

ESTUDOS PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA EXECUÇÃO DE CAMADAS DE PAVIMENTAÇÃO

Agleison Ramos Omido (*), Christian Souza Barboza, Arthur Silva Zimmer, Luiz Antonio Kerber Ardures, Luiz Henrique dos Santos Silva.

* Universidade Federal da Grande Dourados (agleisonomido@ufgd.edu.br)

RESUMO

O crescimento populacional e o consequente aumento da demanda por produtos e serviços dos mais diversos setores tem levado a sociedade a se preocupar, cada vez mais, com os recursos naturais que são consumidos e com os resíduos gerados ao longo de toda a cadeia produtiva. A indústria da construção civil faz parte desse cenário, assim, o desenvolvimento de suas atividades preocupa tanto pela necessidade da exploração de jazidas naturais em grande escala, quanto pela produção de resíduos sólidos, que em sua grande maioria são descartados sem tratamento e de maneira incorreta. Nesse contexto, essa indústria, que tanta resistência oferece para a utilização de ferramentas de gestão, começa a se preocupar com a implantação da logística reversa em sua linha de produção. Tanto as obras de engenharia formais quanto as informais, que são realizadas sem um responsável técnico, e/ou as pequenas reformas, geram uma quantidade considerável de resíduos que, via de regra, não recebem destino adequado. O reaproveitamento de resíduos de construção civil (RCC), além de evitar o descarte irregular dos mesmos, reduz a velocidade de exploração de jazidas naturais e diminui os custos dos serviços. O aproveitamento de RCC na execução de camadas de pavimentação é uma das opções para a reutilização desses materiais normalmente descartados, e a heterogeneidade dos produtos gerados a partir da sua reciclagem, aponta a necessidade de elaboração de estudos locais para sua aplicação. Na cidade de Dourados – MS, foram realizados ensaios para a verificação da possibilidade de utilização de agregados produzidos por uma empresa de reciclagem local em camadas de pavimentação. Foi verificada a impossibilidade da utilização dos agregados da forma como eles são disponibilizados por essa empresa, devido ao não atendimento às especificações apresentadas pelas normas vigentes. Uma estabilização granulométrica foi realizada, com adição de solo local a agregados reciclados de RCC de diferentes granulometrias. Tal procedimento colocou o material resultante dentro das especificações exigidas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de construção civil, Agregados reciclados, Pavimentação.

ABSTRACT

The population growth, and the consequent increasing demand for various products and services, have made society worry about the natural resources used and the waste generated in the production chain. The construction industry is part of this, therefore the development of its activities leads to a concern regarding large-scale natural exploitation and production of solid waste, which is mostly disposed incorrectly and untreated. In the given background, the construction industry, one that shows great resistance against the application of management tools, has begun to worry about using reverse logistics on the production line. The formal engineering works, as well as the informal ones that are carried out without a manager, and/or minor renovations, produce considerable waste that do not get suitable disposal. Reusing civil construction waste, besides avoiding incorrect disposal, decreases the velocity of exploitation of natural resources and reduces service expenses. The use of that waste in the construction of pavement layers is a way to reuse this materials that are usually wasted, and the heterogeneity of the products of the recycling process indicates the need of developing local researches for its application. Tests were carried out in Dourados - MS to confirm the possibility of using recycled aggregates produced by a local recycling company in pavement layers. It was proven that it is not possible to use the raw aggregates as they are delivered by the company, as they do not meet the applicable standards. Particle stabilization was made by adding local soil to recycled construction waste aggregates of different grain sizes. This procedure made the compound be compliant with the standards.

KEY WORDS: Civil construction waste, Recycled aggregates, Paving.

INTRODUÇÃO

A indústria da Construção Civil é de suma importância no desenvolvimento econômico e social, porém, na contramão da sustentabilidade, é uma das grandes causadoras de impactos ambientais ao consumir recursos naturais não renováveis e ao produzir grande volume de resíduos, que raramente recebem tratamento para serem descartados.

