

Variabilidade das Propriedades Geotécnicas do Resíduo de Britagem de Rocha Calcária e sua Utilização em Obras Rodoviárias

Filipe Cavalcanti Fernandes

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, fcfernandes@coc.ufrj.br

Felipy Lima de Queiroz

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, felipy57@hotmail.com

Fagner Alexandre Nunes de França

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, fagneranfranca@gmail.com

RESUMO: A reutilização de resíduos como matéria prima de novos materiais e aplicações diretas em obras rodoviárias é pratica atual na utilização de novos materiais. A região do Oeste Potiguar possui alta incidência de rocha calcária que, apesar de potencializar sua extração, traz o ônus de estoques de resíduos sem finalidade claramente definida. A sua reutilização é, portanto, uma prática de reduzir os impactos ambientais gerados pelos depósitos de resíduo, além de acelerar o desenvolvimento da região devido a pavimentação de rodovias. 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 presente artigo tem o objetivo de avaliar a aplicação de Resíduo da Britagem da Rocha Calcária (RBRC) em obras rodoviárias, identificar a variabilidade em uma pilha de estocagem de RBRC e expandir o conhecimento sobre o RBRC. As amostras foram coletadas de uma única pilha de RBRC, em diferentes posições (base, centro e topo da pilha) que foi identificada como Amostra 1 e coletada também uma Amostra 2 e uma Amostra 3 com datas de produção diferentes, somente da base da pilha de resíduos. Foram realizadas a caracterização geotécnica, ensaios de compactação e determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC). Os ensaios de caracterização mostraram que a Amostra 1 e a Amostra 2 do RBRC são classificadas como SC (areia argilosa) e a Amostra 3 como SC-SM (Areia argilosa/Areia Siltosa) segundo o Sistema Unificado de Classificação dos Solos. Pela classificação HRB, a Amostra 1 é classificada como A-2-6 (areia siltosa ou areia argilosa), a Amostra 2 é A-4 (Solo Siltoso) e a Amostra 3 é A-2-4 (areia siltosa ou areia argilosa). As amostras apresentaram valores máximos de ISC de 82% e em todas as amostras a expansão é inexpressiva. Foi verificada uma variabilidade insignificante do RBRC, pouco capaz de alterar seu comportamento. Por outro lado, o RBRC apresenta o potencial para alteração do tamanho dos grãos devido ao processo de compactação. Como conclusão, verificou-se que o RBRC estudado apresenta grande potencial para aplicações em camadas estruturais de obras rodoviárias, principalmente como camada de sub-base.

PALAVRAS-CHAVE: RBRC. Caracterização. Geotécnica. Rodovias.

1 INTRODUÇÃO

A busca por novos materiais no âmbito da Engenharia Civil é cada vez mais necessária, haja vista que muitos dos materiais utilizados

hoje são de fontes finitas e, muitas vezes, degradam o nosso meio ambiente. Em meio à era da sustentabilidade, a reutilização, a reciclagem de materiais, e a redução de impactos causados ao meio ambiente são primordiais. Novos

desafios surgem quando se almeja a implantação de novos materiais nas práticas construtivas, materiais estes que necessitam do respaldo de avaliações, estudos, ensaios em laboratório e ensaios em campo, para que sejam asseguradas as condições mínimas requisitadas por normas.

Devido à busca por novos materiais, surge a oportunidade do estudo do comportamento e das características do resíduo resultante da mineração de calcário, aqui definido como o Resíduo da Britagem da Rocha Calcária (RBRC), tendo em vista que a região oeste do Estado do Rio Grande do Norte possui uma grande reserva mineral de calcário. Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (2010), as regiões de Chapada do Apodi, Vale do Açu, Mato Grande, Mossoró e parte do Vale do Jaguaribe, no Ceará, apresentam mais de 20 mil quilômetros quadrados de rocha calcária que, dentre as suas diversas aplicações (indústria da construção civil, química, agrícola e outras), é a principal matéria-prima do cimento.

