

## **CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E GEOTÉCNICA DE UM PERFIL DE SOLO NA SERRA DO MAR EM SANTOS (SP)**

Lidiane Carlos Nogueira<sup>1\*</sup>, Francisco Sérgio Bernardes Ladeira<sup>2</sup>, Carolina Verbicaro Perdomo<sup>3</sup>, Estefano Seneme Gobbi<sup>4</sup>, Miriam Gonçalves Miguel

1\*. Estudante do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG - UNICAMP)

2. Professor Doutor. do IG – UNICAMP – Departamento de Geografia/Orientador

3. Doutoranda, MSc do IG – UNICAMP – Departamento de Geografia

4. Professor Doutor da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC - CAMPINAS) – Departamento de Geografia

5. Professora Associada da Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura da Universidade Estadual de Campinas (FEC – UNICAMP) – Departamento de Geotecnia e Transportes

### **Resumo**

A Serra do Mar, a partir de sua heterogeneidade geológica, geomorfológica e geotécnica sofre recorrentemente a incidência dos Movimentos Gravitacionais de Massa, sendo o escorregamento a forma mais comum na dinâmica brasileira, beneficiado principalmente pelos altos índices pluviométricos registrados na região. Sendo assim, este trabalho apresenta uma caracterização física e geotécnica de amostras retiradas de 6 horizontes (A, Bt1, Bt2, C1, C2 e C3) localizados em uma vertente declivosa na Serra do Mar, no Município de Santos, de forma a compreender os processos que poderiam levar a instabilização da encosta, a partir dos ensaios de granulometria com e sem defloculante, umidade, massa específica natural, massa específica dos sólidos e limites de consistência. Os resultados indicaram a microagregação das partículas finas (argila) em todos os horizontes que condicionam este solo a características mais próximas ao silto-arenoso. Isto consequentemente poderá levar a uma melhor permeabilidade da água entre os horizontes, diminuindo a probabilidade dos escorregamentos nesta região em questão.

### **Palavras-chave:**

Escorregamentos; Movimentos Gravitacionais de Massa; Estabilidade de Encostas.

**Apoio financeiro:** Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

**Trabalho selecionado para a JNIC:** UNICAMP

### **Introdução**

Os Movimentos Gravitacionais de Massa são processos naturais de evolução da paisagem que interferem na estabilidade da encosta. O escorregamento é a forma mais comum no cenário nacional e é beneficiado principalmente por eventos de alta pluviosidade, caracterizado pelo desprendimento da encosta em um movimento em direção ao sopé da vertente, carregando consigo todo o material encontrado nesta. Em muitos casos pontes, estradas ou residenciais encontradas nas áreas de incidência destes fenômenos são destruídas, chamando a atenção da sociedade para que possíveis medidas preventivas sejam geradas, minimizando os possíveis danos e riscos à população.

A Serra do Mar, em especial, possui uma incidência pluviométrica entre 2.000mm a 2.500 mm no verão, tendo em vista o seu papel natural de barrar as chuvas que seguem da Planície Litorânea em direção ao Planalto Atlântico, o que faz dessa região um bom recorte para o entendimento dos escorregamentos. O Município de Santos, sendo o recorte escolhida para o desenvolvimento do presente trabalho e inserido na Serra do Mar, se localiza no litoral sul do Estado de São Paulo e desde 1928 com o evento que levou a destruição da Santa Casa de Misericórdia (GOBBI, 2017), detêm principalmente registros destes fenômenos na região.

Assim, através de uma caracterização física e geotécnica obtida através de amostras recolhidas de uma trincheira denominada 8 e localizada em uma vertente declivosa em Santos, relacionando os resultados desta caracterização com os processos que podem levar a incidência dos escorregamentos, através de ensaios de granulometria e limites de consistência (Attenberg), umidade, massa específica natural e dos sólidos, buscou-se encontrar e indicar os comportamentos do solo desta área que poderiam levar ao seu rompimento e consequentemente da vertente como um todo.