Essa indústria é um segmento importante da sociedade, considerado como um parâmetro econômico e social de um país. Geralmente este segmento é um dos primeiros a sofrer impactos diretos da economia, podendo ter crescimento expressivo ou mesmo sofrer recessão de acordo com a condição financeira do país em questão. No Brasil, de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC, em 2017 o mercado da construção civil representou 7,3% do PIB.

Entretanto, esse é um dos setores que mais produz resíduos e grande parte deste material é descartado de forma incorreta. Como consequência desse descarte irregular podemos citar a poluição de vias, rios, córregos, terrenos baldios e áreas de mananciais (TRICHÊS E KRYCKYJ, 1999). O município de Dourados não foge à regra geral e o descarte irregular na região urbana também é uma realidade, alguns desses locais são mostrados na Figura 01.

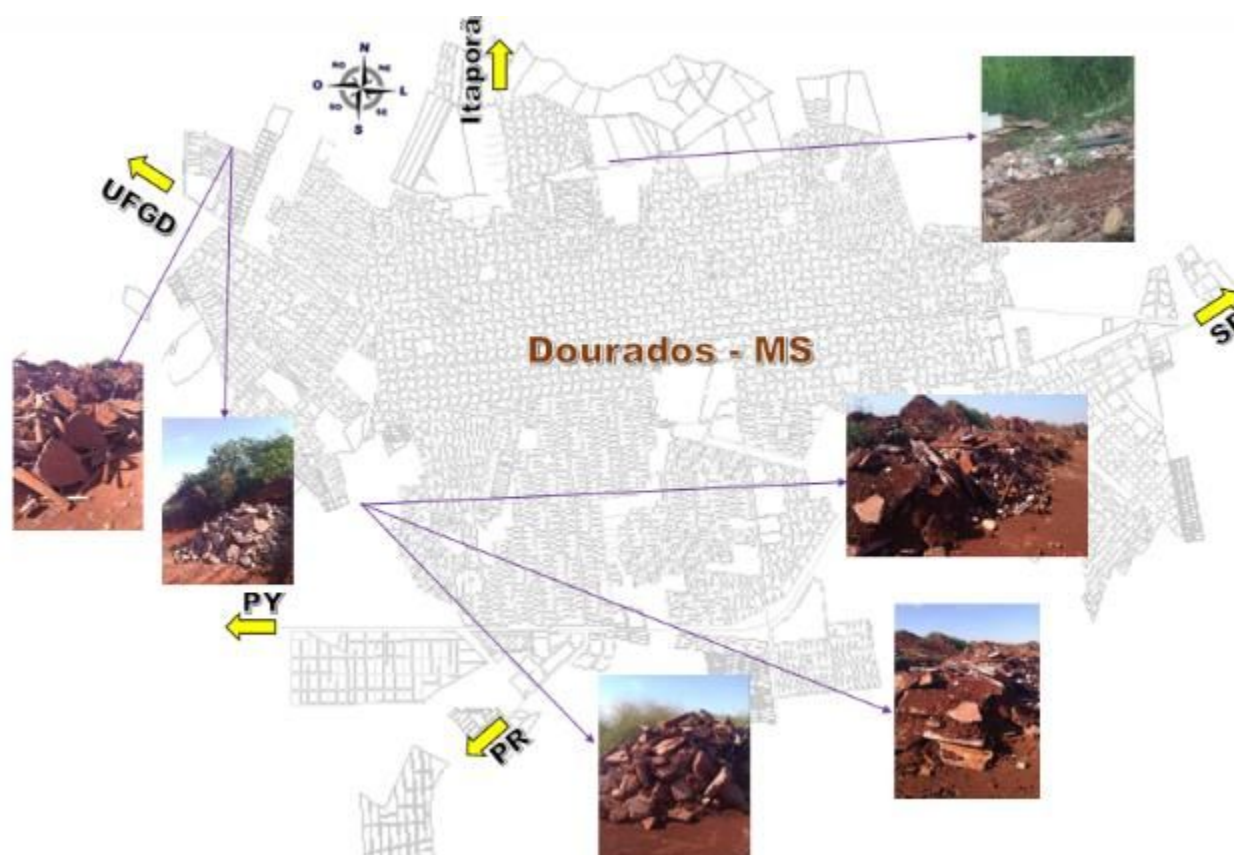


Figura 01: Alguns locais de descarte irregular de RCC no município de Dourados, MS - Sem escala.
Fonte: Autor do trabalho.

