

MÉTODOS ANÁLISE DE PREVENÇÃO PARA ESTABILIDADE DE ENCOSTA MAPEADA NO MUNICÍPIO DO NOVA IGUAÇU

Jhonny Medeiros de Brito Amaral¹; Cintia Kelly dos Santos Silva²; Gisele Dornelles Pires³;

^{1,2}Aluno do curso de Pós-graduação Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho
Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu –
UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 – Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

jhonoliver@hotmail.com.br; cintiakellysantosdasilva@gmail.com; unigengenharia@gmail.com

Resumo – Este trabalho apresenta um estudo de análise estabilidade de encosta na Rua João Rangel no bairro do Caonze, no município de Nova Iguaçu – RJ. A pesquisa tem como objetivo analisar a encosta, caracteriza-la e apresentar as técnicas de viabilidade de estabilização da encosta. Com as intensas precipitações, foi observado pelos moradores e pela defesa civil um ponto de movimento de massa de solo que constitui a encosta. Foi realizada uma análise do solo constituída pelo ensaio de caracterização de solo segundo NBR 7181, para construção da curva de distribuição granulométrica e conhecimento da amostra coletada tendo sua caracterização e sua permeabilidade para apresentar a melhor técnica de intervenção do movimento de massa de solo. Através dos resultados concluiu-se que é um material com muitos finos, aproximadamente 60% solo siltooso, de comportamento não drenado, gerando uma saturação no solo pela sua alta coesão aparente (sucção) podendo gerar rompimento do talude. Mostrando-se um material vulnerável e suscetível a deslizamentos de massa de solo, foi apresentado e recomendado propostas de técnicas de estabilização de taludes para tratamentos individuais e coletivos para evitar a infiltração e saturação do solo.

(Palavras Chaves: Deslizamento. Encosta. Vulnerabilidade).

Abstract – This work presents a slope stability study at Rua João Rangel in the neighborhood of Caonze, in the municipality of Nova Iguaçu - RJ. The research aims to analyze the slope, characterize it and present feasibility techniques for stabilization slope. With the intense precipitations, the inhabitants and the civil defense observed a point of mass movement of soil that constitutes the slope. A soil analysis was carried out by the soil characterization test according to NBR 7181, for the construction of the granulometric distribution curve and knowledge of the collected sample having its characterization and its permeability to present the best technique of soil mass movement intervention. It was concluded that it was a very thin material, approximately 60% silty soil, with a non-drained behavior, generating a saturation in the soil due to its high apparent cohesion (suction). By presenting a vulnerable material susceptible to landslides of soil, it was presented and recommended proposals of slope stabilization techniques for individual and collective treatments to avoid soil infiltration and saturation.

(Key-words: Slip. Slope. Vulnerability.)

1 Introdução

O processo de urbanização no Brasil levou ao descontrole legal da ocupação de solos de uma maneira insegura e perigosa à população. As construções em encostas vêm provocando mortes, danos econômicos e acidentes irreparáveis à população e ao meio ambiente, uma vez que as ocupações nesses lugares afetam tanto a saúde do meio ambiente quanto a segurança pública. Por piores que sejam as condições, a apropriação do mercado imobiliário das melhores localizações urbanas, levou a população mais carente financeiramente a buscar moradias em lugares pouco valorizados, ou seja, lugares que deveriam ser inabitáveis por motivos de segurança pública, de preservação ambiental, ou até por suas condições precárias pela falta de urbanização. E por falta de dados técnicos na região é um estudo de grande importância na área de Engenharia. em áreas de risco, cientes ou por desconhecimento, mas também por

Segundo MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT (2007) a falta ou má aplicação de uma política de habitação e de desenvolvimento urbano é responsável pela boa parte das ocupações em ambientes vulneráveis a eventos como o deslizamento de encostas e/ou inundações, causadores de acidentes. Nos escorregamentos em solos residuais não saturados, muitas vezes o lençol freático se encontra muito profundo, ou seja, abaixo da superfície de ruptura. Portanto, o mecanismo de escorregamento não pode ser relacionado ao aparecimento de poro pressões positivas, que diminuiriam a tensão efetiva do solo e consequentemente, sua resistência ao cisalhamento (Campos, 1984).

