

EMPREGO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO PRODUZIDOS EM NATAL/RN EM CAMADAS DE PAVIMENTO: ANÁLISE FÍSICA E MECÂNICA

Ana Amália Fernandes Freire de Oliveira¹
Duílio Assunção Marçal de Araújo²
Maria Juciara Oliveira de Araújo³

RESUMO: Sustentabilidade é um conceito cada vez mais atrelado à construção civil. O material rejeitado de construções e demolições já possui legislação para tratamento, armazenamento e beneficiamento para ser empregado mais uma vez. Esse material, por sua vez, é chamado de Resíduos de Construção e Demolição (RCD). O RCD, após beneficiamento, tem características de agregados que podem ser aplicados em camadas de pavimento flexível (base, sub-base e reforço de subleito), sendo assim, este foi o intuito da pesquisa, ou seja, analisar se os materiais de duas empresas na cidade do Natal/RN têm características físicas e mecânicas aceitáveis para o uso na pavimentação. Para a caracterização física do rejeito foram empregados os ensaios de massa específica real, umidade e granulometria. Depois, foi escolhido um traço de 70% de rejeito e 30% de solo escolhido para a análise mecânica. Foram realizados ensaios Proctor em condição normal e intermediária. Com os valores de peso específico, seco máximo e umidade ótima, provindos da compactação, foram recriadas amostras com grau de compactação de 100% para a realização dos ensaios de Índice de Suporte Califórnia. A caracterização física apresentou que um dos rejeitos investigados não está adequado quanto à norma vigente. Quanto às propriedades mecânicas, apenas uma das misturas de solo e RCD apresentou ser compatível com os limites mínimos exigidos. Portanto, foi verificado que apenas um dos resíduos obtidos foi capaz de atender aos critérios físicos e mecânicos, enquanto que o outro resíduo foi reprovado em todas as análises, não sendo, enfim, possível de ser empregado.

Palavras-chave: Resíduos de construção e demolição. Camadas recicladas. Pavimento sustentável.

ABSTRACT: Sustainability is a concept even more related to civil construction. The waste from construction and demolition already has legislation for treatment, storing and improvement, this material is called Construction and Demolition Waste (CDW). The CDW after improvement has aggregates properties that can be used as flex pavement layers (base, subbase and compacted subgrade), therefore, this study aim into analyze physical and mechanical properties of two waste materials from two different companies from Natal/RN. For physical characterization, it had carried out real density test, humidity test and granulometric curve. Then it had chosen a proportion of 70% waste and 30% soil for mechanical tests. It had carried out Proctor test with normal and intermediary energy. Obtained dry specific weight and optimums water content, was recreate samples with compaction grade of 100% for California Bearing Ratio test. The physical characterization presented that one of the tested wastes has not approved by current normative. While

¹ E-mail: anaamalliafreire@gmail.com.

² Graduado em Engenharia Civil na UFRN, mestre em Engenharia Civil na UFRN. Atualmente é professor do curso de Engenharia Civil no UNIFACEX. E-mail: duilio@unifacex.edu.br.

³ E-mail: juciaraaraujo2008@hotmail.com.

mechanical properties just one of the soil and CDW mix has presented fit to pavement layers. Hence, it has verified that just only one waste material is allowable to employ within subbase and compacted subgrade, whereas, the other waste cannot be used as pavement layers.

Keywords: Construction and demolition waste. Recycled layers. Sustainable pavement.

1 INTRODUÇÃO

O cenário mundial das últimas décadas é de uma grande produção de resíduos. Isso se deve ao fato da crescente industrialização e do aumento populacional que exige, cada vez mais, uma maior infraestrutura nas cidades de médio e grande porte, ou seja, regiões com uma concentração demográfica acima de 100.000 habitantes. Os resíduos gerados em âmbito urbano produzem vários problemas para a população, como: problemas à saúde, entupimento de galerias de drenagem pluviais, poluição visual, poeira e proliferação de vetores (animais e insetos transmissores de doenças). Portanto, os resíduos devem ser gerenciados através de um plano que preze em reduzi-los, reutilizá-los e reciclá-los.

