

## DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UM SOLO ARGILOSO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE MARMORARIA

DANIELA HENKE<sup>1,2\*</sup>, MÁRCIO ANTÔNIO VENDRUSCOLO<sup>2,3</sup>

### 1 Introdução

Devido ao aquecimento da construção civil tem-se observado um aumento da demanda por rochas ornamentais, principalmente mármore e granitos (TEIXEIRA *et al.*, 2020), pois suas características de cor, brilho e textura agregam valor às construções em geral, sendo comumente utilizadas em revestimentos de pisos e bancadas.

Em vista disso, Moreira, Manhães e Holanda (2005) destacaram que antes destas rochas serem incorporadas aos ambientes, necessitam passar por processos de beneficiamento realizados nas marmorarias. Estes tratamentos culminam na geração do denominado resíduo de marmoraria (RDM), onde no país são gerados cerca de 800.000 t/ano (CHIODI, 1995), tornando-se um problema quando destinado de forma inadequada, sendo prejudicial principalmente ao meio ambiente (solo, ar, água, fauna e flora) e à saúde humana.

Sobretudo, há vários trabalhos de natureza científica que já utilizaram diversos tipos de resíduos resultantes de processos produtivos na estabilização de solos obtendo resultados satisfatórios, como por exemplo, resíduo de construção e demolição (PIVETTA, 2017). No entanto, há poucos trabalhos relacionados ao resíduo de mármore (ARAÚJO *et al.*, 2018).

Portanto, há um grande interesse em introduzir o RDM na cadeia produtiva novamente de uma maneira viável e sustentável de modo a reduzir o descarte inadequado e evitar assim prejuízo ambiental. Nesse sentido, o presente estudo visou incorporar o RDM em um solo compactado e artificialmente cimentado a fim de avaliar o comportamento mecânico.

### 2 Objetivos

#### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência mecânica de um solo argiloso

<sup>1</sup> Aluna do curso de graduação de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, danielahenkee@gmail.com

<sup>2</sup> Grupo de Pesquisa: Solos e Ambiente

<sup>3</sup> Professor Doutor do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, **Orientador**.

compactado com adição de resíduo de marmoraria e cimento.

## 2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar a granulometria do resíduo de marmoraria;
- b) Determinar as curvas de compactação para as misturas solo-resíduo; solo-cimento e solo-resíduo-cimento;
- c) Avaliar a influência da adição do resíduo de marmoraria e do cimento na resistência à compressão simples de amostras de solo compactado.

## 3 Metodologia

O solo utilizado nesta pesquisa foi um solo argiloso residual de basalto do tipo latossolo coletado na Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, cujos ensaios de caracterização foram realizados por Pivetta et al. (2017) e classificado como A-7-5 pelo sistema HRB. O resíduo foi obtido em uma marmoraria localizada no município de Cerro Largo-RS, sendo constituído de diversos tipos de rochas que passaram pelo processo de beneficiamento. Para a cimentação dos materiais foi utilizado o cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI).

Primeiramente realizou-se a determinação da granulometria do RDM seguindo as recomendações da NBR 7181/2016. Posteriormente realizaram-se os ensaios de compactação das diferentes misturas de solo, cimento e resíduo de acordo com a NBR 7182/2020. O teor de resíduo utilizado foi de 0%, 5%, 10% e 30%, enquanto que o teor de cimento foi de 0%, 3%, 5% e 7%. Para a determinação da resistência à compressão simples foram moldados corpos de prova cilíndricos de 5,0 cm de diâmetro e 10 cm de altura para as diversas misturas de solo-resíduo e solo-cimento-resíduo na umidade ótima e peso específico aparente seco máximo obtidos nos ensaios de compactação. Depois da moldagem os corpos de prova foram submetidos à ruptura numa prensa de compressão simples após um tempo de cura de 3, 7 e 14 dias seguindo as orientações da NBR 12.770/2022 e NBR 12.025/2012.