Segundo CARVALHO (IPT, 2007) “O primeiro fundamento é a Previsão, que possibilita a identificação das áreas de risco e indica os locais onde poderão ocorrer acidentes (definição espacial = ONDE), estabelecendo as

condições e as circunstâncias para a ocorrência dos processos (definição temporal = QUANDO). O segundo é a Prevenção, que fornece a possibilidade de adotar medidas preventivas, visando impedir a ocorrência dos processos ou a redução das magnitudes, minimizando os impactos e agindo diretamente sobre edificações e/ou a própria população.” Dessa maneira, prevendo onde seria o desastre e visando determinar o tempo e mitigar os acidentes causados pela mesma.

Atualmente o cenário ainda é pouco favorável para muitos brasileiros que vivem fatores econômicos, sociais e culturais. No ano de 2012, no município de Austin, na cidade de Nova Iguaçu (figura 1) devido a grandes chuvas ocorreu um deslizamento de solo onde mais de mil pessoas tiveram que abandonar suas casas, além de transbordar o rio Botas, levando a uma alagação e proliferação de doenças.



Figura 1: Destroços de casa engolida por deslizamento de encosta na cidade de Nova Iguaçu.
Fonte: G1 (2018), (12/12/2013).

Nessa etapa do trabalho será abordada a classificação de solo, conceitos específicos relacionados à área de vulnerabilidade, a maneira que as causas naturais ajudam a causar os deslizamentos e com a interferência humana, e formas estruturais e não estruturais de reparar o problema.

1.1 Solo: Origem e formação

A terra surgiu há 4500 milhões de anos que é aproximadamente a idade do Sistema Solar. O raio da terra é de 6370 km sendo: 1350 km o raio do núcleo interno, 2100 km a espessura do núcleo externo, 2740 km a espessura do manto superior e 35 a 60 km a espessura da crosta. Existe no interior do planeta enorme quantidade de calor gerado principalmente pela desintegração atômica em seu núcleo e mecanicamente pela movimentação localizada em sua crosta.

O calor interno da terra é transferido para o exterior. Os gradientes geotécnicos regionais até 5 a 10 km de profundidade variam de 10 a 60°C/km. (Gonçalves, 2014).

Rocha é um corpo sólido natural, resultante de um processo geológico determinado, formado por agregados de um ou mais minerais, arranjos segundo as condições de temperatura e pressão existentes durante a sua formação. As rochas podem ser ígneas, sedimentares ou metamórficas. As rochas ígneas ou magmáticas resultam da solidificação de material rochoso, parcial a totalmente fundido, denominado magma, gerado no interior da crosta terrestre. As rochas sedimentares são resultantes da consolidação de sedimentos, ou seja, de partículas minerais provenientes da desagregação e transporte de rochas pré-existentes ou da precipitação química ou ainda da ação biogênica. As rochas metamórficas são derivadas de outras rochas pré-existentes que no decorrer dos processos geológicos sofreram mudanças mineralógicas, químicas e estruturais, no estado sólido, em resposta às alterações das condições físicas (temperatura e pressão) e químicas, impostas em profundidades abaixo das zonas superficiais de alteração e cimentação.

As alterações provocam instabilidade dos minerais que se transformam e se rearranjam. (Silvia, 2014). A palavra solo é originada do latim: solum que significa superfície do chão. Os solos são formados pela decomposição das rochas e sua

Evolução depende do clima, da rocha de origem, do relevo, do tempo e até mesmo dos microrganismos. Os processos de alteração podem atuar sucessivamente sobre um mesmo solo; é comum classificar os solos pelo último processo ocorrido. (Silvia, 2014).

A crosta terrestre é formada por rochas (agregado natural constituído por um ou mais minerais), através de vários fatores como o intemperismo (agentes atmosféricos e biológicos), de animais, práticas agrícolas, etc., a rocha se desagrega e/ou se decompõe, dando origem ao solo. (Lemos, 2018).

A ação do intemperismo, um agente responsável para origem do solo, pode ser física (desagregação física por ação da temperatura ou atividade química) ou química (decomposição química por oxidação, carbonatação, hidratação). Os pedregulhos e as areias são gerados pela desagregação física, enquanto as argilas e siltes são formados por decomposição química. (Santiago, Cybèle Celestino. 2001).

- ☐ Intemperismo físico: Partículas grossas (Pedregulhos, areias: partículas com dimensões de até 0,001mm).
- ☐ intemperismo químico: Partículas finas (siltes, argilas: partículas menores que 0,001mm).

1.1.1 Textura e Estrutura dos solos

Segundo Cybèle (2001) a textura e estrutura dos solos vão depender do tamanho das partículas a partir de análises que são capazes de identificar se foram decorrentes do intemperismo químico ou físico.