Acompanhando o aumento da extração do minério calcário, há a produção do RBRC que é o material resultante do processo de tratamento granulométrico da rocha bruta por meio da britagem (material resultante da #4,8mm) e que são depositados em pilhas a céu aberto. Portanto, neste trabalho serão realizados estudos para a valorização do RBRC em aplicações rodoviárias como forma de controlar os depósitos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A geração de resíduos está sempre presente na atividade extrativa, requerendo grandes áreas de estocagem. Considerando que não há destino ou utilização definida para tais resíduos até os dias atuais, requerem-se meios para a mitigação de impactos gerados. A extração mineral, de uma forma generalizada, não é considerada uma atividade de impacto ambiental permanente, o que não obriga as empresas a desempenharem atividades mais conscientes na preservação ambiental, gerando poucas iniciativas de compensação pelos danos causados pela extração mineral (MME, 2009). Nesse sentido, surge a necessidade de mitigar o impacto ambiental e a possibilidade de instalar uma cultura de caráter sustentável na mineração de calcário, através do reuso dos resíduos gerados

pela atividade extrativa.

O calcário tem sido um dos minérios de maior destaque no Estado do Rio Grande do Norte e um dos setores que recebe mais investimentos, pois é matéria prima para produtos da construção civil, da indústria química, da indústria agrícola e de outros segmentos industriais. Seu resíduo é obtido pelo processo de britagem da rocha, sendo um subproduto ou até mesmo lixo residual do processo de beneficiamento (Puppala et al, 2011). A produção bruta de calcário, no ano de 2009, no Rio Grande do Norte, ocorreu principalmente em Governador Dix-Sept Rosado, Mossoró e Baraúna (DNPM, 2010), sendo de aproximadamente 22 mil toneladas e teve, em média, movimentações financeiras de um montante aproximado de R\$ 1,4 milhão (DNPM, 2010).

Os deslocamentos, sejam de pessoas ou de cargas, são necessários e de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico do País. Na distribuição modal da matriz brasileira de transportes, o transporte rodoviário representa 52% de participação, o que configura, atualmente, como o mais importante e o mais abrangente meio de locomoção (MT, 2012). Devido à característica de ser o principal modal, surge a necessidade de pavimentação, para garantir mais segurança nos deslocamentos e menor custo no escoamento da produção. É válido destacar que 78,6% das rodovias brasileiras não são pavimentadas (DNIT, 2015).

O Estado do Rio Grande do Norte possui mais de 23 mil quilômetros de rodovias não pavimentadas, representando 81% de toda malha rodoviária no Estado (DNIT, 2015). Assim, para suprir a necessidade de obras rodoviárias é necessária a utilização de solos como elementos estruturais de base e sub-base do pavimento e a redução dos custos destas obras. A inclusão de um material de baixo custo, no caso, o RBRC nestas obras poderá trazer viabilidade às novas rodovias e a ampliação da malha pavimentada no Estado.

Puppala et al (2011) verificaram as propriedades mecânicas do RBRC quanto a sua compressibilidade, ao seu módulo de resiliência, e sua resistência quanto ao não confinamento do material, avaliando amostras com dosagem estabilizadoras de 2,3% de cimento. Concluíram, que seu uso como base ou sub-base de pavimentos diretamente ou indiretamente como

elemento estabilizador de outros materiais, encontra-se de acordo com as exigências americanas.

Lima & Moura (2010) realizaram misturas de solo arenoso com RBRC, oriundo de uma jazida de rocha calcária no município de Caucaia, no Estado do Ceará, e, ao avaliarem a sua aplicação em obras rodoviárias, concluíram que, de uma forma preliminar, seria aceita a sua utilização na proporção de 50% RBRC e a outra parcela de solo estritamente arenoso para camadas de sub-base de pavimentos.