Conforme Guerra (2009), 75% dos resíduos gerados pela construção civil nos municípios são oriundos de obras de pequeno porte sem o acompanhamento de um profissional habilitado, ou seja, obras de demolição, construção e reformas que muitas vezes são realizadas pelos próprios moradores destes imóveis.

Segundo uma pesquisa do Green Building Concil Brasil¹, a construção civil é uma das indústrias que mais consome recursos naturais além de ser responsável por cerca de 25% a 30% dos gases lançados na atmosfera. A questão dos resíduos de construção civil tem sido amplamente discutida no Brasil devido ao grande volume gerado, representando cerca de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados (Marques Neto, 2005).

1. Organização não governamental que visa fomentar a indústria de construção sustentável no Brasil (<http://www.gbcbrazil.org.br>).

A grande quantidade de resíduos gerados por essa indústria e a possibilidade de seu reaproveitamento, tem incentivado uma busca crescente para sua reutilização. Algumas das aplicações dadas ao material anteriormente descartado são: agregado para concreto não estrutural; agregado para argamassa; cascalhamento de estradas; preenchimento de vazios em construções; reforço de aterros; preenchimento de valas; execução de barragens de pequeno porte e execução de camadas de pavimentação.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo a realização de estudos de granulometria no sentido de viabilizar a utilização de uma mistura de solo do município de Dourados - MS com agregados reciclados de RCC fornecidos por uma usina de reciclagem do mesmo local, na execução de camadas de pavimentação.

PAVIMENTAÇÃO COM RCC

A necessidade de expansão da malha viária pavimentada brasileira faz com que a utilização do RCC em camadas para pavimentação torne-se uma alternativa viável tanto para a administração pública quanto para a privada, em virtude do ganho ambiental e de seu custo. Segundo Motta(2005), a maior vantagem da utilização destes resíduos está no aspecto econômico pois é possível encontrar estes materiais no mercado com um valor inferior aos utilizados convencionalmente.

Outro fator relevante é a redução da agressão ao meio ambiente motivada pela economia de jazidas naturais, devido à redução da velocidade de exploração somada à redução dos custos de operação e prolongamento da vida útil dos aterros sanitários existentes, uma vez que os RCCs deixam de ser ali depositados (LEITE, 2007).

A NBR 15115/2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos (ABNT, 2004), apresenta os requisitos necessários para a utilização destes resíduos na execução de camadas de pavimentos. Segundo a norma, o agregado reciclado deve ser submetido aos mesmos ensaios realizados com os agregados oriundos de jazidas naturais, sendo exigida a obtenção dos parâmetros de referência estabelecidos por norma. Outra publicação norteadora de trabalhos para avaliações de desempenho e condições de utilização de RCC é a Especificação Técnica de Serviços 001/2003, editada pela Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) (PMSP, 2003).

Apesar de as normas existentes não estabelecerem uma faixa granulométrica para uso de agregado reciclado em pavimentação, são fixados alguns requisitos que devem ser atendidos, como dimensão característica máxima dos grãos, porcentagem de material passante na peneira 40 (abertura de 0,42 mm), Coeficiente de Uniformidade (C_u) e Coeficiente de Curvatura (C_c). Os valores dos coeficientes de uniformidade e curvatura podem ser determinados, respectivamente, a partir das equações (1) e (2) abaixo (Pinto, 2006):

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Equação (1)}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad \text{Equação (2)}$$

Sendo:

C_u : Coeficiente de uniformidade.

C_c : Coeficiente de curvatura.

D_{10} : Diâmetro correspondente a 10% da porcentagem passante, em mm.