Assim, de acordo com o tamanho de suas partículas, os solos podem ser classificados em:

- a) **Solos grossos:** Apresentam grande percentagem de partículas visíveis a olho nu ($\phi > 0,075\text{mm}$), com formas variadas (angulosas, arredondadas). O comportamento destes solos é determinado basicamente pelo tamanho de suas partículas, variando de pedregulhos e areias.
- b) **Solos finos:** Suas partículas têm dimensões menores do que 0,06mm (ABNT) ou 0,075mm (DNER). Possuem formas lamelares, fibrilares, tubulares ou aciculares, de acordo com o mineral presente. O comportamento destes solos é definido pelas formas de superfície (moleculares, elétricas) e pela água. (Cybèle, 2001).

2 Metodologia

Para o desenvolvimento da pesquisa definiu-se que seriam utilizadas as informações disponibilizadas pela defesa civil do município de Nova Iguaçu dos pontos de deslizamentos. Desenvolvendo os ensaios de caracterização granulométrica e limites de Atterberg no laboratório de pesquisa Engenharia e Sociedade da Engenharia Civil na Faculdade de Ciência Exatas e Tecnológicas da Universidade Iguaçu.

O desenvolvimento do estudo de caso foi realizado em quatro fases distintas: Coleta de amostras, Tratamento de amostras, Elaboração do Ensaio granulométrico e Limites de Atterberg. Análise e diagnóstico dos ensaios realizados.

Coleta de amostras: Essa etapa de coleta de amostras contou com a colaboração dos proprietários do ponto onde foi no realizado o estudo de caso.

Tratamento de amostras: Para esta etapa foi realizada seguindo a norma NBR 7181 de tratamento prévio para realização dos ensaios como secagem higroscópica da amostra, quarteamento dos torrões e separação da quantidade de 500 gramas necessária para o ensaio.

Elaboração do Ensaio granulométrico e Limites de Atterberg: Para esta fase consolidou-se as referências bibliográficas e as normas em vigor para realização dos ensaios onde os resultados obtidos confirmaram o esperado para uma encosta que já constava como um ponto de deslizamento.

Análise e diagnóstico dos ensaios realizados: Através de tabelas e terminologias de Carlos Sousa Pinto, Terzaghi, entre outras bibliografias os resultados das análises e ensaios foram possíveis diagnosticar um solo de consistência dura, ligeiramente plástica (não muito plástica) e com uma trababilidade não drenada.

3 Elaboração de ensaio de granulometria

Nesta parte do trabalho será elaborada uma caracterização da amostra de solo coletada na Rua João Rangel – rua ainda acima da encosta – no ponto de deslizamento, no bairro do Caonze – Nova Iguaçu, mapeada pela defesa civil como um ponto de deslizamento no ano de 2018, onde inicialmente foi feita uma raspagem para retirada da camada superficial de solo coluvionar que contém muita presença de material orgânico, como mostra a figura 1.

Figura 1: (a) Raspagem superficial para coleta de amostra,



(b) coleta do material



Fonte: O autor (2018).

O ensaio foi realizado no laboratório da Universidade Iguaçu – UNIG, que para uma melhor apresentação de técnica viável faz-se necessário o conhecimento das características do solo, com o objetivo de conhecer o módulo de finura e a composição do agregado miúdo, fundamentado na norma NBR 7181. Logo deu-se início ao processo de preparação e secagem higroscópica da amostra de solo como mostra a figura 2.

Figura 2: (a) Amostras coletadas,



(b) preparação da amostra para secagem



Fonte: O autor (2018).

Em seguida foi realizado o quartejamento dos torrões e homogeneização das amostras com auxílio de uma pedra mármore. Em seguida foi pesada uma quantidade de 500g para o ensaio e com as peneiras previamente limpas, foram preparadas obedecendo à série, com abertura da malha em ordem crescente da base para o topo, de 200 mm à peneira de 10 mm, figura 3. E repetido o processo mais uma vez.

Figura 3: (a) Amostra já quarteeada, pesada e com grãos menores,

(b) Apresentação de algumas peneiras



Fonte: O autor (2018).

Após a preparação do material para o ensaio, foi utilizado o agitador mecânico (peneirador eletromagnético) para realização do peneiramento (Figura). Em seguida, pesada e lavada cada amostra retida em cada peneira para obtenção dos dados quantitativos de materiais finos e grossos de solos.