Para a avaliação da viabilidade técnica do uso do resíduo como elemento constituinte das camadas de base, sub-base ou reforço do subleito de pavimentos faz-se necessário estudo que analise o seu comportamento, e identifique a variabilidade das propriedades físicas e mecânicas apresentadas pelas diferentes amostras. Caso haja a possibilidade da aplicação do RBRC em obras rodoviárias, isto irá acelerar o desenvolvimento da infraestrutura de transporte rodoviário, além de auxiliar na mitigação dos impactos gerados pela extração do minério.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada para a caracterização geotécnica do resíduo da mineração de rocha calcária irá basear-se nos ensaios propostos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2006), que fornece especificações necessárias para a caracterização do resíduo como um solo e as instruções para o Sistema Unificado de Classificação de Solos e a Classificação Rodoviária, além dos ensaios de compactação e Índice de Suporte Califórnia (ISC). Para os ensaios laboratoriais foram obedecidas às recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.1 Coleta e Preparação das Amostras

As amostras foram coletadas na região do Oeste Potiguar, na pedreira Coelho Brita Ltda., endereçada no km 60 da BR-304, no município de Mossoró. Foram selecionadas em três partes de uma única pilha de depósito de resíduos gerados pela produção de um dia de tratamento granulométrico. A coleta da Amostra 1 foi

realizada em 24 de junho de 2015 da Amostra 2 foi realizada no dia 13 de abril de 2015 e a Amostra 3 foi coletada no dia 28 de junho de 2014. O resíduo foi colocado em sacos plásticos resistentes, trazidos para o Laboratório de Solos localizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Para a preparação dos ensaios, os sacos foram estocados em local coberto e protegido de ações de intempéries que podiam alterar as características das amostras.

As amostras foram definidas como amostra “A” referente ao topo, amostra “B” referente ao centro, amostra “C” referente à base da pilha de estocagem de resíduos (Figura 1) adicionados ao índice “D” de destorroada e a amostra “CV” como sendo a amostra da base da pilha sem sofrer o processo de destorroamento (amostra virgem) e quando não se tratar da Amostragem 1, faz-se referência para qual amostragem se trata, e preparadas segundo as recomendações da NBR 6457/1986.

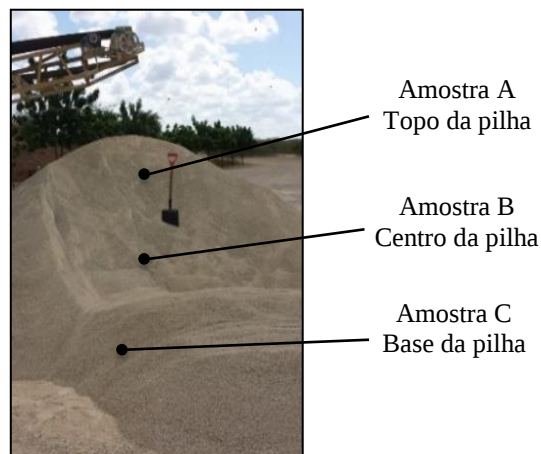


Figura 1. Identificação das amostras em uma pilha de resíduo.

Considerando que o resíduo já se encontrava na situação de secagem à céu aberto, não houve necessidade da realização da secagem ao chegar ao laboratório. Assim, procedeu-se com o processo de homogeneização, quartearamento e destorroamento das amostras. No procedimento de destorroamento com almofariz para a amostragem 1, utilizou-se como critério de controle do destorroamento a peneira com abertura de 2 mm (#10) para o término do processo por ser a peneira de abertura imediatamente menor da série normal de peneiras que a do processo de produção do RBRC.

3.2 Ensaios de Caracterização

A caracterização geotécnica foi realizada com as amostras *AD*, *BD* e *CD* por meio dos ensaios de massa específica dos grãos, limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria conjunta. Com a amostra *CV* foram realizados apenas os ensaios de massa específica dos sólidos e granulometria conjunta.

O ensaio de massa específica dos sólidos foi realizado para as amostras em questão, seguindo as instruções da NBR 6508/1984, e pela média de duas diferentes determinações. Para a obtenção dos parâmetros de consistência, foram utilizadas a NBR 6459/1984 para o limite de liquidez (LL) e a NBR 7180/1984 para o limite de plasticidade (LP). Para o ensaio de granulometria conjunta a norma de referência utilizada foi a NBR 7181/1984, que traz os procedimentos para o peneiramento e para a sedimentação.

