

Estudo de Caso da Utilização do RCD (Resíduos de Construção e Demolição) nos Reparos de Pavimentos de Ruas e Avenidas de Piracicaba SP.

José W. Vedroni e David de Carvalho

Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP – Barão Geraldo, Campinas, Brasil

RESUMO: Este trabalho refere-se a um estudo de caso de aplicação da parcela mineral do RCD (Resíduos Sólidos de Construção e Demolição), na cidade de Piracicaba SP. Estes resíduos são muitas vezes depositados de forma irregular no meio urbano, nas encostas, próximos a cursos d'água, áreas verdes ou institucionais, servindo de vetor para a proliferação de doenças e contaminações. O estudo concentrou-se nas suas características físicas, mecânicas e químicas, com análises para detecção de possíveis contaminantes. Propõe-se uma metodologia de sua utilização, com a adição de uma porcentagem de cimento, na repavimentação de ruas e avenidas, após manutenção na rede de fornecimento de água e esgoto, executada pelo SEMAE (Serviço Municipal de Água e Esgoto). Desta maneira sua utilização torna-se uma fonte de vazão para aplicação como matéria prima, contribuindo com a preservação do meio ambiente, diminuindo a retirada de recursos naturais e o volume de aterro de inertes.

PALAVRAS-CHAVE: Entulhos, Resíduos Sólidos, RCD, Valas, Reparos.

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos dos mais diferentes tipos é uma característica da atual população e muitas vezes suas conseqüências são desastrosas para o eco-sistema.

No capítulo 21 da AGENDA 21 DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, sugere-se que a reciclagem se dê em todos os setores da produtividade. Porém, atualmente, o descarte dos resíduos da construção civil, muitas vezes ocorre sem a preocupação com o meio ambiente. Tal prática pode ser notada, em aterros sanitários, logradouros públicos, corpos d'água, áreas verdes ou em outros espaços públicos, sem levar em conta os possíveis impactos que possam ser gerados na natureza.

Uma das soluções para esse problema pode ser a reutilização desse material, como a que vem proposta neste estudo de caso, que tem como objetivo analisar o RCD (Resíduos de Construção e Demolição) e a viabilidade da sua utilização na repavimentação de ruas e avenidas, após reparos nas tubulações que fornecem água e retiram os esgotos de cidades.

2 TERMINOLOGIA

Usualmente os resíduos são chamados de entulhos da construção. Neste trabalho a terminologia será RCD (Resíduos de Construção e Demolição) que vem sendo utilizada no meio técnico, constando já em normas técnicas e trabalhos científicos publicados.

3 CLASSIFICAÇÃO

3.1 Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) NBR 10004.

Os resíduos são classificados em: CLASSE I (perigosos) e Classe II (não perigosos).

Dentro da Classe II, tem-se a Classe IIA (não inertes) que são aqueles que têm propriedades tais como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, e a Classe IIB (inertes) que são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático

com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tem em seus constituintes concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G.

3.2 Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Segundo o CONAMA 307 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), o RCD está classificado da seguinte forma:

- Classe A – alvenaria, concreto, argamassas e solos. Destinação: reutilização ou reciclagem com uso na forma de agregados, além da disposição final em aterros licenciados;
- Classe B – madeira, metal, plástico e papel. Destinação: reutilização, reciclagem ou armazenamento temporário;
- Classe C – produtos sem tecnologia disponível para recuperação (gesso). Destinação: conforme norma técnica específica;
- Classe D – resíduos perigosos (tintas, óleos, solventes, amianto etc).

3 LOCAL DO ESTUDO

Piracicaba, onde está sendo empregada essa metodologia de reciclagem dos resíduos, é uma cidade em desenvolvimento, com estimativas de grande potencial para o crescimento. Tem uma população de 355 mil habitantes, segundo fonte do IBGE em 2002.

A geração de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) é de 206 t/dia, conforme fonte da SMA (Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo), por meio de seu inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares de 2004.

