



Caracterização geotécnica de Resíduo de Britagem de Rocha Calcária⁽¹⁾.

Felipy Lima de Queiroz⁽²⁾; Fagner Alexandre Nunes de Franca⁽³⁾;
Paulo Leite Souza Júnior⁽⁴⁾; Paulo Henrique Araújo Bezerra⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

⁽²⁾ Estudante; Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal, Rio Grande do Norte; felipy57@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal do Rio Grande do Norte; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade Federal Rural do Semi-Árido; ⁽⁵⁾ Professor; Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

RESUMO: Os resíduos gerados pelas empresas mineradoras estão em destaque devido aos vários problemas consequentes da estocagem e manutenção dos depósitos. Nesse contexto, têm surgido diversas pesquisas visando incorporar esses resíduos como matéria-prima para produção de novos materiais e também em obras de pavimentação, objetivando diminuir os impactos gerados e favorecer o surgimento de materiais que substituam os considerados tradicionais com a possibilidade de redução de custos. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar o Resíduo de Britagem de Rocha Calcária (RBRC). Foram realizados ensaios de laboratório em duas amostras de RBRC, procedendo-se a caracterização geotécnica (massa específica dos sólidos, análise granulométrica, limites de consistência) e ensaios de compactação. Os ensaios de caracterização mostraram que a Amostra 1 do RBRC é classificada como SC (areia argilosa) e a Amostra 2 é classificada como SC-SM (areia argilosa/areia siltosa) segundo o Sistema Unificado de Classificação dos Solos. Pela classificação rodoviária, a Amostra 1 é classificada como A-4 (solo siltoso) e a Amostra 2 como A-2-4 (areia siltosa ou areia argilosa). Os resultados dos ensaios de compactação mostraram possível ganho de massa específica aparente seca máxima e redução do teor de umidade ótimo devido a quebra dos grãos no procedimento com reuso de material.

Termos de indexação: Resíduo de Britagem de Rocha Calcária. Caracterização Geotécnica.

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento das cidades, o aumento da população e a intensa industrialização, é de se esperar também o alto volume de resíduos no cotidiano das grandes cidades, se transformando em graves problemas socioambientais e econômicos. No entanto, várias pesquisas têm apontado que é possível reaproveitar resíduos de diversas atividades industriais na construção civil.

A indústria da construção civil consome entre 14% a 50% de todos os recursos extraídos da natureza (John, 2000). Essa quantidade coloca esse

setor como o maior consumidor individual de recursos naturais. Assim, torna-se viável o estudo dos resíduos gerados na indústria da construção civil como tentativa de atenuar os danos tanto do ponto de vista socioambiental, quanto do ponto de vista econômico, causados pela ineficiente destinação desses resíduos.

O Resíduo de Britagem de Rocha Calcária (RBRC) é produzido durante o beneficiamento para tratamento da granulometria da rocha bruta e é descartado em pilhas a céu aberto, causando problemas de estocagem e manutenção. Alguns estudos foram desenvolvidos utilizando resíduo da mineração de calcário como matéria prima para produzir materiais que possam ser utilizados na construção civil, como por exemplo, Silva (2008), Menezes *et al* (2010), Lima (2010), Silva (2013). Nesse contexto, este artigo apresenta um estudo sobre a caracterização geotécnica do RBRC, podendo-se futuramente, perceber uma possível destinação útil para ele.

MATERIAL E MÉTODOS

O Resíduo de Britagem de Rocha Calcária (RBRC) usado nesta pesquisa é oriundo de uma empresa mineradora localizada no km 60 da BR-304/RN, no município de Mossoró, na mesorregião Oeste Potiguar. Para todos os métodos de ensaios laboratoriais seguiram-se as recomendações das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Coleta e preparação das amostras

O resíduo foi coletado, armazenado em sacola resistente e transportado até o Laboratório de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde foram realizados todos os ensaios desta pesquisa, com exceção de um dos ensaios de Índice de Suporte Califórnia, que foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Foram realizadas duas coletas do RBRC, a primeira na data 28/06/2014 e a segunda na data 13/04/2015. Para este trabalho, é denominado de "Amostra 1-A" o material originado da primeira coleta e que os



ensaios foram realizados pelo “Operador A”. A “Amostra 1-B” também provém de material obtido na primeira coleta, mas os ensaios foram realizados pelo “Operador B”. Por fim, a “Amostra 2” é originada da segunda coleta e todos os ensaios foram realizados pelo “Operador A”.