D_{30} : Diâmetro correspondente a 30% da porcentagem passante, em mm.

D_{60} : Diâmetro correspondente a 60% da porcentagem passante, em mm.

Outra recomendação para o uso dos RCC em camadas de pavimentação é a de que os agregados devem ser livres de excesso de partículas da forma lamelar e/ou alongadas. O Quadro 01 apresenta os aspectos e os respectivos limites contemplados pela norma e especificação brasileiras.

Quadro 01: Aspectos e os respectivos limites contemplados pelas norma e especificação brasileiras.

Fonte: Adaptado de PMSP, 2003 e ABNT, 2004.

Norma/ Especificação	Dimensão característica máxima dos grãos (mm)	Porcentagem passante na peneira 0,42 mm (%)	C_u	C_c	Porcentagem de grãos lamelares (%)
ABNT NBR 15115/2004	63,50	$10 \leq P \leq 40$	≥ 10	NC	< 30
PMSP/SP ETS-01	50,00	$10 \leq P \leq 30$	≥ 10	$1 \leq C_c \leq 3$	< 30

Os limites impostos podem inviabilizar a utilização de agregados que não atendam às especificações da forma como saem da reciclagem. O problema pode ser contornado com a elaboração de uma mistura em proporções determinadas de agregados disponibilizados pela empresa de reciclagem e solo a ser utilizado.

METODOLOGIA

Neste trabalho, realizamos estudos para verificar a adequação dos agregados reciclados de resíduos de construção civil disponibilizados por uma empresa local, adicionado a solo da região, estabelecendo um traço de forma a atender os requisitos apresentados pela norma e especificação.

Para a realização dos ensaios foram coletadas na usina amostras com cinco granulometrias diferentes, denominadas A1, A2, A3, A5 e A5, além de solo (S) retirado de uma caixa de empréstimo utilizada na pavimentação de vias de nossa Universidade. A Figura 02 permite a verificação visual das diferentes granulometrias apresentadas pelas amostras.

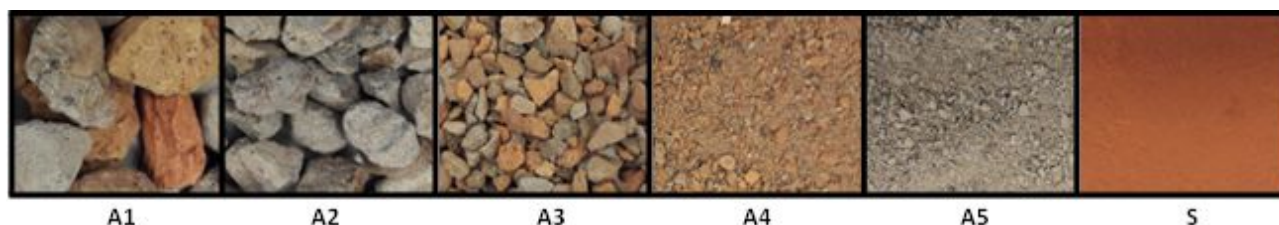


Figura 02: Amostras dos agregados de RCC (A1, A2, A3, A4 e A5) e do solo (S) utilizado.

Fonte: Autor do trabalho.

Granulometria

Os ensaios de granulometria no solo e nas amostras dos agregados reciclados de RCC foram executados com peneiras redondas da série normal da Tamis Produtos Laboratoriais® e de acordo com a norma utilizada para solos, NBR 7181 (ABNT, 2004). Completaram os equipamentos do ensaio uma balança com precisão centesimal de 0,01 gramas, modelo UX6200H da Shimadzu®, e um agitador eletromagnético para peneiras da Bertel®.

As curvas granulométricas obtidas permitiram a determinação de alguns parâmetros utilizados na verificação da aplicabilidade dos agregados. Também foram preparadas amostras em diferentes proporções de solo e RCC para a execução de ensaios de caracterização dos traços obtidos afim de determinar de uma proporção ótima.