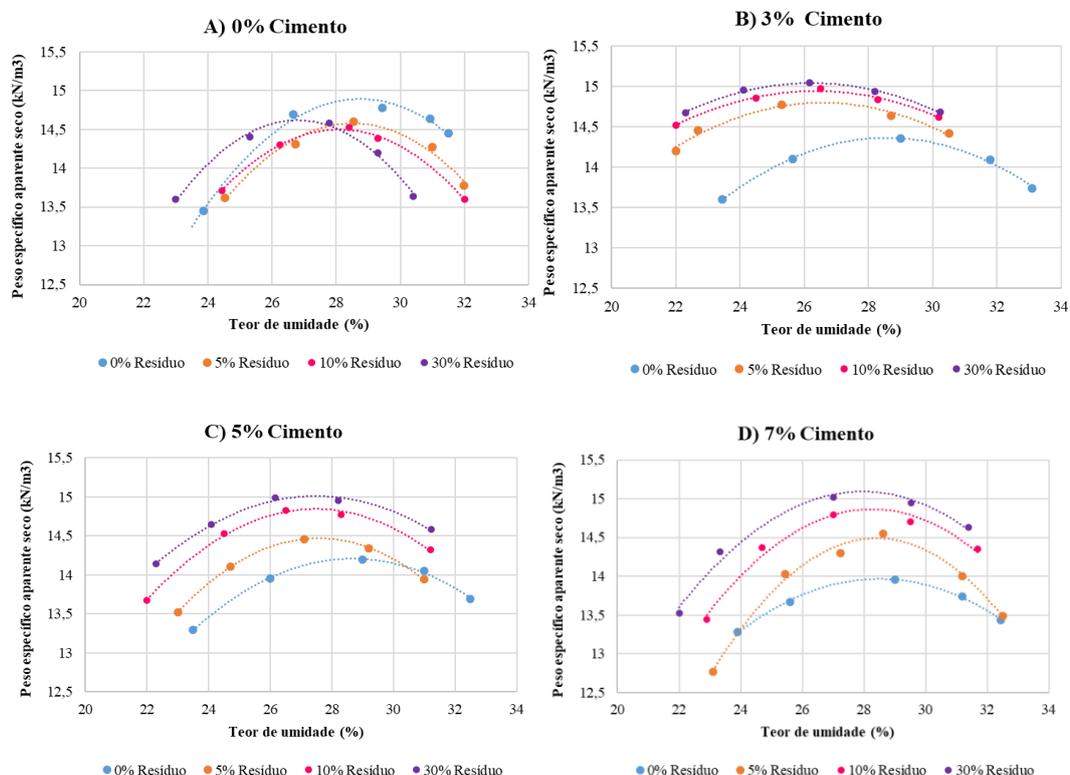
## 4 Resultados e Discussão

Após a análise granulométrica do RDM constatou-se que o resíduo é composto predominantemente por partículas finas passantes na peneira 200, sendo o restante composto por partículas da dimensão da areia fina, da areia grossa e do pedregulho fino.

Por meio dos ensaios de compactação pode-se evidenciar que com a adição de RDM ao solo não há uma alteração significativa na umidade ótima, por outro lado, o peso específico

aparente seco máximo tende a diminuir em relação ao solo sem adição do resíduo (Figura 1 (A)). Entretanto, para o material cimentado, o peso específico aparente seco máximo tende a aumentar com a adição do resíduo, acarretando também numa pequena redução na umidade ótima (Figura 1 (B) (C) (D)). A redução da umidade ótima ao adicionar-se cimento à mistura ocorre pela facilitação da interação entre as partículas, uma vez que o cimento diminui o atrito entre elas, fazendo com que seja necessária uma menor quantidade de água para atingir a umidade ótima.