3.3 Ensaio de Compactação

Procedeu-se o ensaio de compactação de acordo com instruções da NBR 7182/1986 e foram executados nas amostras *CD* e *CV*, com energia modificada e com reuso de material. Para cada ensaio foram realizadas seis averiguações de massa específica aparente seca e sua respectiva umidade, possibilitando a construção da curva de compactação para a obtenção do teor de umidade ótima e massa específica aparente seca máxima.

3.4 Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Para o ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC) e da expansão foi utilizada a norma NBR 9895/1987. Foram realizados ensaios com a amostra *CV*, e ensaios com a amostra *CD* e suas diferentes amostragens.

Os ensaios foram realizados no laboratório de solos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), no laboratório do Instituto Federal do Rio grande do Norte (IFRN) e no laboratório da empresa Gepê Engenharia. Os corpos-de-prova (CP's) foram moldados no local da realização do ensaio em diferentes umidades de compactação. Apresenta-se, na Tabela 1, o resumo dos ensaios realizados para cada amostra já especificada.

Tabela 1. Visão geral dos ensaios realizados em cada amostra.

Ensaio	Amostras			
	AD	BD	CD	CV
Granulometria Conjunta	X	X	X	X
Limite de Liquidez	X	X	X	
Limite de Plasticidade	X	X	X	
Massa específica dos grãos	X	X	X	X
Ensaio de compactação			X	X
Índice de Suporte Califórnia			X	X

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item serão apresentados os resultados dos ensaios realizados para as quatro amostras especificadas anteriormente (amostras *AD*, *BD*, *CD* e *CV*) da amostragem 1 e os resultados relevantes para a análise da variabilidade das amostragens 2 e 3, e a análise da aplicação do RBRC em obras rodoviárias.

4.1 Caracterização Geotécnica

Os resultados dos ensaios de massa específica dos sólidos indicaram uma média de 2,698 g/cm³ para a amostragem 1, sem haver expressiva variação nas diferentes localidades de extração da pilha de resíduos. As amostragens 2 e 3, por sua vez, apresentaram valores de 2,646 g/cm³ e 2,628 g/cm³, respectivamente (Tabela 2). As diferenças foram avaliadas como oriunda da variabilidade do RBRC.

Tabela 2. Resultados dos Ensaios de caracterização.

Amostras	ρ_s (g/cm ³)	LL	LP	IP	IA
AD	2,694	19%	14%	5%	0,33%
BD	2,696	19%	14%	5%	0,35%
CD - 1	2,699	20%	12%	8%	0,74%
CD - 2	2,646	26%	15%	11%	0,76%
CD - 3	2,628	19%	15%	4%	0,34%
CV	2,701	-	-	-	-

Os resultados dos ensaios para os limites de consistência (Tabela 2) mostram a baixa variabilidade entre as amostras e os baixos valores de índice de plasticidade (IP) e índice de atividade (IA). Em todas as amostras, o IA representa que a argila presente no resíduo é inativa.

Os resultados obtidos após os ensaios de granulometria conjunta possibilitam a inferência de que o material, independentemente da posição

na pilha de estocagem de resíduos, apresenta nenhuma expressiva variabilidade (Figura 2). O fato de o destorroamento aplicado na amostragem 1 ter sido limitado à peneira #10 (2 mm de abertura) gerou alteração irrelevante na amostra, pois conforme exposto na Figura 2, a variação no tamanho dos grãos ao início das curvas granulométricas foi redistribuída ao longo de toda a curva quando comparado com o resultado das demais amostras. Apesar de as amostras utilizadas neste estudo diferirem em datas de coletas, o RBRC em análise é gerado pela mesma matriz produtiva e, até o momento, não ocorreu alteração do método produtivo que gera o resíduo.