Forma dos grãos

A determinação da forma seguiu a metodologia da NBR 6954 (ABNT, 1989). A análise foi realizada com um paquímetro digital Starret 727-6/150 com precisão de 0,01 mm, sendo executadas medidas do comprimento, largura e espessura de cada grão (Figura 03) e a partir de relações entre as dimensões obtidas, os mesmos foram classificados de formato cúbico, alongado, lamelar ou alongado-lamelar como preconiza a norma.



Figura 03: Medição dos agregados para determinação da forma dos grãos.
Fonte: Autor do trabalho.

RESULTADOS

Os ensaios de granulometria nos agregados de RCC e solo seguiram a metodologia da NBR 7181 (ABNT, 1984), sem lavagem do material. As curvas granulométricas obtidas são mostradas na Figura 04.

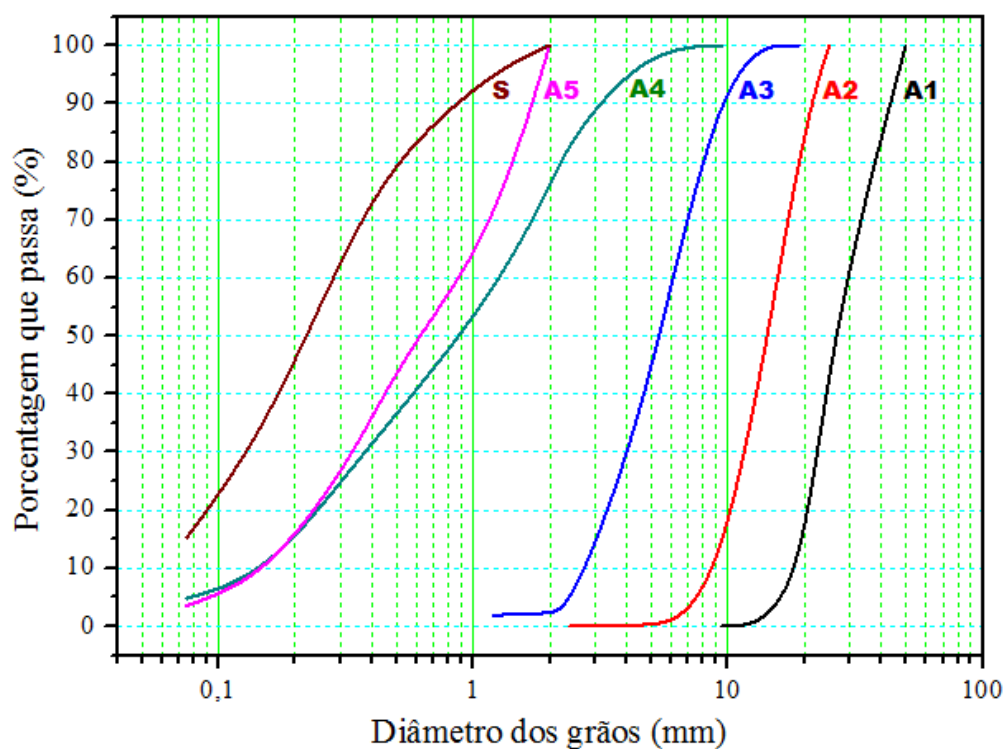


Figura 04: Curvas granulométricas das amostras dos agregados de RCC (A1, A2, A3, A4 E A5) e do solo utilizado.

Fonte: Autor do trabalho.

As curvas granulométricas permitiram a obtenção do diâmetro característico máximo e porcentagem passante na peneira de abertura 0,42 mm. Também foram determinados os coeficientes de uniformidade (C_u) e de curvatura (C_c) com a aplicação das equações (1) e (2) respectivamente. Os resultados encontram-se dispostos no Quadro 02.

Quadro 02: Características das amostras obtidas a partir das curvas granulométricas.

Fonte: Autor do trabalho.

