

ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SOLO DE SOLEDADE COM RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DE ÁGATA

SOIL PARTICLE SIZE STABILIZATION OF SOLEDADE WITH AGATA BENEFICIENCY WASTE

Camila Miotto da Silva¹, Maciel Donato²

¹ Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, BR 285, Bairro São José, 99001-970 - Passo Fundo – RS – Brasil. E-mail: 86791@upf.br

² Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, BR 285, Bairro São José, 99001-970 - Passo Fundo – RS – Brasil. E-mail: mdonato@upf.br

RESUMO

Com o passar dos anos, as obras de engenharia tiveram que evoluir constantemente, desenvolvendo novas técnicas construtivas, bem como a utilização de materiais sustentáveis. Uma técnica bastante conhecida que busca uma maior vida útil ao projeto é a estabilização granulométrica do solo. Ela tem por finalidade melhorar as propriedades mecânicas do solo. Se substituírmos o material granular pelo resíduo proveniente da extração e processamento de gemas preciosas do município de Soledade/RS, estaremos promovendo, assim, um manejo e disposição adequada para esses materiais residuais, que hoje se encontram estocados nos pátios das empresas, ocasionando danos ambientais. As vantagens desta técnica para melhoramento do solo do município de Soledade/RS foram estudadas em laboratório, através dos dados obtidos dos ensaios do Índice de Suporte Califórnia – ISC, mais conhecido como ensaio de CBR. Foram realizados ensaios do solo natural do município para comparar com a amostra de solo resíduo. Os resultados apresentaram um aumento de resistência mecânica de 129% se utilizado o resíduo para estabilização granulométrica.

Palavras-chave: Estabilização granulométrica, resíduos, solo.

ABSTRACT

Over the years, the engineering works have evolved constantly, developing new constructive techniques, as well as the use of sustainable materials. A well-known technique that seeks a longer useful life to the project is a soil particle size stabilization. It is intended to improve the mechanical properties of the soil. If we substitute the granular material for the waste coming from the extraction and from the processing of precious gems of the city of Soledade / RS, we are promoting, therefore, a manual and adequate disposal for these residual materials that today are stocked in the courtyards of the companies, causing environmental damages. The benefits of this technique for soil improvement in the city of Soledade/ RS were studied in the laboratory, through the data from the California Compatibility Index (ISC), better known as the CBR test. It was performed natural soil tests of the city to compare with a sample of soil residue. The results presented an increase of mechanical strength of 129% if were used to generate grain size residues.

Keywords: Particle size stabilization, waste, soil.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o país presenciou um expressivo crescimento em todos os setores da economia. Em termos de engenharia, grandes obras tanto de infraestrutura como habitacionais foram construídas. A demanda por extração desordenada de matéria-prima e em consequência a geração de resíduos, vieram antemão a todo esse desenvolvimento.

Hoje sabe-se que em grandes empresas de diferentes setores, precisam ter um plano de reciclagem ou uma destinação correta dos resíduos gerados pelos seus processos de fabricação para

garantirem sua certificação da ISO. Mesmo destinando em locais apropriados, existem muitos resíduos com um grande potencial de reutilização, que evitariam problemas ambientais e econômicos.

Um resíduo industrial que nos últimos anos vem sendo muito estudado e obtendo resultados satisfatórios, é o resíduo de pedra ágata resultante da rolagem de pedras preciosas do município de Soledade no estado do Rio Grande do Sul. Dalla Rosa *et al.* (2014), construíram um trecho experimental junto ao CT Pedras em Soledade, para analisar a viabilidade técnica da aplicação do resíduo da rolagem de pedras preciosas para pavimentação. Para compor a camada de base do pavimento, utilizarão uma mistura resíduo/cal. A mistura apresentou valores elevados de resistência a compressão simples.

Sabe-se que o investimento que um município possui em obras de estradas é alto, e muitas vezes não possuem verba suficiente para realizar tais obras. Seguindo nessa linha, uma opção para resolver o problema do Resíduo gerado pela indústria do município de Soledade é utilizar o mesmo para a estabilização granulométrica do solo para pavimentação de baixo custo.

Segundo Nogami & Villibor (2009), para denominar um pavimento como baixo custo o mesmo deve possuir bases de solos locais *in natura* e trânsito de leve a médio porte. Caso possua misturas os custos precisam ser inferiores às bases tradicionais como, brita graduada, solo-cimento, macadame hidráulico ou macadame betuminoso. Para os autores, estradas vicinais, pátios de estacionamentos e vias urbanas são alguns exemplos de pavimentação de baixo custo.