Dentre as várias indústrias consumidoras de materiais e geradoras de resíduos, a mais impactante é a da construção civil. O crescimento e desenvolvimento dos países, de modo geral, inerentemente aumenta a indústria da construção civil, que conseqüentemente eleva o consumo de materiais naturais, como também a produção de resíduos sólidos (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Essa cadeia de eventos causa um forte impacto ambiental, uma vez que a construção civil consome entre 20 e 50% dos recursos naturais de todo o planeta (SANTOS et al., 2011).

Na busca incessante da mitigação dos impactos ambientais, consumo de materiais naturais e reaplicação de resíduos sólidos, muitos pesquisadores têm procurado diversas formas de empregar esses rejeitos uma vez mais na construção civil, geralmente em forma de agregados para produção de aterros, argamassas e concretos.

Todo material, em forma de rejeito, produzido na construção de edificações, reformas ou demolições é chamado de Resíduo de Construção ou Demolição (RCD). O RCD é extremamente heterogêneo, podendo conter: concreto e argamassa (cimentícios); agregados (natural ou artificial); telhas, tijolos, azulejos e louças (cerâmicos), telhas de amianto, materiais metálicos, madeira, vidro, solo, etc. Segundo Motta (2005), no município de São Paulo, por exemplo, em 2003 a produção diária de resíduos de construção era em torno de 16.000 toneladas, sendo este volume 1/3 de todo o material que chegava aos aterros públicos.

Vale ressaltar que essa quantidade é o que se pode medir por vias legais, ainda há materiais que são gerados e destinados ilegalmente que causam um impacto ainda maior no ambiente urbano.

A coleta e disposição final de resíduos sólidos são de suma importância para a realização do saneamento da zona urbana, removendo grandes volumes de dejetos que são deixados sem tratamento, servindo como criadouros para uma série de vetores, como: ratos, moscas, pulgas e mosquitos (HORTEGAL et al., 2009). Para a disposição correta e tratamento adequado do RCD é necessário seguir a resolução nº 307 do CONAMA de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

A resolução nº 307 do CONAMA (2002) define agregado reciclado como “material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, infraestrutura, em aterros sanitários ou obras de engenharia”. Portanto, o material reciclado, que é aproveitado uma vez mais em obras civis, passa pelos seguintes processos de beneficiamento: caracterização, triagem, adequação granulométrica (britagem) e acondicionamento adequado.

O RCD, após beneficiamento, pode ser largamente empregado por várias razões, por exemplo: possui custo inferior de capital, energia e transporte em relação ao material agregado natural (MOTTA, 2005). Leite (2007) afirma que o RCD é empregado também por ser um conjunto de material nobre e possuir características geotécnicas adequadas às várias aplicações.

Quando em condição de agregado graúdo, esse material pode ser aplicado na pavimentação como camadas de base, sub-base ou reforço de subleito, como argamassas ou concretos (estruturais ou não), elementos filtrantes e drenantes, estabilização de solos expansíveis (BRITO FILHO, 1999). Na pavimentação, ainda pode ser utilizado na produção de blocos de concreto, briquetes e meio-fio (LIMA, 1999).

A pavimentação de vias e rodovias por consumir grande volume de insumo agregado, é um dos grandes consumidores também dos materiais RCD. A execução do pavimento aumenta a dirigibilidade dos veículos, aumenta a capacidade de suporte da via, diminui o tempo das viagens, reduz o risco de acidentes, reduz os custos de manutenção dos veículos e reduz o consumo de combustível. Entretanto, apenas uma pequena parcela das vias brasileiras, principalmente vias locais e de baixa velocidade, não são pavimentadas. Uma solução que

vem sendo adotada nos últimos anos, pelas cidades brasileiras, para a redução de custos e impacto ambiental é a aplicação do RCD em todas as camadas do pavimento, ou seja: revestimento asfáltico, base, sub-base, reforço ou aterro de regularização (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Fernandes (2004) elenca as vantagens de se empregar os agregados reciclados nas camadas do pavimento: (i) destinação de um rejeito; (ii) simplicidade de beneficiamento; (iii) utilização em locais com presença de água, por não ser material plástico; (iv) redução dos custos da administração pública; (v) aumento da vida útil dos aterros sanitários e (vi) redução do custo de execução do pavimento.