ASPECTO	AMOSTRAS					
	S	A1	A2	A3	A4	A5
Diâmetro característico máximo dos grãos (mm)	1,2	1,8	4,2	12,0	25,0	48,0
Porcentagem passante na peneira 0,42 mm (%)	75,0	40,0	32,0	0,0	0,0	0,0
C_u	3,9	1,6	2,0	2,1	9,3	6,0
C_c	0,9	0,8	0,9	1,0	0,8	0,8

Os valores obtidos apontaram a impossibilidade de utilização desses agregados da maneira que saem da usina de reciclagem, uma vez que não atendem aos limites apresentados no Quadro 1. Assim, foi desenvolvido um traço como combinação dos materiais disponíveis e diferentes proporções. Para tanto, aplicou-se o processo algébrico de estabilização granulométrica de agregados de forma a obter uma granulometria compatível com a faixa C especificada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, (BRASIL, 2006)

O traço definido, denominado de Traço “A”, apresenta em sua composição 30% de Agregado 4, 25% de Agregado 3, 15% de Agregado 2, 10% de Agregado 1 e 20% de solo. Uma porção do material foi preparada e submetida ao ensaio de peneiramento cuja curva granulométrica é apresentada na Figura 05.

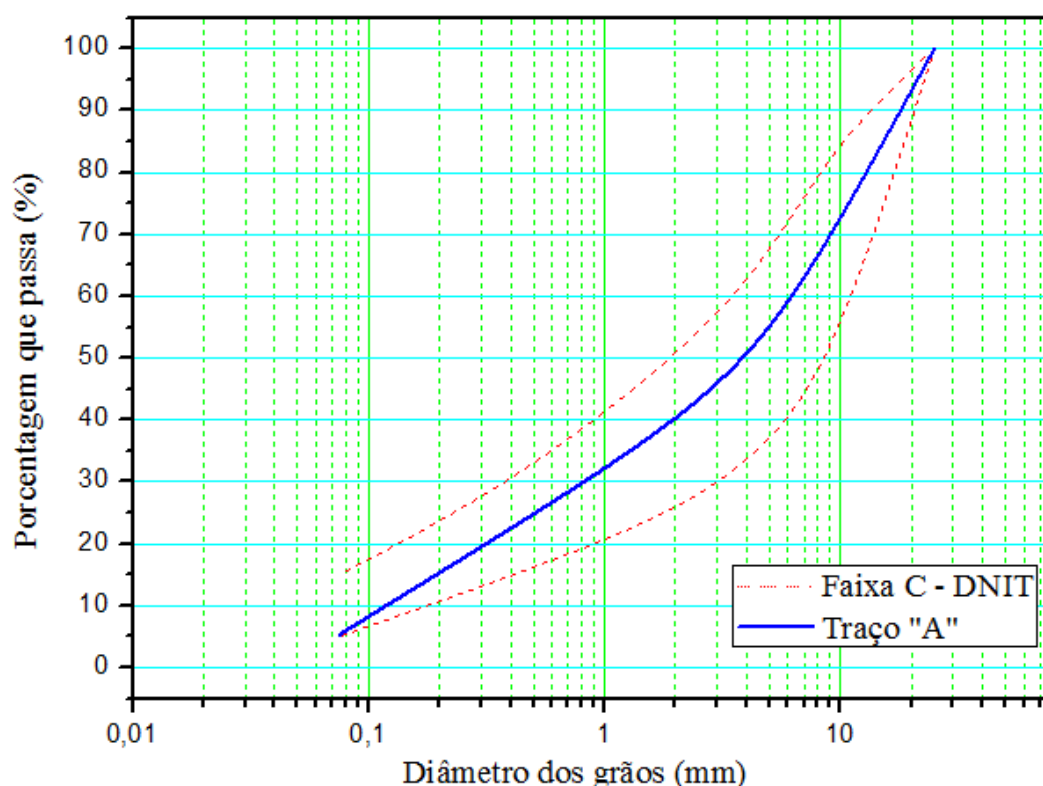


Figura 05: Curva granulométrica do Traço “A” dimensionado neste trabalho e faixa C do DNIT.