Esta pesquisa tem por objetivo analisar a viabilidade técnica da estabilização granulométrica produzidas com o solo do município de Soledade e o resíduo de rolagem de pedras preciosas, através de ensaios de CBR, para medir o Índice de Suporte Califórnia (ISC). O ganho com esse estudo é a utilização do resíduo como um novo material para obras de engenharia, garantindo uma destinação correta e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiais

O solo estudado foi proveniente de uma jazida junto ao CT Pedras do município de Soledade/RS, na época se encontrava estocado adequadamente no CETEC da UPF.

O resíduo utilizado na pesquisa como material estabilizante é oriundo do processo de rolagem de pedras preciosas e concedido de empresas do setor de gemas e joias do município de Soledade/RS. O resíduo em seu estado original foi peneirado e utilizado o material passante na peneira #3/8 (9,50 mm). O material foi caracterizado por Baruffi (2017) onde foi classificado como areia siltosa, com massa específica aparente seca de 1,91 g/cm³ e umidade ótima de 11,29%. Na Figura 1 é apresentada uma amostra do resíduo e na Figura 2 a sua distribuição granulométrica.



Figura 1 - Amostra peneirada do resíduo de beneficiamento de Ágata.

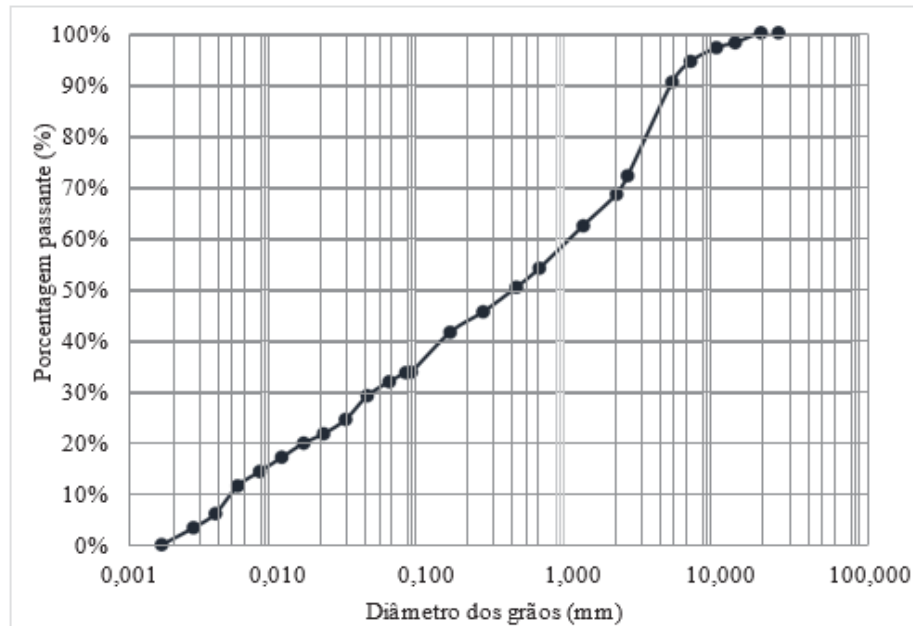


Figura 2 - Distribuição granulométrica do resíduo.

2.2. Métodos

Todos os procedimentos referentes à caracterização dos materiais, preparo e ensaios foram realizados no Laboratório de Geotecnia da Universidade de Passo Fundo, sempre seguindo a normatização técnica.

No momento da pesquisa não se tinha conhecimento dos dados do solo do município de Soledade/RS, portanto houve a necessidade da realização de ensaios para caracterização geotécnica. Foi realizada ensaio de sedimentação e peneiramento fino conforme a norma NBR 7181 (1984) que expressa em forma de porcentagem o tamanho dos grãos. Foi realizado ensaio do peso específico do solo conforme a norma NBR 6508 (1984). Para obtenção do Limite de Liquidez e Plasticidade do solo, foi seguido conforme as normas NBR 6459 (1984) e NBR 7180 (1988), respectivamente. O ensaio permite determinar os limites de consistência do solo. No ensaio de LL o resultado é o valor da umidade no qual o solo passa de estado líquido para o estado plástico. Foi utilizado o aparelho de Casagrande no qual resulta no teor de umidade que, com 25 golpes, rompe o talude. Com a mesma amostra de solo, posteriormente, foi realizado o ensaio de LP, que resulta no valor da umidade na qual o solo passa do estado plástico para o estado semi-sólido. Quando os moldes que foram enrolados em bastões começam a se quebrar, é o ponto onde o menor teor de umidade que o solo se comporta plasticamente.