No Brasil, desde a década de 80, vem sendo estudado a aplicação de resíduos sólidos como agregados (LIMA, 1999). Entretanto, devido à vasta aplicação na área da pavimentação como, também, a grande necessidade de investimento em infraestrutura nessa área, fomentou as pesquisas para este fim.

Motta (2005) avaliou mecanicamente uma amostra de RCD em três condições, *in natura*, com adição de 4% de cal e com adição de 4% de cimento Portland. A caracterização mecânica se baseou nos ensaios de Índice de suporte califórnia, resistência à tração por compressão diametral e ensaio de módulo de resiliência (compressão diametral dinâmica). Os resultados mostraram que, em todas as condições, os materiais reciclados, com e sem adição de aglomerantes, poderiam ser empregados como material em qualquer camada do pavimento, podendo apresentar comportamento mecânico adequado e duradouro tanto quanto um material britado.

Siqueira et al. (2006) tomaram dois locais para coleta de rejeitos de construção, sendo um provindo de construção e outro de demolição. Os mesmos realizaram o beneficiamento dos materiais através do processo de britagem com um triturador de mandíbulas. Após beneficiamento, fizeram a caracterização física e mecânica dos materiais coletados. Para caracterização mecânica, utilizaram os ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Cisalhamento direto. O ensaio de cisalhamento direto apresentou-se bastante variado, sendo difícil de avaliar os resultados e de prever uma maior confiabilidade do material, de acordo com os autores isso pode ter sido causado pela grande heterogeneidade do material. Quanto ao ISC, para uma energia de compactação normal, obtiveram valores de 33,71% (agregado provindo de demolição) e 24,18% (agregado provindo de construção), ou seja, nesse critério

ambos os materiais poderiam ser empregados como camadas de reforço de subleito e sub-base.

Leite (2007) utilizou ensaios de laboratório e de campo para uma ter uma resposta *in loco* do comportamento de um trecho de via pavimentada com agregado reciclado. Para avaliação em campo foram utilizados dois ensaios: resistência à penetração através do *Dynamic Cone Penetrometer* e levantamento deflectométrico com a máquina *Falling Weight Deflectometer*. A autora percebeu que o comportamento mecânico do agregado reciclado é extremamente dependente da eficiência da compactação. Sendo assim, se a etapa de compactação for bem executada, uma camada de base constituída por RCD pode apresentar-se tão eficiente quanto uma camada de brita graduada simples.

Hortegal et al. (2009) coletaram RCD em um aterro sanitário localizado em São Luiz/MA para realizar a caracterização física e mecânica do material. Foram utilizados três traços de proporção entre RCD e solo (Mistura I – 70% solo e 30% RCD; Mistura II – 50% solo e 50% RCD; Mistura III – 30% e 70% RCD). Para a compactação das amostras, foi utilizada a energia do Proctor Intermediário, como é exigido na NBR 15.115-2004, a energia mínima para as camadas de base e sub-base. Os valores de ISC obtidos nas Misturas I, II e III foram 24%, 63% e 94%, respectivamente. O resultado mostrou que uma maior porcentagem de RCD na mistura gerou um aumento de rigidez da amostra, e isso provavelmente foi obtido devido a maior granulometria do RCD. Portanto, a Mistura I poderia ser empregada como sub-base e as Misturas II e III como base e sub-base.

É notável que as análises de viabilidade para o emprego do RCD como camadas de pavimento vêm se mostrando bastante positivas. Entretanto, quando se trabalha com materiais reciclados, é necessário sempre estar investigando a origem do rejeito e os processos empregados no beneficiamento do mesmo, uma vez que esses fatores influenciam na qualidade do material como agregado. Portanto, essa pesquisa tem o intuito de avaliar os materiais reciclados ofertados na cidade de Natal/RN, realizando uma caracterização física e mecânica a fim de atingir níveis de aplicação na pavimentação de vias de baixo, médio e alto fluxo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho tem foco em validar os agregados que são beneficiados e disponibilizados pelas empresas que trabalham com resíduos na grande metrópole de Natal,

estado do Rio Grande do Norte. As empresas serão denominadas A e B para não feri-las, caso os resultados apresentados sejam negativos. Este estudo de viabilização se baseia em duas diretrizes: a análise física e mecânica para fins de pavimentação em camadas de base, sub-base e reforço de subleito, independentemente do tipo de tráfego. Para isso, foi empregado como parâmetro básico, nessa avaliação, a NBR – 15115/2004.