Fonte: Autor do trabalho.

A curva granulométrica obtida demonstra o sucesso no processo de estabilização granulométrica realizada, uma vez que o resultado apresenta um agregado inserido na faixa C especificada pelo DNIT (BRASIL, 2006), como se pretendia. As

características relacionadas ao agregado definido pelo Traço “A” foram determinadas a partir da curva granulométrica e de acordo com a metodologia definida anteriormente, sendo os resultados encontrados no Quadro 03.

Quadro 03: Características da amostra Traço “A” obtidas a partir da curva granulométrica.

Fonte: Autor do trabalho.

Aspecto	Traço "A"
Diâmetro característico máximo dos grãos	25 mm
Porcentagem passante na peneira 0,42 mm	22,80%
C_u	56,18
C_c	1,01

Os resultados obtidos demonstram que o Traço “A” determinado neste trabalho atende às exigências granulométricas requeridas tanto pela NBR 15115 (ABNT, 2004) quanto pela Instrução de Serviço editada da Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP, 2003), apresentadas no Quadro 01. A forma dos grãos e as respectivas porcentagens observadas no agregado Traço “A” estão dispostas no Quadro 04.

Quadro 04: Forma dos grãos e respectivas porcentagens presentes no Traço “A”.

Fonte: Autor do trabalho.

Classificação da forma	Presença no Traço "A"
Cúbica	75,50%
Alongada	7,50%
Lamelar	17,00%
Alongada-lamelar	0,00%

O Quadro 04 mostra que o Traço “A” é composto, em sua grande maioria, por partículas cúbicas, seguidas das lamelares e alongadas, nesta ordem. Nota-se também a ausência de partículas da forma alongada-lamelar. A norma e especificação para utilização de agregados reciclados de RCC em camadas de pavimentação define que o percentual máximo de partículas da forma lamelar presentes no agregado não deve ultrapassar o valor de 30% (ABNT, 2004; PMSP, 2003). Foram encontradas na amostra analisada 17% de partículas lamelares, o que satisfaz a normatização vigente.

CONCLUSÃO

Os estudos realizados demonstraram que, apesar dos agregados reciclados de RCC, ao sair da usina, não atenderem à normatização para seu emprego em camadas de pavimentação, o desenvolvimento de traços em diferentes proporções de agregados de RCC e solo local é capaz de resultar em um material dentro das especificações exigidas.

Neste trabalho, o foco foi o atendimento às especificações granulométricas do agregado. Estudos precisam ser conduzidos no sentido de completar a análise e obter, para o Traço “A”, os valores de seus Limites de Consistência, Equivalente de Areia, Índice de Suporte Califórnia (Califórnia Bearing Ratio – CBR) e Módulo de Resiliência, verificando-se, assim, a aplicabilidade desse material em camadas de pavimentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6954. Lastro Padrão – Determinação da forma do material**. Rio de Janeiro, 1989.
2. _____. **NBR 7181. Solo: Análise granulométrica – Método do ensaio**. Rio de Janeiro, 2004.
3. _____. **NBR 15115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004. Malheiros, R., Campos, A.C., Oliveira, D.G., Souza, H.A.
4. Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura De Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.
5. Guerra, J. de S. **Gestão de resíduos da construção civil em obras de edificações**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Pernambuco. Recife, 2009. 105f.
6. Leite, F. C. **Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos** / Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. 185 p.
7. Marques Neto, José da Costa. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil**. São Carlos: Rima, 2005. 162 p.
8. 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, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005. 134f.
9. Pinto, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3ª Edição. Oficina de textos. São Paulo, 2006.
10. Prefeitura Municipal de São Paulo/SP. ETS-001: **Camadas de reforço do subleito, sub-base e base mista de pavimento com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil**. Secretaria de Infra-estrutura Urbana, Especificação Técnica de Serviço, São Paulo, 2003.
11. Trichês, G.; Kryckyj, P.R. **Aproveitamento de entulho da construção civil na pavimentação urbana**. Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 4, São José dos Campos, 1999. Anais..