Para realizar a mistura solo resíduo, foi utilizado a faixa granulométrica III da especificação técnica do Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo titulado Sub-base ou base solo brita, onde os valores se aproximam muito da norma DNIT 141/2010 – ES Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço. Para obter a porcentagem de cada material da mistura, foi realizado um novo peneiramento utilizando somente as peneiras da faixa adotada. Na Figura 3 é apresentado as faixas granulométricas da especificação técnica.

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando					Tolerância
ASTM	mm	I	II	III	IV	V	
1"	25,4	100					
3/4"	19,0	-	100	100	100	100	
3/8"	9,5	30 – 65	50 – 85	60 – 100	-	-	± 7
n° 4	4,8	25 – 55	35 – 65	50 – 85	55 – 100	70 – 100	± 5
n° 10	2,0	15 – 40	25 – 50	40 – 70	40 – 100	55 – 100	± 5
n° 40	0,42	8 – 20	15 – 30	20 – 50	20 – 55	30 – 70	± 5
n° 200	0,075	2 – 8	5 – 20	7 – 20	8 – 25	10 – 25	± 2

Figura 3 - Faixas granulométricas.

Foi realizado ensaio de compactação do solo conforme a norma NBR 7182 (1986) para obter-se o teor de umidade ótima e a massa específica aparente seca, dados importantes para a moldagem posterior dos CBR. A compactação foi realizada por proctor na Energia normal, com cilindros pequenos e 3 camadas de material com 26 golpes por camada.

Foram realizados 3 ensaios de CBR para o solo normal e mais 3 para a mistura solo resíduo com o intuito de comparar os valores resultantes. O esforço de compactação foi o normal, 5 camadas de material com 12 golpes cada, utilizando o soquete grande. Para a confecção dos CBR foram adicionadas as quantidades de água conforme umidade ótima dos ensaios de proctor. Após a realização dos 6 CBR os corpos de prova foram colocados submersos na água durante 96 horas para medir a expansão do solo e da mistura durante o período de saturação. O ensaio vai expressar a relação entre a resistência à penetração de um cilindro padronizado numa amostra do solo compactado e a mesma resistência do mesmo cilindro em uma pedra britada padronizada.

Em ambos os ensaios, proctor e CBR, da mistura solo resíduo, utilizou-se as porcentagens de cada material obtidas da curva granulométrica da mistura. Na Figura 4 mostra a preparação da mistura para os ensaios.



Figura 4 - Preparação da amostra solo resíduo.

Para os ensaios de compactação e caracterização foi preparado as amostras de solo conforme a norma NBR 6457.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O solo do município de Soledade/RS apresentou uma massa específica real de $2,44\text{g/cm}^3$, Limite de Liquidez de 52,44%, Limite de Plasticidade de 39,28% e o Índice de Plasticidade de 13,16%. A composição granulométrica é ilustrada na Figura 5 abaixo, onde resultou em 79,98% de Argila, 10,76% de Silte, 7,68% de Areia Fina e 1,59% de Areia Média.