Figura 4: (a) e (b) Introdução de solo às peneiras, (c) Realização do peneiramento, (d) Peneira de número #10 e fundo da peneira



Fonte: O autor (2018).

As amostras após a separação dos diferentes tamanhos dos grãos do agregado, lavada e secada em estufa, mostrou uma perda de quase 60% da sua composição. Podemos analisar através da comparação da tabela antes (tabela 1) e depois da lavagem (tabela 2), resultados esses das médias das duas repetições do processo.

Tabela 1: Composição granulométrica: Antes da lavagem

Peneira (mesh)	Abertura (microm)	Massa retida (g)	% retida Simples	% retida Acumulada	% passante Acumulada
10	419	70,14	14,03	14,03	85,97
40	296	148,32	29,66	43,69	56,31
100	148	146,51	29,30	72,99	27,01
200	74	62,16	12,43	85,43	14,57
FUNDOS		72,87	14,57	100,00	0,00
TOTAL		500	100,00	-	-

Fonte: O autor (2018).

Figura 5: (a) e (b) Lavagem das amostras, (c) Amostra pesada em estado úmida, (d) secagem de amostra em estufa



Fonte: O autor (2018).

Após a lavagem do material, levando a redução de volume, os dados da tabela 1 passaram a ser o da tabela 2, ao final do processo, com todos os valores obtidos de cada peneira, definem-se os percentuais de material retido e acumulado com o cálculo da planilha de composição granulométrica.

Tabela 2: Composição granulométrica: Após a lavagem

Peneira (mesh)	Abertura (microm)	Massa retida (g)	% retida Simples	% retida Acumulada	% passante Acumulada
10	419	2,38	1,24	1,24	98,76
40	296	79,96	41,73	42,97	57,03
100	148	105,26	54,93	97,91	2,09
200	74	1	0,52	98,43	1,57
FUNDOS		3,01	1,57	100,00	0,00
TOTAL		191,61	100,00	-	-

Fonte: O autor (2018).

3.5.2 Resultados dos ensaios da amostra de solo do estudo de caso

Após a realização dos ensaios de caracterização da amostra de solo onde foi determinada a granulometria e a porcentagem, segue-se para os ensaios para determinar o teor de plasticidade do solo e sua umidade ótima.

3.6 Limites de Atterberg

3.6.1 Limites de plasticidade

É preparada uma pasta com o solo que passa na peneira #40, enrolando com a palma da mão em formato cilíndrico numa placa de vidro esmerilhado até alcançar o diâmetro de 3 mm (espessura de uma carga de caneta como demonstra na figura 6), quando o cilindro romper ou apresentar fissuras, é pesado e reservado o material para determinar sua umidade, repete-se pelo menos cinco vezes, o limite de plasticidade será a média dos teores de umidade das amostras.

Figura 6: (a) ensaio no vidro esmerilhado (b) amostras do ensaio na estufa



(a)



(b)

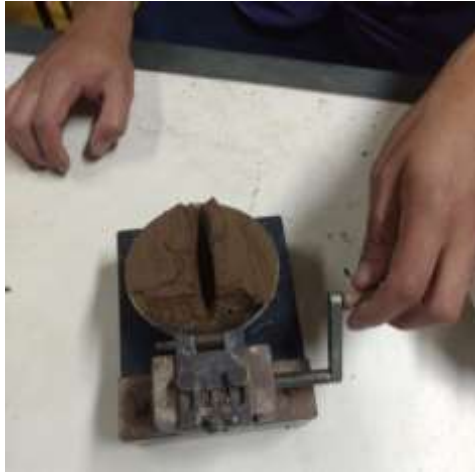
Fonte: O autor (2018).

3.6.2 Limite de liquidez

Colocou-se na concha do aparelho de Casagrande uma pasta do solo preparada com o material passante da peneira #40, com o cinzel fez-se o sulco no centro da pasta, ao girar a manivela foram contados os números de golpes até o sulco se fechar, é retirada uma amostra do meio da concha, pesada úmida e seca, repetiu-se 5 vezes e após seca em estufa determinou-se o valor de liquidez do solo para 25 golpes, figura 7.

Figura 715: (a) Pasta de solo no aparelho

(b) Aplicação dos golpes



Fonte: O autor (2018).

3.6.3 Resultados

A partir dos resultados obtidos nos ensaios foi elaborada a tabela 2 de dados dos limites de liquidez e de plasticidade e foram elaborados os cálculos na planilha para resultados finais na tabela 3.