As Amostras 1 e 2 foram utilizadas nos ensaios de caracterização geotécnica (análise granulométrica, determinação dos limites de liquidez e plasticidade e massa específica dos sólidos), de compactação e para o ensaio de resistência proposto no trabalho (determinação do Índice de Suporte Califórnia). As amostras foram preparadas segundo as recomendações da ABNT NBR 6457/86. Inicialmente todo o resíduo foi preparado com secagem prévia até a umidade higroscópica. Após essa etapa, o resíduo foi homogeneizado e em seguida utilizou-se um quarteador para reduzir a quantidade de material até se obter as Amostras 1 e 2 em quantidades suficientes para realização dos ensaios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dois ensaios da Amostra 1 tiveram como resultado um valor de massa específica dos sólidos igual a 2,646 g/cm³, apesar de serem realizados por operadores diferentes. Para a Amostra 2, o primeiro ensaio teve como resultado o valor de 2,631 g/cm³ e o segundo ensaio resultou no valor de 2,625 g/cm³. Como a NBR 6508/84 recomenda que o resultado final seja obtido pela média de pelo menos dois ensaios, a massa específica dos sólidos para o RBRC das Amostras 1 e 2 tem valores de 2,646 g/cm³ e 2,628 g/cm³, respectivamente.

Para delimitar as frações constituintes do solo, usou-se das recomendações da ABNT NBR 6502/95 que trata da terminologia dos solos e rochas. As curvas granulométricas (**Figura 1**) e as frações constituintes do RBRC (**Tabela 1**) são mostradas a seguir. Percebe-se, nas análises granulométricas, que tanto o RBRC da Amostra 1 quanto da Amostra 2 apresentam resultados semelhantes, divergindo apenas o fato de a Amostra 2 apresentar menor quantidade de finos (silte e argila).

Valores de limite de liquidez semelhantes foram obtidos para as Amostras 1-A e 1-B. A Amostra 2 apresentou limite de liquidez inferior ao da Amostra 1, provavelmente devido a menor quantidade de finos. A **Tabela 2** apresenta os limites de consistência, juntamente com os valores do índice de plasticidade (IP) e o índice de atividade de argila (IA).

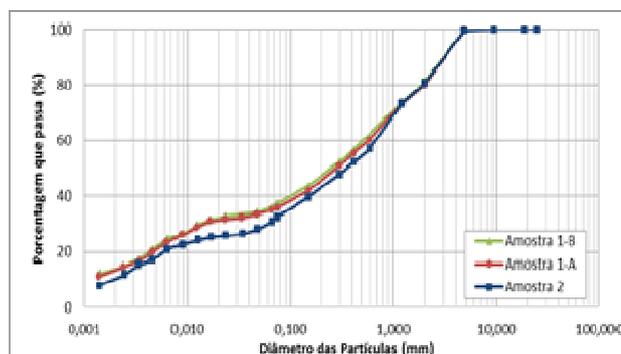


Figura 1: Curvas granulométricas (Amostras 1 e 2).

Tabela 1: Frações constituintes (Amostras 1 e 2).

Fração	Amostra 1-A (%)	Amostra 1-B (%)	Amostra 2 (%)
Pedregulho	19,87	18,49	19,30
Areia grossa	19,77	21,12	23,71
Areia média	15,44	13,80	14,69
Areia fina	10,47	11,25	12,30
Silte	20,01	20,73	18,19
Argila	14,44	14,61	11,81

Tabela 2: Limites de consistência e índice de atividade (Amostras 1 e 2).

Amostra	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IA (%)
1-A	26	15	11	0,76
1-B	24	16	8	0,55
2	19	15	4	0,34

O valor médio do índice de atividade da Amostra 1 e o valor da Amostra 2 indicam que a argila é inativa, ou seja, os pequenos teores de argila não elevam muito os índices de consistência. Para a Amostra 1, considerando os valores médios, o LL, LP e IP valem, respectivamente, 25%, 15% e 10%, e de acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos, que considera as frações constituintes, o LL e o IP, a Amostra 1 é classificada como SC (areia argilosa). Por sua vez, a Amostra 2 apresenta classificação dupla, SC-SM (areia argilosa/areia siltosa), pois possui IP entre 4 e 7.