Antes das análises física e mecânica, foram avaliados quais eram os componentes que faziam parte do RCD obtido em ambas as empresas. Uma vez que materiais indesejáveis podem reduzir o desempenho mecânico do agregado reciclado. A norma NBR 15115/04 exige que haja no máximo 3% de impurezas em grupos heterogêneos. Os materiais investigados de ambas as empresas apresentaram valor inferior a 3%, neste caso, o RCD da empresa A possuía um total de impurezas de 1,2% e o RCD da empresa B um total de 1,4%. A Figura 1 retrata o aspecto visual do RCD da empresa A e a Figura 2 o rejeito da empresa B, após coleta de material indesejável, que foi caracterizado em laboratório.

Figura 1 – Amostra de RCD da empresa A



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 2 – Amostra de RCD da empresa B



Fonte: Autoria própria, 2018

Na caracterização física foram realizados ensaios de granulometria, massa específica e umidade higroscópica. O ensaio de granulometria foi realizado seguindo as recomendações da NBR 7181/16 e, com isso, foi possível determinar a curva granulométrica do material. Como foi avaliado um material para fins de agregado, a massa específica também deve ser investigada, e esta análise foi possível através da NBR NM 53 (ABNT, 2002). Por fim, a umidade higroscópica que mede o teor de umidade em condições de estocagem do RCD (ou qualquer outro material) foi analisada por meio da DNER-ME 213/94.

Já para a caracterização mecânica, inicialmente foram feitos os ensaios Proctor (ensaio de compactação) na condição normal e intermediária de uma mistura de RCD e solo. O solo escolhido foi um solo disponível em laboratório, com classificação HRB A-2-4. Ressalta-se, também, que esta classificação é adequada para emprego de solos em pavimentação. A mistura de RCD e de solo foi feita diante de um traço escolhido, sendo esta proporção: 70% de RCD e 30% de solo. O ensaio Proctor foi desenvolvido seguindo a NBR 7182/16, definindo, no fim do ensaio, os valores de peso específico seco máximo e teor de umidade ótimo.

Por fim, foram conduzidos ensaios de Índice de Suporte Califórnia para obtenção dos valores de ISC e expansão das misturas nas condições de máximo peso específico seco nas energias normal e intermediária determinadas no ensaio de compactação. Este ensaio é preconizado pela norma DNIT 172/2016. Dessa forma, com os valores obtidos de CBR e Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX. v. 16, n. 2, 2018. ISSN: 2237 – 8685. Paper avaliado pelo sistema *blind review*, recebido em 19 de Abril de 2018; aprovado em 21 de Maio de 2018.

expansão foi possível avaliar se as misturas com os traços adotados foram compatíveis com o exigido pela norma NBR 15.115/04. Caso os valores sejam iguais ou superiores aos critérios mínimos, o material será considerado passível de ser empregado nas camadas de pavimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram divididos entre a investigação das propriedades físicas e mecânicas. Entretanto, é imprescindível destacar que a caracterização física foi realizada apenas no resíduo, já a análise do comportamento mecânico foi da mistura de RCD e solo.