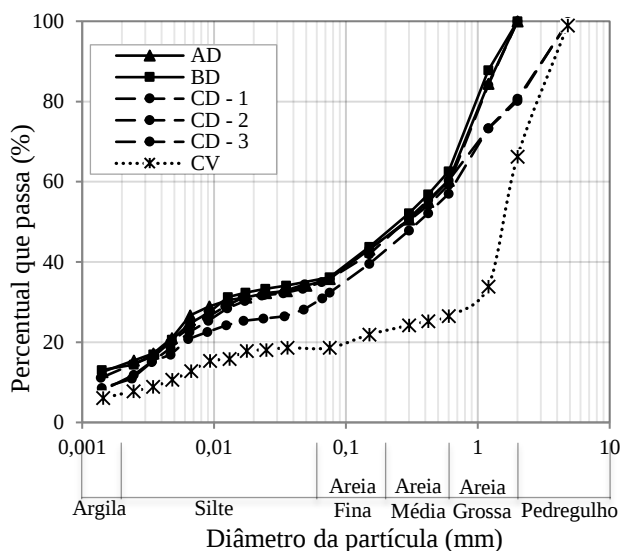


Figura 2. Curvas Granulométricas das amostras.

Com os resultados apresentados é possível classificar o RBRC segundo alguns sistemas de classificação de solos proposto pelo DNIT (2006). Para a classificação rodoviária, as amostras *BD* e *CD-1* ficam em um intervalo de transição entre um solo siltoso e uma areia siltosa. Ambas as amostras apresentaram índice de grupo igual ou próximo do valor zero, e o percentual passante na peneira #200 (0,075 mm de abertura) ligeiramente inferiores a 36%, o que as classifica como um solo do tipo A-2-6 (areia siltosa ou areia argilosa). Considerando que a amostra *AD* apresentou um teor superior a 36% de material passante na peneira #200, a sua classificação muda para um solo A-4 (solo siltoso), a amostra *CD-2* também é considerada A-4 e amostra *CD-3* é classificada como A-2-4, ambas para a classificação rodoviária.

De acordo com o Sistema Unificado de

Classificação de Solos, a amostra *CD-1* é caracterizada como uma areia argilosa (SC), pois possui IP superior a 7 o que também é apresentado pela amostra *CD-2*, e as amostras *AD*, *BD* e *CD-3* possuem uma dupla classificação de areia argilosa ou areia siltosa (SC-SM) devido ao IP de ambas às amostras estarem no intervalo entre 4 e 7%.

4.2 Ensaio de Compactação

A seguir são apresentadas as curvas de compactação para as amostras *CD-1* e *CV*, que a análise dos dados obtidos nos ensaios anteriores mostra que as demais amostras possuem praticamente as mesmas características físicas e mecânicas das amostras da localidade “C” (base da pilha de resíduos).

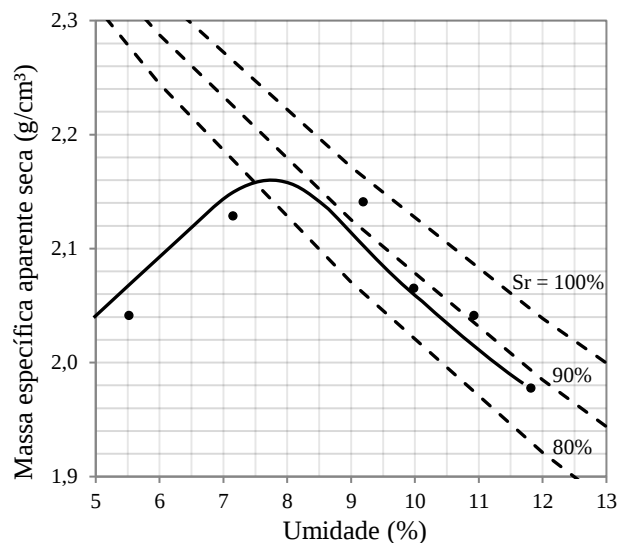


Figura 3. Ensaio de compactação da amostra *CD - 1*.