Conforme dados fornecidos pela EMDHAP (Empresa Municipal de Habitação de Piracicaba), responsável pela usina de reciclagem, em 2004, foram beneficiadas 105 toneladas de resíduos por dia.

A frequência de manutenção executada pelo SEMAE (Serviço Municipal de Água e Esgoto) em suas redes de água e esgoto que ficam sob a pavimentação, é grande. A metodologia proposta substitui o sistema tradicional de uso

de recursos naturais para fechamento das valas abertas, por um sistema que utiliza materiais reciclados de forma sustentável.

5 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo investigar o RCD e apresentar uma metodologia de sua aplicação, com adição de uma porcentagem de cimento, para obras de repavimentação executada pelo SEMAE, como matéria prima para fechamento de valas, na aplicação em bases e sub-bases.

6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo (Carneiro et al. 2001) a utilização de entulho como agregado reciclado, em camadas de pavimentos urbanos, é uma das formas de reciclagem mais difundidas para esse resíduo e (Leite et al. 2005), foi aplicado RCD como base e sub-base na pavimentação do sistema viário USP-LESTE tendo resultados positivos tanto em campo quanto em laboratório.

7 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado é a parte mineral do RCD, reciclado em uma usina de britagem, onde é possível o beneficiamento destes resíduos conforme Figura 1.



Figura 1. Usina de reciclagem de resíduos em Piracicaba.

O equipamento capaz de fazer este processo é chamado de triturador, que neste caso foi o do tipo mandíbula.

Os resíduos passam por ele e são triturados e transportados por uma correia até as peneiras, que os separam em: areia, pedrisco, brita 1, 2 e a bica corrida (material britado não classificado e extraído diretamente após britagem secundária), Figura 2.



Figura2. Materiais reciclados: bica corrida e areia.

A bica corrida, neste caso, compreendida entre os diâmetros de 4,8 a 19mm, e a areia abaixo de 4,8mm, foram os materiais aplicados no método de fechamento das valas e na repavimentação em Piracicaba, conforme metodologia que será detalhada adiante.

Para sua aplicação, foram estudadas suas propriedades químicas (para verificação quanto a possíveis contaminantes), físicas e mecânicas.

8 ENSAIOS

8.1 Propriedades Químicas

Para a determinação de propriedades químicas, seguiu-se o determinado no artigo 16 do decreto N.º 8468 e os procedimentos do “Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20th edition” e metodologia EPA Method 8260.

8.2 Propriedades Físicas

Quanto às propriedades físicas foram realizados ensaios para determinação de suas

características de consistência, granulometria e resistência mecânica, de acordo com procedimentos estabelecidos por Norma.

O Índice de Suporte Califórnia foi determinado utilizando-se o ensaio CBR DNER – ME 049:1994.

Os ensaios foram executados variando-se a energia de compactação, sendo os corpos de prova embebidos em água durante 96 horas.

A NBR 15116/04, define que os requisitos dos agregados reciclados para a utilização em pavimentação é CBR > 20 e expansão < 1%;

Os ensaios de compressão axial foram realizados em corpos de prova com diferentes dosagens de cimento, para verificar aquela que apresenta maior resistência após sete e 28 dias da moldagem do corpo de prova. Os corpos de prova foram compactados no cilindro do ensaio Proctor Normal, na energia intermediária.

A norma da PMSP (Prefeitura Municipal de São Paulo) exige, para bases mistas de pavimentos com RCD, $f_{ck} \geq 2,1$ MPa.

9 RESULTADOS

9.1 Ensaio de Índice Suporte Califórnia (CBR).

Os ensaios foram executados alternando-se a energia de compactação, imersos em água durante 04 dias, sendo os valores obtidos a partir da ruptura de 05 corpos de prova para cada energia de compactação. A Tabela 1 apresenta a média aritmética do resultado dos ensaios.

Tabela 1. Resumo ensaios de CBR após imersão em água de 04 dias.