Para a classificação rodoviária, leva-se em conta os resultados da análise granulométrica e dos limites de consistência. Como para as duas Amostras 1 a porcentagem de material passante na peneira #200 foi pouco maior que 35%, elas são consideradas material silto-argiloso, e considerando os valores de LL, IP e do índice de grupo (IG), calculado para ambas as Amostras 1 e resultando em valor zero, obtêm-se que o material é um A-4 (solo siltoso). Para a Amostra 2, o IG também resultou em valor zero e a porcentagem de material passante na peneira #200 foi inferior a 35%, ou seja, considera-se como material granular, de



classificação A-2-4 (areia siltosa ou areia argilosa). Percebe-se que as pequenas variações de características físicas das amostras analisadas levam a diferentes classificações.

As curvas de compactação, são representadas na **Figura 2**. A **Tabela 3** resume os resultados obtidos no ensaio, apresentando os valores de teor de umidade ótimo (W_{ot}) e massa específica aparente seca máxima ($\rho_{dm\acute{a}x}$).

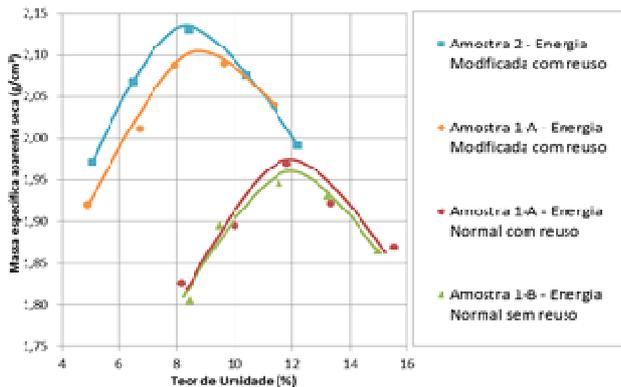


Figura 2: Curvas de compactação (Amostras 1 e 2).

Tabela 3: Resultados dos ensaios de compactação (Amostras 1 e 2).

Descrição	W_{ot} (%)	$\rho_{dm\acute{a}x}$ (g/cm ³)
Am. 1-B / sem reuso Energia Normal	12,0	1,960
Am. 1-A / com reuso Energia Normal	11,9	1,975
Am. 1-A / com reuso Energia Modificada	8,8	2,103
Am. 1-B / com reuso Energia Modificada	8,3	2,135

Percebe-se que com o aumento da energia de compactação, o teor de umidade ótimo diminuiu e a massa específica aparente seca máxima aumentou, conforme esperado. Comparando-se os valores para a mesma energia de compactação e a mesma amostra, verifica-se que a compactação com reuso de material apresenta maior valor de massa específica aparente seca máxima e menor teor de umidade ótimo. Isso pode ter sido causado devido à quebra dos grãos no procedimento com reuso de material, fazendo com que os finos ocupem os vazios, provocando ligeiro aumento de massa específica.

Analisando-se também os valores para a mesma energia de compactação e amostras diferentes, constata-se que a Amostra 2 apresenta menor teor de umidade ótimo e massa específica aparente seca máxima maior, podendo ser causado pela menor quantidade de finos em relação a Amostra 1.

CONCLUSÕES

As análises granulométricas juntamente com os ensaios dos limites de consistência mostraram que as Amostras 1 e 2 são classificadas como SC (areia argilosa) e SC-SM (areia argilosa/areia siltosa), respectivamente, pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos, e pela classificação rodoviária são consideradas, respectivamente, A-4 (solo siltoso) e A-2-4 (areia siltosa ou areia argilosa).

Os ensaios de compactação mostraram que aumentando a energia de compactação, a massa específica aparente seca máxima aumenta e o teor de umidade ótimo diminui, conforme se espera, e que o ensaio com reuso de material resulta em massa específica aparente seca máxima maior e teor de umidade ótimo menor. Além disso, nas mesmas condições dos ensaios, a Amostra 2 apresentou valores de massa específica aparente seca máxima maior e teor de umidade ótimo menor em relação à Amostra 1.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Coelho Brita pelo fornecimento de amostras e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

- JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Livre Docência, Universidade de São Paulo, 2000.
- LIMA, D. R.; MOURA, A. S. Estudo da utilização de rejeito de calcário para uma obra de pavimentação. 3p. Artigo – Universidade Federal do Ceará, 2010.
- MENEZES, R. R. et al. Reciclagem do resíduo da serragem de calcário laminado para produção de blocos cerâmicos. Revista Escola de Minas, 63: 667-672, 2010.
- SILVA, A. D. A. Aproveitamento de rejeito de calcário do cariri cearense na formulação de argamassa. Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2008.
- SILVA, W. G. Estudo da introdução de resíduo de britagem de rocha calcária e cinza de biomassa de cana-de-açúcar em formulações de argamassas colantes. Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.