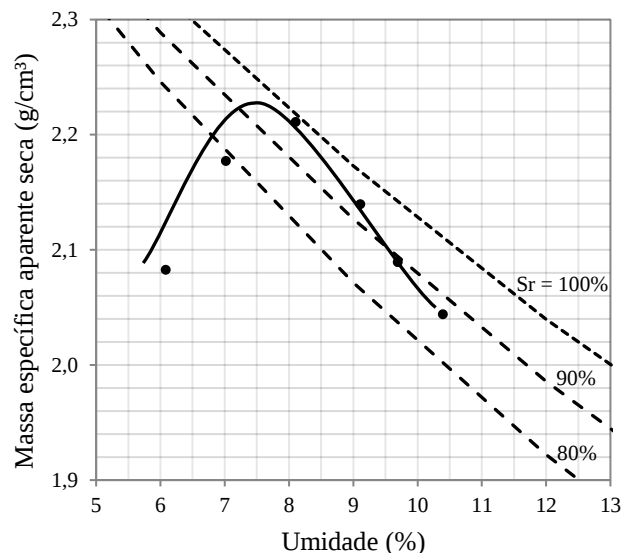


Figura 4. Ensaio de compactação da amostra *CV*.

Assim são apresentados os valores de umidade ótima (w_{ot}) e de massa específica aparente seca máxima ($\rho_{d\text{ máx}}$) para as amostras que foram submetidas ao ensaio de compactação na energia Modificada (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados dos ensaios de compactação.

Amostras	w_{ot} (%)	$\rho_{d\text{ máx}}$ (g/cm ³)
CD - 1	8,2	2,16
CD - 2	8,8	2,10
CD - 3	8,3	2,14
CV	7,7	2,22

Verifica-se que a amostra *CD-1* apresenta um valor superior de teor de umidade ótima e um menor valor de massa específica aparente seca máxima em relação à amostra *CV*, no entanto, explica-se a diferença dos resultados obtidos pelo ensaio de compactação devido a uma possível diminuição granulométrica do material relativo ao destorroamento intenso executado nesta pesquisa (Pinto, 2006). Esse mesmo efeito ocorre nas amostras *CD-2* e *CD-3*, nas quais há uma elevação da umidade ótima que acarreta em uma redução da massa específica aparente seca máxima.

4.3 ISC e Expansão

Para as amostras *CD*, o ISC médio foi igual a 55% e a expansão média, 0,41%. As amostras *CV*, por sua vez, apresentaram ISC médio de 54%, com valor médio de expansão de 0,13%. Os resultados dos ensaios são apresentados na Tabela 4 com os respectivos valores de expansão, massa específica aparente seca referente a cada CP, os teores de umidade de compactação do CP e os graus de saturação de cada CP.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de ISC.

Corpo de prova	ISC (%)	Expansão (%)	ρ_d (g/cm ³)	w (%)	S_r (%)
<i>CD - 1</i>	41	0,09	2,16	8,3	89,8
<i>CD - 2</i>	36	0,79	2,13	8,3	90,6
<i>CD - 3 (CP1)</i>	82	0,39	2,09	7,8	79,6
<i>CD - 3 (CP2)</i>	61	0,37	2,09	7,9	80,6
<i>CV (CP1)</i>	74	0,08	2,19	7,3	84,7
<i>CV (CP2)</i>	73	0,11	2,18	7,6	85,3
<i>CV (CP3)</i>	12	0,21	2,15	8,8	92,2

Ampadu (2007) apresenta reduções de ISC que podem variar de 48% a 98% dependendo do grau de saturação (S_r) do corpo-de-prova. A

redução do ISC apresentada nas amostras *CV* com o aumento de cerca de 6% de grau de saturação, ocorre uma redução de 83% no maior valor de ISC, nas amostras *CD* ocorre redução de mais de 50% do ISC com um aumento de 11% de saturação.

4.4 Aplicações em Obras Rodoviárias

Os materiais avaliados podem ser empregados em aterro rodoviário, reforço do subleito, sub-base ou base quando atendidos os requisitos prescritos segundo DNIT (2006), obtidos a partir da caracterização geotécnica do solo e de parâmetros de resistência como o ISC.

A distribuição granulométrica não se enquadra na especificada para o emprego em base de pavimentos rodoviários. Entretanto, considerando a invariabilidade das amostras na pilha de estocagem, o RBRC atende aos requisitos do DNIT (2006) para o emprego em sub-base, reforço de subleito e aterros rodoviários.