ENERGIA de COMPACTAÇÃO	CBR %	EXPANSÃO %
Aplicado 19 golpes	37,0	0,5
Intermediária 26 golpes	54,0	0,3
Aplicado 36 golpes	78,0	0,2
Aplicado 46 golpes	92,0	0,0
Modificado 55 golpes	124,0	0,0

9.2 Compressão Simples

Procedeu-se a ruptura de amostras no ensaio de compressão simples, em corpos de prova com adição de 3,0 e 6,0% de cimento CP II Porthand ao material reciclado e compactação na energia do Proctor intermediário e na umidade ótima, que neste caso é de 11,6%. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo dos ensaios de compressão simples.

ENSAIO	CIMENTO	CIMENTO
	EM PESO 3,0 %	EM PESO 6,0 %
	RESULTADOS	RESULTADOS
	MPa	MPa
1	1,7	2,6
2	1,8	2,7
3	1,6	2,8
MÉDIA	1,7	2,7

9.3 Granulometria

Foram executados ensaios conforme a norma NBR 7181, as amostras foram coletas na usina de reciclagem da EMDHAP.

Apresenta-se na Tabela 3 a média de três destes ensaios e as porcentagens encontradas que passam nas peneiras e o respectivo gráfico da curva granulométrica que está na Figura 3.

Tabela 3. Granulometria obtida.

PENEIRA #	ABERTURA mm	% QUE PASSA
¾ polegadas	19,5	100
½ polegadas	12,7	91,3
3/8 polegadas	9,5	81,3
N.º 4 ASTM	4,8	59,7
N.º 10 ASTM	2,0	38,7
N.º 40 ASTM	0,42	18,7
N.º 80 ASTM	0,18	12,3
N.º 200 STM	0,074	6,3

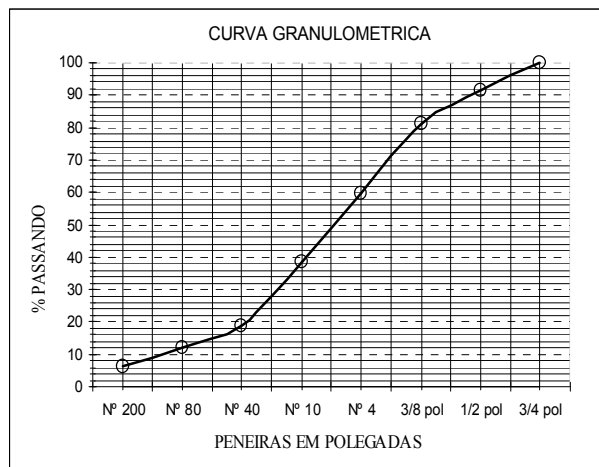


Figura 3. Curva granulométrica encontrada.

Valores encontrados:

- Dimensão máxima característica = 19mm;
- Coeficiente de Uniformidade (U) = 5;
- Coeficiente de Curvatura (Cc) = 1,1;
- Material < 0,42 mm = 18,7%

Valores recomendações na norma NBR 15116:2004;

- Coeficiente de Uniformidade (Cu) > 10;
- Dimensão máxima característica = < 63mm;
- Índice de forma = < 3;
- Material < 0,42mm = Entre 10 e 40%;

9.4 Lixiviação e Solubilização

Os ensaios foram executados no Laboratório Thomson de Espectrometria de Massas do Instituto de Química da UNICAMP. O RCD apresentou aspecto sólido, cor Marrom. O resíduo não apresentou líquidos livres, para 100g (gramas) de material suspenso, durante 5 minutos no funil de malha 60 mesh. No extrato solubilizado encontrou-se 34,5 mg/L de Nitrato.

Sua classificação conforme NBR 10004 de 2004 foi de material CLASSE IIA - NÃO PERIGOSO - NÃO INERTE.

10 APLICAÇÃO DO MÉTODO

10.1 Fechamento das valas

Para o fechamento das valas, na primeira etapa, colocam-se agregados finos (areia), Figura 4, oriundos da reciclagem do RCD, em uma camada de aproximadamente 30cm, tomando-se cuidado para não danificar a tubulação.