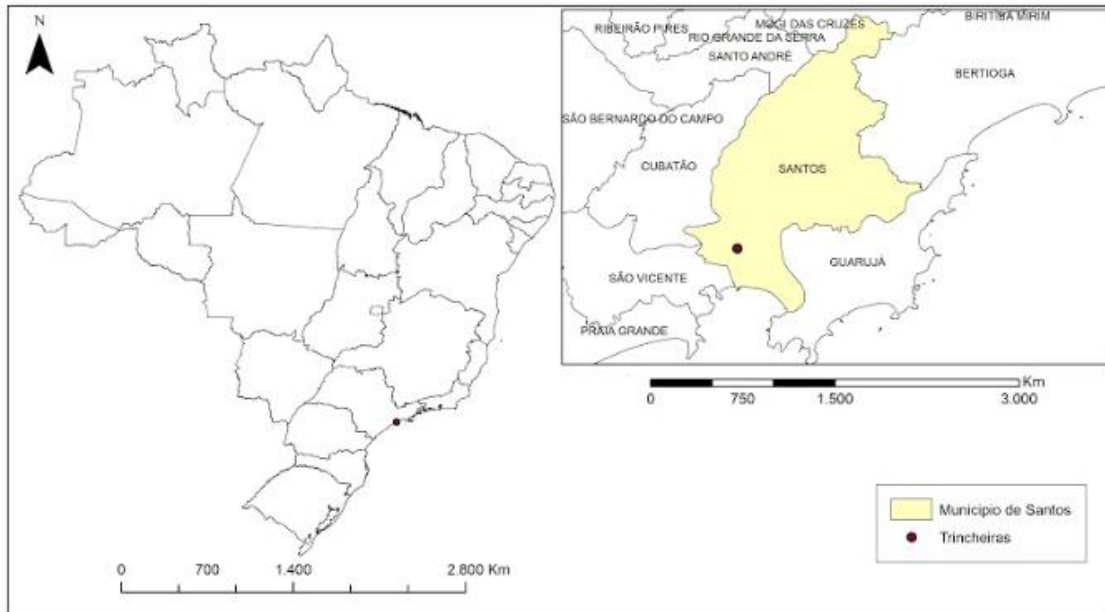
### **Metodologia**

A área escolhida para o recorte do presente projeto e abertura da trincheira de número 8, localiza-se no município de Santos, especificamente entre os morros de Saboó e Chico de Paulo. A Figura 1 permite a observação da localização da trincheira 8 em relação ao município de Santos, e, o Estado de São Paulo. Esta trincheira é integrante de um conjunto de 10 trincheiras abertas para dois projetos de doutorado e um de mestrado, além deste a nível de iniciação científica.

Esta área está inserida dentro da Serra do Mar (ZÜNDDT, 2006), em que há a incidência de eventos chuvosos de alta intensidade especialmente no verão, alcançando variações entre 2.000 mm a 2.500 mm (GOBBI, 2017, PERDOMO, 2018, BACCI et al, 2009). Segundo o IPT (1980), o clima está intimamente ligado a

deflagração dos escorregamentos, seja pela erosão hídrica, saturação do solo. Cabe ressaltar que a geologia, geomorfologia e variações climáticas na região também são fatores condicionantes destes eventos.

Mapa de Localização da Trincheira 8 no município de Santos



Elaborado por Lidiane Carlos Nogueira  
 Sistema UTM Zone 23 S  
 DATUM: Sirgas 2000  
 Fonte: IBGE, 2019  
 Campinas, 2019

Além disso, a defesa civil do município de Santos auxiliou tanto na abertura da trincheira 8, quanto na retirada de amostras deformadas e indeformadas dos 6 horizontes observados (A, Bt1, Bt2, C1, C2 e C3). As amostras deformadas foram submetidas aos ensaios para caracterização física do solo a partir da massa específica dos grãos (ABNT, 2016a/NBR 6458), limites de liquidez, plasticidade e contração (ABNT, 2016b/NBR 6459; ABNT, 2016c/NBR 7180 e ABNT, 1982/NBR 7183, respectivamente) e granulometria conjunta (ABNT, 2016d/NBR 7181) com e sem o uso de defloculante na fase de sedimentação. As amostras indeformadas foram utilizadas para os ensaios que envolviam os teores de umidade (ABNT, 2016f/NBR 6457) e massas específicas, por meio da cravação de anéis metálicos com massa e volume definidos (PERDOMO et al, 2018).

## Resultados e Discussão

Os resultados dos ensaios da caracterização das amostras de solo desta trincheira a partir dos limites de Attenberg, massa específica natural e dos sólidos, umidade e grau de saturação podem ser observadas na tabela 1.

Horizonte	@ (g/cm <sup>3</sup> )	@s (g/cm <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	LC (%)	IP (%)	w (%)
A	-	2,37	61,9	44,9	33,32	17	33,9
B1	1,74	2,75	59,8	36,3	18,54	23,5	28,5
B2	1,77	2,74	74	38,3	22,65	35,5	36,1
C1	1,87	2,77	40,9	28,1	21,67	12,8	20,6
C2	1,74	2,79	NP	NP	NP	NP	20
C3	1,72	2,80	NP	NP	NP	NP	19,4

Sendo: © – massa específica natural; ©s – massa específica dos grãos; LL – limite de liquidez; LP - limite de plasticidade; LC – limite de contração; IP – índice de plasticidade; w – teor de umidade; NP – não plástico; NO – ainda não obtido por falta de amostras.