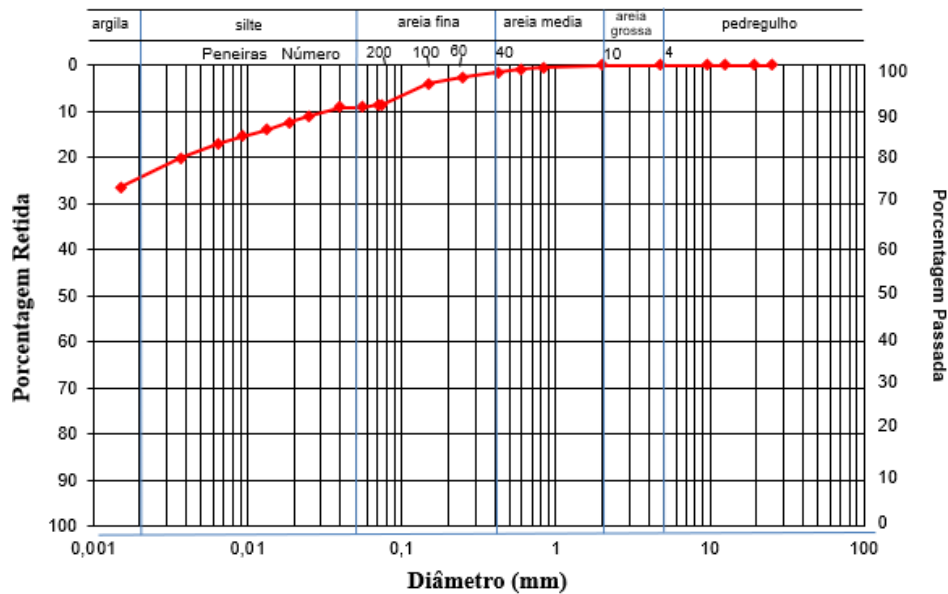


Figura 5 - Distribuição granulométrica do solo.

Para realizar a estabilização granulométrica, foi necessário que ambos os materiais se enquadrassem na faixa granulométrica definida, resultando em 58% de Resíduo e 42% de solo, essas porcentagens foram importantes para a realização dos ensaios de proctor e CBR. A Figura 6 apresenta a curva granulométrica do solo resíduo dentro da faixa de trabalho escolhida.

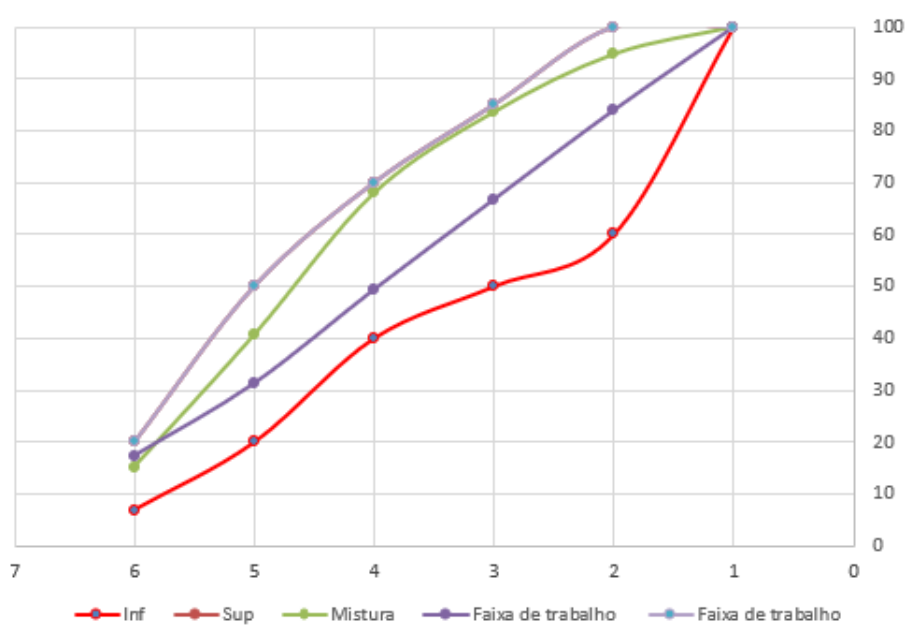


Figura 6 - Granulometria solo resíduo.

No ensaio de Proctor do solo de Soledade resultou em uma umidade ótima de 29,60% e uma massa específica aparente seca de 1,38g/cm³. Já no ensaio de Proctor do solo resíduo, resultou em uma umidade ótima de 19,60% e uma massa específica aparente seca de 1,699g/cm³.

Nos ensaios de CBR do solo e do solo resíduo obteve-se os resultados de, respectivamente, Densidade Aparente Seca 1,375 g/cm³ e 1,612 g/cm³, I.S.C 6,38% e 14,60% e por fim uma Expansão de 0,24% e 0,22%. A Figura 7 apresenta a curva de pressão dos dois materiais, primeiro da mistura solo resíduo e o segundo solo.

