vezes cem ($h\% = \frac{P_a}{P_s} \cdot 100$).

$$P_1 = 1.84 \text{ kg}$$

$$P_2 = 1.728 \text{ kg}$$

$$P_a = 1.84 \text{ kg} - 1.728 \text{ kg} = 0.112 \text{ kg}$$

$$P_s = 1.728 \text{ kg} - 0.244 \text{ kg} = 1.484 \text{ kg}$$

$$h = \frac{0.112\text{kg}}{1.484 \text{ kg}} \cdot 100\% = 7.5\%$$

Plasticidade e consistência dos solos

A experiência mostrou que, para os solos em cuja textura haja certa percentagem de fracção fina, não basta a granulometria para caracterizá-los, pois as suas propriedades plásticas dependem do teor de humidade, além da forma das partículas e da sua composição química e mineralógica.

Métodos de Prospeção do Subsolo

Dos principais métodos existentes, foi aqui empregue o da retirada de amostras (deformadas ou indeformadas).

Parâmetros indispensáveis:

- a) Profundidade, Localização e Número de Sondagens;
- b) Abertura de Poços de Prospeção;
- c) Execução de Sondagens;
- d) Apresentação dos Resultados de um Serviço de Sondagem;

Ensaio de SPT - foram realizados na zona da futura centralidade de Saurimo, localizada a Sul da cidade pela empresa GEOSOL, contratada por GRINER, que é a empreiteira da obra.

Equipamentos utilizados. (Amorim, 2014).

O equipamento para a sondagem consistiu em:

- 1) Máquina de esteira equipada com sarilho, roldana e cabo;
- 2) Tubos metálicos, trados ocos com diâmetro interno de 200 mm e varas de 40 mm de diâmetro interno;
- 3) Hastes de aço para avanço da perfuração;
- 4) Martelo de ferro para cravação das hastes de perfuração, do amostrador e do revestimento. O seu formato é cilíndrico e o peso é de 65 kg;
- 5) Trado concha com 200 mm de diâmetro e helicoidal na superfície externa;
- 6) Amostrador padrão de diâmetro interno de 40 mm, com corpo bipartido.



Figura 2: A) Montando o trado; B) Avanço da perfuração. Fonte autor

A sondagem de percussão é também chamada de “Simples reconhecimento” ou, ainda, de “Sondagem SPT”. Este nome vem da abreviação dos termos ingleses “Standard Penetration Test”, ou seja, “Teste de Penetração Padrão”. Este processo é muito usado para conhecer o tipo de fundação. O conhecimento do tipo de solo, é importante para se conhecer o comportamento esperado ao receber as cargas. Mas para saber o melhor tipo de fundação é preciso saber:

- 1) A profundidade do extracto do solo resistente;
- 2) Os tipos de solo que estão sob a obra, e a que profundidade;
- 3) A profundidade do lençol freático;
- 4) Qual é a capacidade de carga do subsolo em diversas profundidades;
- 5) Como é que o solo se comporta ao receber carga.

Para obter estes tipos de informação, o teste mais económico e elucidativo é o ensaio SPT. A partir dele o projectista de fundações poderá solicitar exames mais específicos, caso ache necessário.

Interpretação dos resultados

Na maioria dos casos, a interpretação dos dados SPT visa a escolha do tipo das fundações, a estimativa das taxas de tensões admissíveis do terreno e uma previsão dos recalques das fundações.

Relação entre tensão admissível e o número de golpes (SPT)			
Tipo de solo	Consistência	SPT	Tensão admissível (kg/cm ²)
Argila	Muito mole	< 2	< 0,25
	Mole	2 a 4	0,25 a 0,5
	Média	4 a 8	0,5 a 1,0
	Rija	8 a 15	1 a 2
	Muito rija	16 a 30	2 a 4
	Dura	> 30	maior que 4
Areia	Fofa	< = 4	< 1
	Pouco compacta	5 a 10	1 a 2
	Medianamente compacta	11 a 50	2 a 4
	Compacta	31 a 50	4 a 6
	Muito compacta	> 50	> 6

Tabela 1: Relação entre tensão admissível e número de golpes. Fonte: Terzaghi-Peck

Além das tabelas acima, é possível estimar a carga admissível num solo, mediante a fórmula abaixo:

$$T_{admin} = \sqrt{SPT} - 1$$

Assim, por exemplo, um solo com índice SPT de 20 teria uma tensão admissível de 3,47 Kg/cm² e outro com SPT de 16 teria uma tensão admissível de 3 Kg/cm². Mas devemos ressaltar que estes valores, tanto das tabelas quanto da fórmula acima, são muito genéricos e imprecisos. Só mesmo uma análise criteriosa da sondagem, por um técnico especializado, pode determinar com precisão o melhor valor para a resistência do solo.