Estes resultados primeiramente permitiram a observação de que o horizonte A possivelmente pela presença da matéria orgânica apresenta tanto os maiores valores para o LL e LP, quanto o menor IP. A sua umidade natural é uma das maiores dos 6 horizontes indicando a presença de materiais mais finos que consequentemente proporciona mais espaços a serem preenchidos pela água e ar.

Neste horizonte A, em particular, também notamos que a massa específica dos sólidos é uma das menores ( $2,37 \text{ g/cm}^3$ ) diferentemente do horizonte C3 que apresenta a maior com  $2,80 \text{ g/cm}^3$ . Isto acontece pois o horizonte C3 apresenta um material menos intemperizado e consequentemente mais pesado, enquanto o horizonte A sofre influência da matéria orgânica.

Além disso, os horizontes C2 e C3 não possuem plasticidade (NP) possivelmente pela insuficiência de materiais finos (como a argila) para que o ensaio fosse realizado. Isto consequentemente também interfere na umidade destes horizontes que acaba sendo as duas menores, pois quanto mais materiais grossos ou pesados os grãos que formarem o horizonte, menor a capacidade de retenção da água.

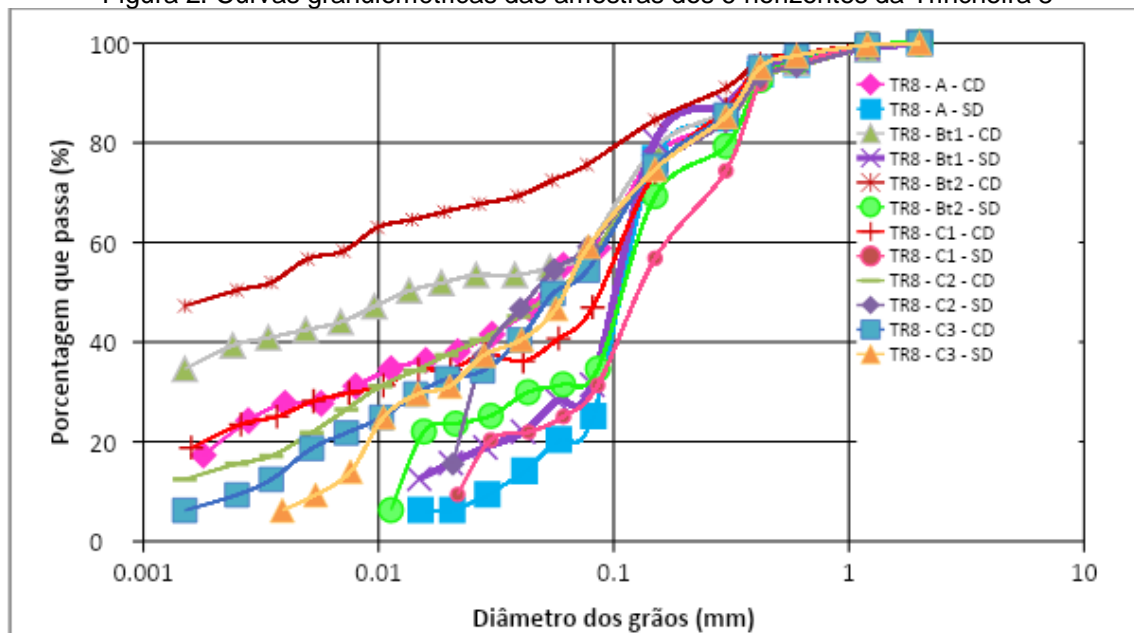
Outro resultado também encontrado é a relação entre a umidade e o LP. Em todos os horizontes, os valores de umidade se encontravam abaixo do LP, o que sugere que em campo este solo se encontrava em estado não plástico. O horizonte C1 neste quesito se destaca nesta relação entre os demais, por apresentar o menor valor, indicando possivelmente uma maior seleção de grãos. Além disso, o valor encontrado para LL neste horizonte também é o menor dentre os outros, novamente indicando a influência granulométrica nos resultados encontrados.

Dessa forma, por sua composição ser caracterizada em grãos mais grossos, a parcela de água para que ocorra uma mudança de estado físico também será menor, sendo a capacidade deste solo de se contrair e expandir a menor de todos os horizontes estudados. Isto consequentemente favorecerá a permeabilidade da água neste horizonte (PERDOMO, 2010).