Tabela 3: Resultados do ensaio de caracterização da amostra

Limites de liquidez (g*)				Limites de plasticidade (g*)	
Tara	T1	T2	T3	T1	T2
Nº de olpes	27	21	25	-	-
Peso da tara	12,54	12,46	13,56	12,48	12,82
Tara + solo	59,83	62,43	38,9	15,83	15,75
Tara + solo seco	49,12	50,88	32,77	15,14	15,16
Pw	10,71	11,55	6,13	0,69	0,59
Os	36,58	38,42	19,21	2,66	2,34
W%	29,28	30,06	31,91	25,94	25,21
Resultados	31,91%			25,58%	

Fonte: O autor (2018).

Tabela 4: Resultados dos limites de Atterberg do estudo de caso

LIMITE LIQUIDO:	31,91%
LIMITE PLASTICO:	25,58 %
INDICE DE PLASTICIDADE:	6,33%

Fonte: O autor (2018).

3.6.4 Índices: índice de plasticidade e consistência

O índice de plasticidade e o índice de consistência são determinados a partir do cálculo de número de golpes versus $W\%$ (figura 8), que determina o limite de liquidez – que é a umidade ótima do solo –, e foi feito o cálculo do índice de consistência através dos resultados dos LL e LP, com valor de 4,84 se mostrando um material de consistência dura.

* peso em gramas, exceto para os golpes do aparelho Casagrande.

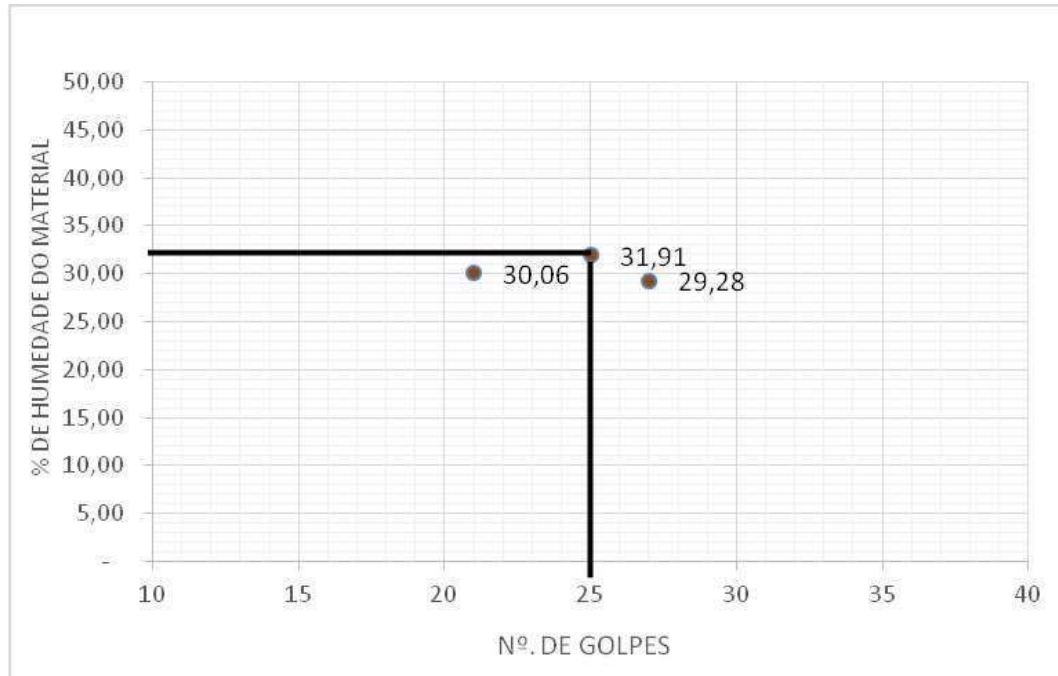


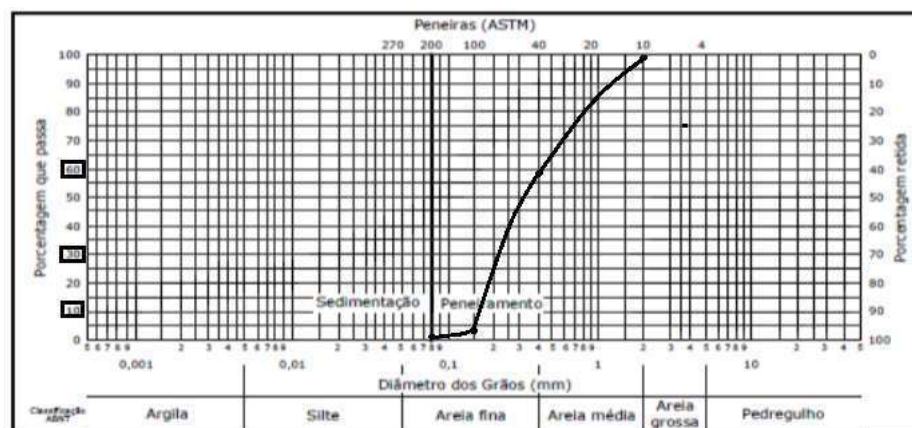
Figura 8: Resultados dos números de golpes pela umidade ótima do estudo de caso **Fonte:** O autor (2018).