3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS

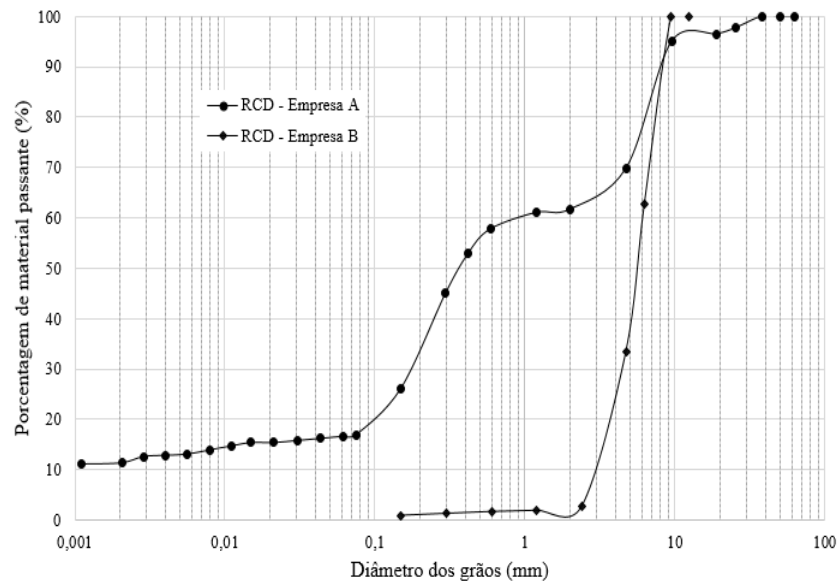
A partir dos ensaios de granulometria, massa específica e umidade higroscópica resultados apresentados a seguir foram determinados. A Tabela 1 apresenta os valores de massa específica real dos grãos e da umidade dos agregados. Contudo, lembra-se que há a possibilidade de variação do teor de umidade que foi obtido em laboratório com aquele que realmente o material possui no seu local de estocagem, uma vez que foi feito o deslocamento do material sem o cuidado para não haver perda ou ganho de umidade.

Tabela 1 – Resultados de massa específica real e teor de umidade

Material	Massa específica real dos grãos (g/cm³)	Teor de umidade higroscópica (%)
RCD da empresa A	2,659	0,17
RCD da empresa B	2,600	0,18

Fonte: Autoria própria, 2018

A curva granulométrica está apresentada na Figura 3, na qual é possível verificar o comportamento da curva e assim avaliar a distribuição dos grãos e o que se pode esperar a partir das dimensões encontradas.

Figura 3 – Curvas granulométricas dos resíduos

Fonte: Autoria própria, 2018

Nota-se, através da Figura 4, que o resíduo da empresa A tem grãos com diversas dimensões de diâmetro, enquanto que o resíduo da empresa B possui uma grande concentração de grandes diâmetros e os grãos com dimensões semelhantes, ou seja, característica uniforme. É possível notar isso pelo resultado do coeficiente de uniformidade que foi de 400 e 2 para os materiais das empresas A e B, respectivamente. É possível perceber também que há um acúmulo de finos maior no resíduo da empresa A do que no resíduo da empresa B, que praticamente não apresenta finos. Há uma grande importância em existir uma determinada quantidade de finos no material empregado na pavimentação, o propósito é que haja uma maior densificação da camada para que assim a mesma possa obter uma maior rigidez. Outra vantagem que é possível obter com parcela de finos na camada é a facilitação da execução do serviço de compactação, portanto, há um consumo de energia mecânica necessária para alcançar a densidade de projeto.

Quanto à norma NBR 15.115/04, a mesma diz que é necessário um coeficiente de uniformidade de no mínimo dez e que a porcentagem que passa na peneira #40 (0,42 mm) deve estar entre 10 e 40%. No quesito coeficiente de uniformidade, apenas o resíduo da empresa A foi aprovado. Contudo, quando a porcentagem de material passando na peneira #40, nenhum dos rejeitos foi aprovado.

3.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS

Para análise das propriedades mecânicas, inicialmente foi necessário moldar a mistura e realizar os ensaios de compactação na energia normal e intermediária. Após os resultados dos ensaios de compactação, foi possível recriar, com a massa densidade obtida para determinada energia, algumas amostras. As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados de compactação para as misturas com solo do RCD da empresa A e B, respectivamente.