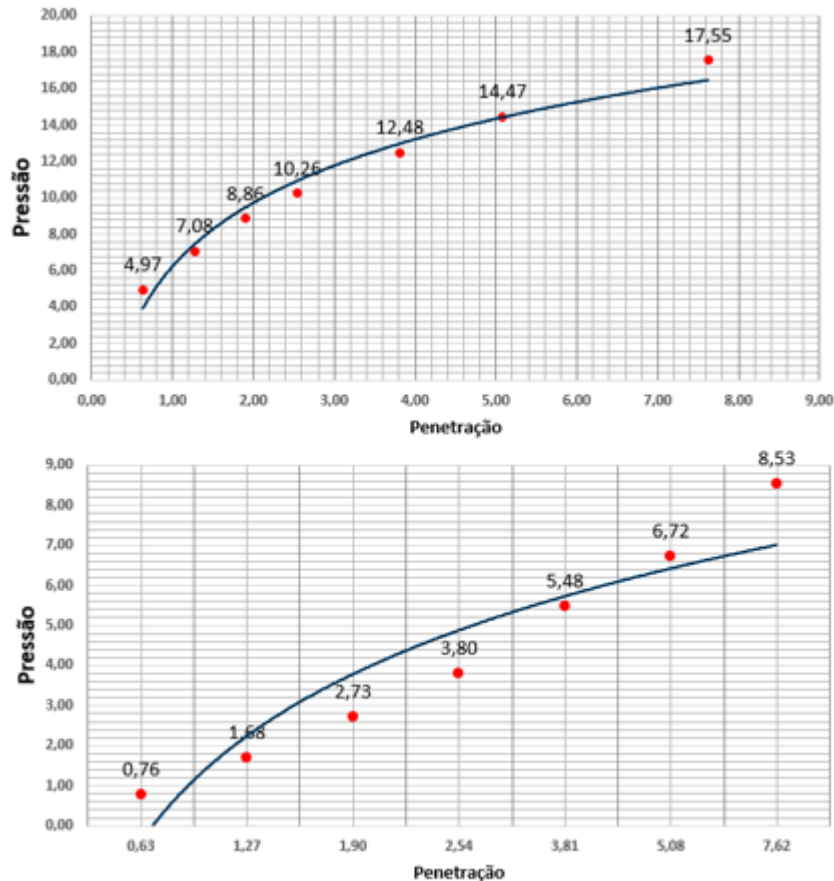


Figura 7 - Curva de Penetração da mistura solo resíduo e curva de Penetração do solo.

4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa trata-se de um estudo experimental, que buscou estudar em laboratório a viabilidade técnica da estabilização granulométrica produzidas com o solo e o resíduo de rolagem de pedras preciosas, provenientes do município de Soledade/RS.

A Expansão do corpo de prova do solo de 0,24% e do corpo de prova do solo com resíduo de 0,22%, para a proposta de utilizar o material para Reforço do subleito, está dentro do recomendado pelo DAER, que é uma expansão de no máximo 1%.

Com os resultados dos ensaios de CBR, onde o solo apresentou um valor de I.S.C de 6,38%, e da mistura solo com resíduo um valor de I.S.C de 14,60%, concluímos que a estabilização granulométrica que foi feita no solo tem grandes ganhos de suporte e resistência.

Portanto, houve sim uma viabilidade técnica da utilização do resíduo de rolagem de pedras preciosas quando inserido como material para estabilização granulométrica do solo, uma vez que o aumento da resistência mecânica foi de 129%.

5. REFERÊNCIAS

- _____. **NBR 6459:** Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. **NBR6508:** Grãos de Solos que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. **NBR 7180:** Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1988.
- _____. **NBR 7181:** Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. **NBR 7182:** Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1986.
- _____. **NBR 6457:** Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
- BARUFFI, A. Comportamento mecânico de Geocélulas preenchidas com resíduos de pedras preciosas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.
- CTPEDRAS. CENTRO TECNOLÓGICO DE PEDRAS, GEMAS E JOIAS DO RIO GRANDE DO SUL. Home Page. 2005. Disponível em: <[http:// http://ctpedras.upf.br/homepage](http://ctpedras.upf.br/homepage)> Acesso em: Agosto, 2018.
- DALLA ROSA, F.; THOMÉ, A.; DONATO, M. Análise da viabilidade técnica da aplicação do resíduo da rolagem de pedras preciosas em estruturas de pavimentos urbanos. **Tecnologia e Inovação em Gemas, Joias e Mineração**. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, p. 91-98, 2014.
- IPR. Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio. 2016. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dnit172_2016-me> Acesso em: Agosto, 2018.
- IPR. Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço. 2016. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dnit172_2016-me> Acesso em: Agosto, 2018.
- NAGOMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos. São Paulo: Editora Villibor, 195p., 2009.
- _____. Sub-base ou Base de Solo Brita. 2006. Disponível em: <[http:// ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-P00-006_A](http://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-P00-006_A)> Acesso em: Agosto, 2018.