3.6.5 Curva granulométrica e proposta de solução individual e coletiva

Para criar o gráfico da curva granulométrica foi utilizado o percentual retido acumulado em relação à coluna de abertura das peneiras como eixo x e a porcentagem passante do material como eixo y. Sendo módulo de finura obtido pela soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras e dividindo o somatório por cem.

O resultado da curva do material da amostra de solo apresenta a quantidade de finos que se desgrudam do material granular maior, assim permitindo uma análise mais confiável Figura 9.

Figura 9: Curva de distribuição granulométrica
Os coeficientes de uniformidade do material lavado são os seguintes:



Fonte: O autor (2018).

- Coeficiente de não Uniformidade:

$$CNU = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,49}{0,18} = 2,72$$

Ou seja, por ser um solo que apresenta $C_u < 5$ logo é denominado uniforme.

- Coeficiente de Conformidade:

$$CC = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0,23)^2}{0,18 \times 0,49} = 0,59$$

Para um solo bem graduado, o valor do coeficiente de curvatura (CC), deverá estar entre 1 e 3.

Através dos resultados da análise granulométrica conclui-se que é um material 40% arenoso e 60% siltoso, por isso, tem um comportamento não drenado, ou seja, a coesão aparente (sucção) do solo é muito maior, gerando uma saturação no solo. Possui uma consistência dura, ligeiramente plástico (não muito plástico), um material que necessita de proteção contra infiltração para evitar a sucção que baixa a resistência pelo preenchimento dos vazios podendo gerar o rompimento do talude.

Recomenda-se para esse talude do estudo de caso um plantio de gramas para evitar essa infiltração no solo, através de precipitações, sumidouros irregulares, esgotos que possa saturar o solo, o fazendo romper. Porém, o mais ideal seria o concreto projetado verde que impermeabilizaria toda a encosta trazendo mais segurança. Para a prevenção individual aonde foi coletada a amostra, o ideal para aquele corte a quase 90° seria uma parede de contenção.

4 Conclusões

Conclui-se com o presente trabalho que após a observação de um corte irregular no local da encosta da Rua Maria do Céu, com movimentação de massa de solo residual que constitui a encosta. A partir das características do solo residual, que supõe-se em condição não saturada e entendeu-se que é um solo com muita coesão aparente (sucção) gerando a saturação a partir de águas pluviais. Os dados obtidos por meio de caracterização do solo nos mostram um solo formado por aproximadamente 60% matéria orgânica, materiais finos, siltes e argilas e 40% de formação arenosa. Observou-se a necessidade de uma impermeabilização do solo ou um sistema de drenagem para captação de águas pluviais com um sistema de aproveitamento de água pluviais em contextualização com a NBR 15527/2007 – Águas de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis –, para o intuito de diminuir a saturação de água no solo aumentando e/ou mantendo a coesão necessária da encosta e ainda aproveitar essa água para gerar uma redução de custo para a cidade de uma maneira ecologicamente sustentável. Mostra-se a importância de um estudo mais aprofundado em relação a construções em encostas, principalmente aos riscos fatais, econômicos e ambientais irreparáveis. A falta de interesse público em dados técnicos impossibilitou a progressão desse estudo, visto que far-se-ia necessários ensaios de cisalhamento direto, o estudo dos parâmetros de resistência do maciço, sondagens, entre outros recursos fundamentais para uma apresentação mais precisa para melhor atender essa política pública que, recursos como esses ainda são muito limitados para fins acadêmicos e/ou em prol da sociedade.

5 Referências Bibliográficas

- ABNT (2019) Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7188. Análise Granulométrica
- Gerscovich DMS (2012) Estabilidade de Taludes, Ed. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil
- Moliterno A (1997) Caderno de muros de arrimo. São Paulo: Edgard Blucher, 1980