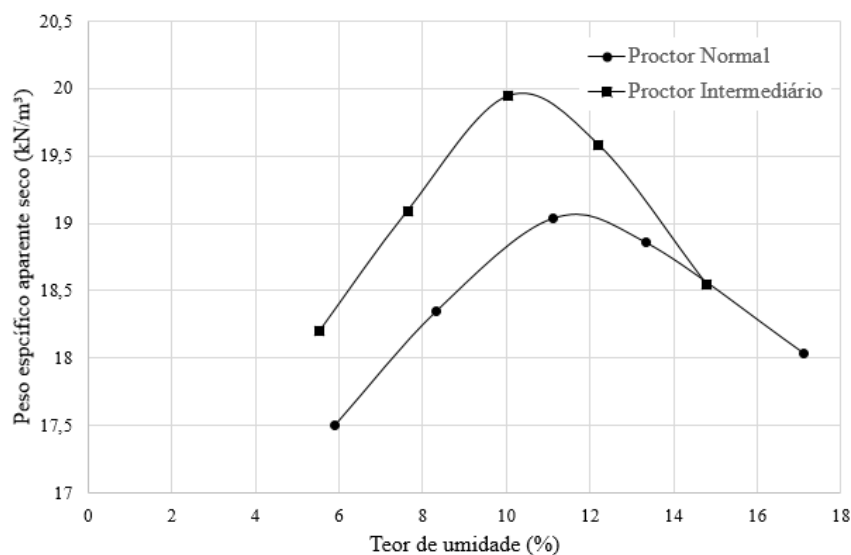
Com estes resultados foi recriada a condição em que estava o maior peso específico seco e, assim, foram feitos ensaios de Índice de Suporte Califórnia, obtendo, então, os valores de CBR e expansão. Na Tabela 2 estão apresentados os valores de CBR e expansão para as várias misturas. Para facilitar a compreensão, o nome da amostra tomou a energia de compactação adicionando a indicação de qual empresa o RCD está sendo empregado, por exemplo, Normal – A mostra que a amostra em questão é uma mistura de solo e rejeito da empresa A compactada com a energia normal.

Tabela 2 – Resultados de CBR e expansão

Amostra	CBR (%)	Expansão (%)
Normal – A	20	0,1
Intermediário – A	41	0,08
Normal – B	6	0,00
Intermediário - B	9	0,00

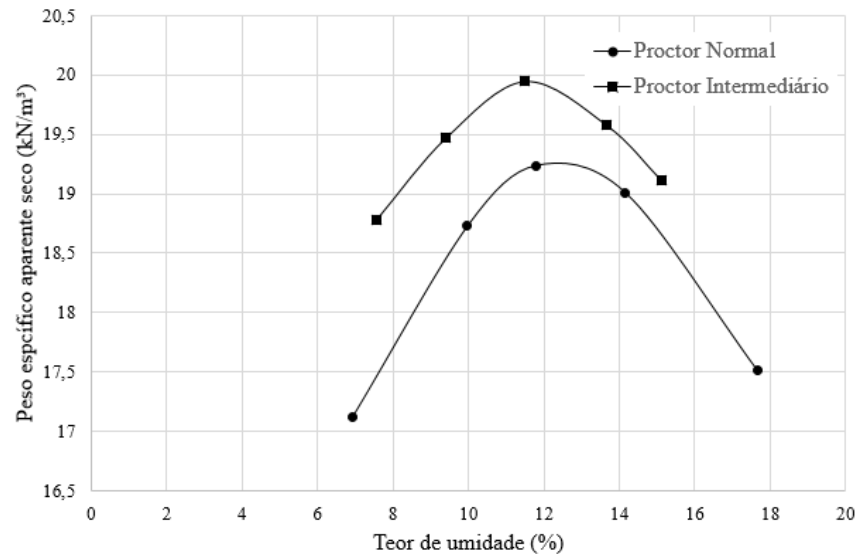
Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 4 – Resultados do ensaio de compactação da mistura de solos + RCD (Empresa A)



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 5 – Resultados do ensaio de compactação da mistura de solos + RCD (Empresa B)



Fonte: Autoria própria, 2018

Ao observar esses resultados, podemos tirar algumas conclusões diante dos critérios exigidos pela NBR 15.115/04. Para a camada de reforço de subleito é recomendado um CBR $\geq 12\%$ e expansão $\leq 1,0\%$, para a energia de compactação normal; para a camada de sub-base os valores devem ser CBR $\geq 20\%$ e expansão $\leq 1,0\%$; para a camada de base os valores são CBR $\geq 60\%$ e expansão $\leq 0,5\%$ para o valor de $N \leq 10^6$.