A partir da granulometria com e sem a adição do defloculante hexametáfosfato de sódio foi possível observar a composição granulométrica de todos os horizontes desta trincheira. Inicialmente o que se observou foi que sem a presença do defloculante todos os horizontes não apresentavam a fração argila em sua composição, indicando que em campo ela se encontrava em estado microagregado, levando-as a um comportamento mais próximo ao siltoso ou arenoso (CORÁ, 2009), resultado da união das partículas mais finas que formarão partículas mais grossas e favoreceram uma infiltração mais satisfatória.

Entretanto, ao ser adicionado, o defloculante demonstra a presença da argila em porcentagens diferentes em todos os horizontes, especialmente no horizonte Bt2 que apresenta a maior porcentagem dentre os demais como pode ser observado na figura 2.

Figura 2. Curvas granulométricas das amostras dos 6 horizontes da Trincheira 8



Sendo: CD - com adição do defloculante e SD - sem a adição do defloculante

## Conclusões

Os resultados obtidos a partir de uma caracterização física e geotécnica das amostras recolhidas de 6 horizontes (A, Bt1, Bt2, C1, C2 e C3) da trincheira de número 8 aberta na vertente da encosta da Serra do Mar indicou a presença de microagregação da argila, levando este solo a um comportamento mais próximo ao arenosiltoso, contribuindo para que a drenagem da água entre os horizontes seja mais satisfatória, diminuindo assim

a incidência de escorregamentos.

Além disso, a partir da granulometria com a adição do defloculante, foi possível observar a real porcentagem granulométrica em cada um dos horizontes, indicando também os diferentes comportamentos deste solo em relação a mudança do seu estado (semi-sólido-plástico-líquido), de forma que aqueles horizontes com maiores porcentagens de materiais finos (argila) serão aqueles que necessitaram de uma maior quantidade de água para mudar de estado.

Por isto cada vez mais são necessários estudos que colaborem para a compreensão do comportamento do solo frente a eventos de saturação do solo, como este a partir das características granulométricas observadas individualmente ou não em cada horizonte, construindo um levantamento informacional sobre os condicionantes dos escorregamentos. Estudos de permeabilidade estão previstos para estas amostras contribuindo ainda mais para o entendimento destes fenômenos nessa região.

### Referências bibliográficas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - Determinação da Massa Específica dos Grãos. NBR 6458. 2016a.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - Determinação do Limite de Liquidez. NBR 6459. 2016b
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - Determinação do Limite de Plasticidade. NBR 7180. 2016c
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - Determinação do Limite de Contração. NBR 7183. 1982.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - Análise Granulométrica. NBR 7181. 2016d.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - Amostras de Solos - Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização. NBR 6457. 2016e.
- BACCI, P. H. M.; OLIVEIRA R. C.; GIGLIOTTI, M. S. DIAS, R. L. 2009. Caracterização Física da paisagem através da análise morfométrica e morfológica visando o estudo da fragilidade ambiental do município de Santos-SP. 04/2009, 12º Encuentro de Geógrafos da América Latina - caminando en una América Latina en transformación, Vol. 1, Montevideo, Uruguai. p.1-15
- CORÁ, JOSE EDUARDO et al. Adição de areia para dispersão de solos na análise granulométrica. Rev. Bras. Ciênc. Solo. Vol,33 No.2. Viçosa. Mar-Abr. 2009
- FERNANDES, N. F., AMARAL, C. P. 1996. Movimentos de Massa: Uma abordagem Geológico-Geomorfológica. In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Guerra, A J. T., Cunha, S. B. Bertrand Brasil.
- GOBBI, E. S. 2017. Caracterização do Manto Intempérico e Morros Residuais de Santos SP: subsídios para a compreensão de movimentos de massa. Campinas. Qualificação de doutorado/UNICAMP/IG.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. 1980. Carta Geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente: Condicionantes do Meio Físico para o Planejamento da Ocupação Urbana. São Paulo. 31p.
- PERDOMO, C. V. 2010. Influência das Propriedades Físico-Mecânicas e Hídricas do solo na Susceptibilidade a Escorregamentos em Vertente Declivosa na Serra do Mar em Ubatuba, São Paulo. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Instituto de Geociências. Pós-Graduação em Geografia. Análise Ambiental e Dinâmica Territorial. Campinas.
- PERDOMO, C. V. 2018. Análise Físico-Hídrica e geotécnica do solo de uma encosta de Santos: subsídio para análise de instabilidade da encosta. Universidade Estadual de Campinas - Unicamp. Instituto de Geociências. Qualificação de doutorado.
- ZÜNDT, C. 2006. Baixada Santista: uso, expansão e ocupação do solo, estruturação de rede urbana regional e metropolização. Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação. Campinas: Núcleo de Estudos de População/Unicamp.