5 CONCLUSÕES

Foi apresentado nesse artigo um estudo sobre a variabilidade das propriedades geotécnicas do resíduo de britagem de rocha calcária e a avaliação do seu emprego em obras rodoviárias.

Através dos ensaios de limite de consistência e granulometria conjunta, foi possível identificar a reduzida variabilidade do RBRC quanto a sua disposição na pilha de estocagem de resíduos e também confirma a invariabilidade ao fator temporal da produção do resíduo em questão.

O RBRC é classificado como uma areia argilosa (SC) ou como Areia Siltosa (SM), segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solos. Na classificação rodoviária, as amostras possuem classificação A-2-4 e A-2-6 (areia siltosa ou areia argilosa) e a algumas amostras como A-4 (solo siltoso) de modo que não se exclui a possibilidade de que quando as amostras estejam homogeneizadas, a classificação seja A-2-4 ou A-2-6.

Devido às reduções de ISC com diferente umidade de compactação, destaca-se a importância dos cuidados quanto ao teor de umidade na elaboração dos corpos-de-prova para validar o ISC da amostra. Quando compactado

com teor de umidade superior ao teor de umidade ótimo, o ISC tende a reduzir expressivamente de valor inviabilizando determinados empregos do RBRC.

Com base nos resultados, o RBRC atende aos requisitos para aplicação em sub-base de pavimentos rodoviários e de maneira geral constata-se que algumas variáveis não alteram as características do RBRC e que, do ponto de vista geotécnico, o material oferece um potencial para ser empregado em obras rodoviárias. Contudo, é importante ressaltar a necessidade de estudos com o RBRC que possibilite afirmações quanto a sua variabilidade para diferentes pedreiras e outros estudos como equivalente de areia, permeabilidade, cisalhamento direto entre outros que possam fornecer uma caracterização mais completa do RBRC.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à empresa Coelho Brita Ltda. pelo fornecimento do material, e interesse no estudo, ao professor Paulo Henrique Araújo Bezerra, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, ao professor John Glennedy Bezerra Gurgel, do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, à Universidade Federal do Rio Grande do Norte e à empresa Gepê Engenharia pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

- Ampadu, S. I. K. (2007). *A Laboratory Investigation into the Effect of Water Content on the CBR of Subgrade Soil. Experimental Unsaturated Soil Mechanics. Springer Proceedings in Physics*, Vol. 112. Springer Berlin Heidelberg.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) (1986). *NBR 6457– Amostras de solo – preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) (1984). *NBR 6459– Solo – determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) (1984) *NBR 6508– Grãos que passam na peneira de 4,8mm – determinação da massa específica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) (1984) *NBR 7180– Solo – determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) (1984) *NBR 7181– Solo – análise granulométrica*. Rio de Janeiro.

- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) (1984) (1987) *NBR 9895 - Solo - índice de suporte Califórnia*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) (1986) *NBR 7182– Solo – ensaio de compactação*. Rio de Janeiro.
- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2009) *Norma DNIT 108: terraplenagem – aterros – especificação de serviço*. Rio de Janeiro.
- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2006) *Manual de Pavimentação*. 3a edição. Rio de Janeiro.
- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2015) *Sistema Nacional de Viação – SNV*, atualizado até 30/05/2015. Rio de Janeiro.
- Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2010). *Anuário Mineral Brasileiro*. Brasília.
- Brasil. Ministério dos Transportes (MT) (2012). *Plano de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT – Relatório Final*. Brasília.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia (MME) (2009). *Perfil do Calcário*. Brasília.
- Lima, D. R.; Moura, A. S. (2010). *Estudo da utilização do rejeito de calcário para uma obra de pavimentação*. 3p. Artigo. Universidade Federal do Ceará, campus Cariri.
- Puppala, A. J.; Saride, S.; Williamme, R. (2012). *Sustainable reuse of limestone quarry fines and RAP in pavement base/subbase layers. Journal of Materials in Civil Engineering*, p.418-429, abril.
- Pinto, C. S. (2006). *Curso Básico de Mecânica dos Solos*. 3a ed. Oficina de Textos. São PauloSP.