Diante dos limites impostos, foi possível verificar que a mistura de solo e o rejeito da empresa B não se mostraram adequados para nenhuma camada de pavimento, pelo menos quanto ao valor de CBR, já que o material não apresentou qualquer expansão na presença de água. Há a possibilidade do insucesso nos resultados da mistura com o resíduo B ser devido à granulometria do material, pois ele possui grãos bem uniformes e de grande dimensão, causando, assim, um enfraquecimento do esqueleto estrutural e permitindo uma maior deformação quando solicitado. Não obstante, a mistura com o resíduo da empresa A apresentou-se adequada para ser empregada nas camadas de reforço de subleito e sub-base, sendo aprovado tanto pelo valor de CBR quanto pela expansão indicada.

4 CONCLUSÕES

Através deste trabalho foi possível identificar que, apesar das pesquisas quanto ao resíduo de construção e demolição estarem na realidade dos estudiosos há vários anos e estes

determinando resultados positivos, atenta-se na importância da constante caracterização e verificação desse rejeito quanto ao comportamento mecânico. Esse alerta se deve ao fato deste material possuir uma grande heterogeneidade, uma vez que há vários locais de obtenção do mesmo, como também, diversas máquinas e equipamentos empregados no seu beneficiamento, o que resulta em um produto pouco constante e confiável.

Caso caracterizado e testado foi visto que é possível sim empregar esses materiais na pavimentação, o que é extremamente benéfico ao meio ambiente e aos cofres públicos, já que a grande maioria das obras rodoviárias são obras públicas.

Quanto aos materiais fornecidos na metrópole natalense, foi visto que o RCD obtido na empresa A possui as características físicas recomendadas pela norma, como também as características mecânicas necessárias para ser empregado nas camadas de reforço de subleito e sub-base. Cabe ressaltar que esse material não foi aprovado no critério de material passante na peneira #40, entretanto, foi considerado adequado mesmo assim. Já o resíduo provindo da empresa B não se mostrou com as características e propriedades demandadas na norma para ser empregado em nenhum tipo de camada, sendo assim descartado para o emprego na pavimentação.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.115:** agregados reciclados de resíduos sólidos de construção civil – execução de camadas de pavimentação – procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. **NBR NM 53:** agregado graúdo – determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2002.
- _____. **NBR 7181:** solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- _____. **NBR 7182:** solo – ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.
- BRASILEIRO, L. L.; Matos, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Revista Cerâmica**. v. 61. p. 178-189, 2015.
- BRITO FILHO, J. A. **Cidades versus entulhos**. In: _____ Seminário de desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. São Paulo, 1999.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Publicada no DOU no 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 213:** solos – determinação do teor de umidade. São Paulo. 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-ME 172:** solos – determinação de índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. São Paulo, 2016.
- FERNANDES, C. G. **Caracterização mecânica de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para uso em pavimentação dos municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.
- HORTEGAL, M. V.; Ferreira, T. C.; Sant’Ana, W. C. **Utilização de agregados resíduos sólidos da construção civil para pavimentação em São Luiz – MA**. Pesquisa em foco. v.17, n. 2, p. 60-74, 2009.
- LEITE, F. C. **Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido de construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.
- LIMA, L. C. **O ensaio DCP aplicado ao controle de qualidade de compactação de obras viárias executadas com solos lateríticos de textura fina**. Dissertação (Mestrado em Pós-graduação em Engenharia de Infra-estrutura Aeronáutica). Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São Carlos, 1999.
- MOTTA, R. S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.
- SANTOS, M. F. N.; Battistelle, R. A. G.; Hori, C. Y.; Julioti, P. S. **GEPROS – Gestão da produção, operações e sistemas**, 2011.
- Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX. v. 16, n. 2, 2018. ISSN: 2237 – 8685. Paper avaliado pelo sistema *blind review*, recebido em 19 de Abril de 2018; aprovado em 21 de Maio de 2018.

SIQUEIRA, M. S.; Gusmão, A. D.; Souza, P. C. M. Estudo geotécnico sobre a utilização de resíduos de construção e demolição como agregado reciclado em pavimentação, 2006.