Apresentação dos resultados

Os dados colhidos na sondagem são mostrados na forma de perfil individual do furo.

EMPRESA – GEOSOL				SONDAGEM DE SOLO									
SONDAGEM A PERCUSSÃO			CLIENTE	SP3									
Profundidade (m)	Perfil do solo	Consistência	Descrição do solo	Nº de Golpes			SPT	Amostra	SPT				
1,5		Pouco compacta	Areia	8/15	5/15	3/15	8		10	20	30	40	
3		Fofa		2/15	2/15	2/15	4						
4,5		Pouco compacta		2/15	3/15	3/15	6						
6				3/15	3/15	3/15	6						
7,5				5/15	3/15	3/15	6						
9				4/15	4/15	4/15	8						
10,5				4/15	4/15	5/15	9						
12				5/15	5/15	5/15	10						
13,5		Medianamente compacta		9/15	6/15	7/15	13						
15				8/15	8/15	8/15	16						
16,5				6/15	6/15	7/15	13						
18				9/15	10/15	10/15	20						
19,5		Pouco compacta		4/15	6/15	6/15	12						
21				3/15	4/15	3/15	7						
22,5				5/15	5/15	5/15	10						
24				6/15	7/15	9/15	16						
25,5		Medianamente compacta		9/15	12/15	10/15	22						
27		Muito rija	Argila	7/15	7/15	11/15	18						
28,5		Média		3/15	4/15	2/15	6						
30		Rija		5/15	6/15	3/15	9						

Tabela 2: Resultados dos ensaios SPT. (Elaboração própria)

Conclusões

As rochas de cobertura de Saurimo são as areias de formação Calahári, da idade paleogêneo-neogêneo, areias interformacionais paleogênea e sedimentos aluviais recentes. (solos arenosos e areno argilosos).

Esta pesquisa e prospecção dos solos, levadas a cabo em vários pontos da cidade, permitiu aferir com rigor o tipo de solo predominante nesta cidade; além disso, a metodologia de cálculo proposta ajuda a determinar com precisão as principais propriedades físico-mecânicas dos solos para as obras de construção civil, em Saurimo.

Classificam-se os solos de Saurimo como permeáveis, permitindo o fluxo da água de pontos de maior energia (ou carga hidráulica) para pontos de menor energia; a permeabilidade é uma das propriedades do solo com maior interesse para a engenharia geotécnica.

Atendendo ao tipo de solo da zona do estudo, com menor grau de compactidade relativa e elevada permeabilidade, propõe-se melhorar o mesmo por meio de cilindros compactadores ou vibradores mecânicos, quando se trata de estruturas horizontais de fundações rasas. No caso de edifícios verticais com cargas superficiais superiores a 2kg/cm², aconselha-se o uso das estacas.

Referências bibliográficas

- Amorim, J (2014). Equipamentos de Construção Civil, Gestão de obra e segurança.
- Campos, J.C (2015). *Elementos de fundações em concreto*. São Paulo
- Caputo, H. Pinto (2008). Mecânica dos solos e suas aplicações, vol 2 - Rio de Janeiro
- Lima, O (2003). Materiales y Productos para la Construcción.
- Vargas, M. (1977). Resistência e Compressibilidade de Argilas Residuais.

Sínteses curricular dos autores

Eng. Esmeraldina Maria Cariata Domingos, licenciada em Engenharia de Construção Civil pela Escola Superior Politécnica da Lunda-Sul, membro efectivo da Ordem dos Engenheiros de Angola, docente universitária em regime de colaboração na Escola Superior Politécnica da Lunda-Sul nas disciplinas de Materiais de Construção I e Materiais de Construção II.

Eng. José Bangula, licenciado em Engenharia de Construção Civil pela Escola Superior Politécnica da Lunda-Sul, tem formação pedagógica inicial pelo CENFFOR em Luanda, docente

universitário em regime de colaboração na Escola Superior Politécnica da Lunda-Sul nas disciplinas de Mecânica das Estruturas, Teorias das Estruturas I e Teorias das Estruturas II desde 2017. Membro efectivo da Ordem dos Engenheiros e Angola, Coordenador do curso de Engenharia de Construção Civil na Escola Superior Politécnica da Lunda-Sul.

MsC. Nerkys Edairis Paz Reina. Graduada com a Licenciatura em Educação na Especialidade Construção. Mestre em Educação e Professor Auxiliar da disciplina Betão Armado e 17 anos de experiência profissional. Professora da Escola Superior Politécnica da Lunda Sul. Angola.

Eng. Hermes Leonardo Riverón Matos. Engenheiro em Minas, professor da Universidade de Holguín