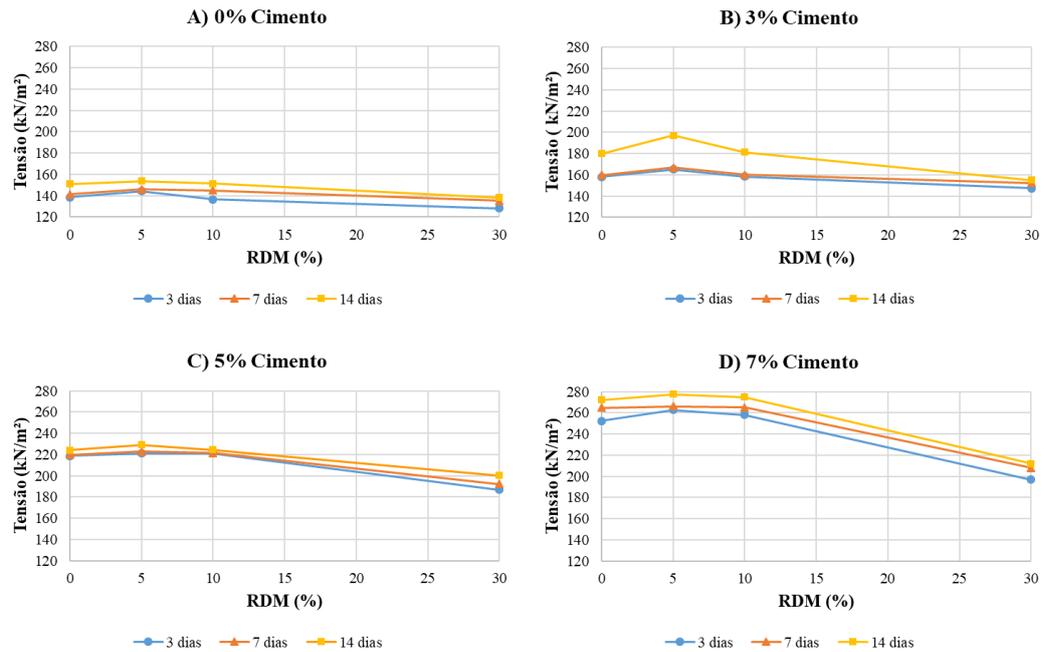
Figura 1- Curvas de compactação



Com a realização dos ensaios de compressão simples pode-se verificar um comportamento semelhante entre as curvas para os diferentes teores de cimento (Figura 2). Percebe-se que a resistência máxima ocorreu para uma adição de 5% de RDM, onde a partir do qual, houve uma queda da resistência. Isso comprova que o resíduo, mesmo para teores baixos, exerce uma grande influência no comportamento do solo argiloso. Consta-se também um crescimento da resistência com o tempo de cura, ocasionada principalmente pela adição do cimento, embora tenha ocorrido comportamento semelhante para o material não cimentado (Figura 2 (A)), que pode estar relacionado a algum problema no processo de cura considerando

que o resíduo não possui propriedades pozolânicas. Estudos realizados anteriormente indicaram que a adição máxima de resíduo deve ser de 16% quando houver uma concentração maior de mármore e de 40% quando houver uma concentração maior de granito (MELLO, 2006).

Figura 2 - Resultados da resistência à compressão simples



## 5 Conclusão

Portanto, pode-se concluir por meio dos resultados obtidos que se tem a possibilidade de introduzir o RDM para fins de melhoramento do comportamento mecânico do solo, sendo viável a sua introdução em diversos projetos de engenharia que tenham esse propósito. Nesse sentido, culminando em uma destinação mais adequada e sustentável ao RDM, evitando por vezes prejuízos ambientais e à saúde humana.

## Referências Bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo: Análise granulométrica. Rio de Janeiro. 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo: Ensaio de compactação. Rio de Janeiro. 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12025**: Solo-Cimento-Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos-Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro. 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12770**: Solo: Determinação da resistência não confinada de solo coesivo. Rio de Janeiro. 2022.

ARAÚJO, M. L. *et al.* Estabilização de solo com adição de resíduo de mármore. 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2979>>. Acesso: 15 abr. 2023.

CHIODI FILHO, Cid. **Aspectos técnicos e econômicos do setor de rochas ornamentais**. 1995. Disponível em:<<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/280/1/sed-28.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2023.

MELLO, R. M. Utilização do resíduo proveniente do acabamento e manufatura de mármore e granitos como matéria-prima em cerâmica vermelha. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em:<[http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Roberta%20Monteiro%20de%20Mello\\_M.pdf](http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Roberta%20Monteiro%20de%20Mello_M.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2023.

MOREIRA, J. M. S.; MANHÃES, J. P. V. T.; HOLANDA, J. N. F. Reaproveitamento de resíduo de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v.51, p.180-186, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ce/a/gQHZt5CRtZz5dF9df3ZcbjR/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 25 mar. 2023.

PIVETTA, C. P. **Utilização do resíduo de construção e demolição em solo compactado**. 2017. Disponível em:<<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/1759>> Acesso em: 14 abr. 2023.

PIVETTA, C. P.; CASTRO, F. O.; VENDRUSCOLO, M. A. **Determinação das propriedades geotécnicas do solo do Campus da UFFS**. Anais. Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica. Universidade Federal da Fronteira Sul. Cerro Largo, 2017.

TEIXEIRA, F. R. *et al.* Uso do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais como substituto parcial ao aglomerante na produção de concretos estruturais. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 13, p. 501-514, 2020. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/riem/a/FRSWJRWDvxSsfXcZzN6f4Rp/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 22 mar. 2023.

**Palavras-chave:** compactação; construção civil; resíduo; resistência; meio ambiente.

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES-2022-0308

**Financiamento:** PIBIC/UFFS