A função desta camada é proteger os tubos de possíveis agregados que possam danificá-los e absorver o excesso de umidade causado pelos vazamentos durante o processo de reparo, executando-se então a compactação, com cuidado para não danificar a tubulação reparada.

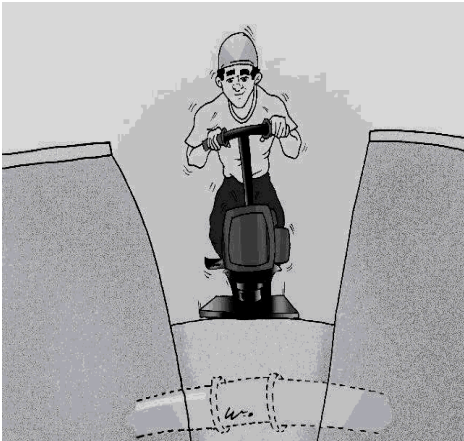


Figura 4. Processo de fechamento da vala.

10.2 A próxima etapa, conforme apresentado na Figura 5, consiste no preenchimento da vala. Devem ser feitas em camadas de 20cm, com a bica corrida do RCD, adicionando-se água, se necessário. A compactação é realizada com o compactador mecânico manual (sapo) até atingir-se o grau desejado de 95% do Proctor Normal, até 19cm do topo da vala.

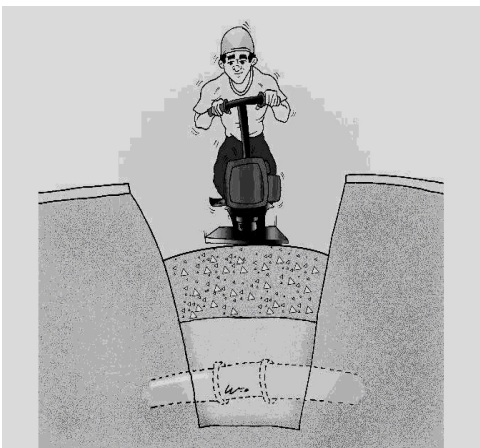


Figura 5. Reaterro da vala com bica corrida.

10.3 A camada de base, conforme Figura 6, é a última camada da vala que utiliza o RCD.

Na camada de base é adicionado 6,0 % de cimento Portland CP II ou CP III em peso, e

água se necessário. Procede-se à compactação até 95% do Proctor Intermediário, conforme já mencionado anteriormente, deixando-se 4,0cm de espaço para ruas e 5,0cm para avenidas, a serem preenchidos com a camada de rolamento.

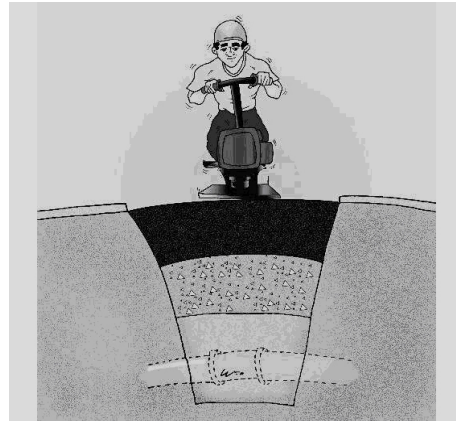


Figura 6. Execução da base.

10.4 A camada de rolamento de 4 ou 5cm é executada após o processo de cura da base, aplicando o CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente), manualmente. Recomenda-se a faixa granulométrica C' do DER-SP (Departamento de Estradas e Rodagem) de São Paulo. São conferidos os perfis transversais, longitudinais e, caso seja necessário, faz-se à correção da base, compactando com rolo.

Antes da aplicação do CBUQ, conforme Figura 7, é necessária à aplicação de uma pintura de ligação com emulsão betuminosa do tipo cura rápida RR 1C ou RR 2C. Depois da compactação, libera-se a via para o trânsito.



Figura 7. Camada final de rolamento CBUQ.

11 CONCLUSÃO

A aplicação do RCD só foi possível após o município ter implantado o sistema de gestão sustentável dos resíduos de construção, pois o sistema garante a disponibilidade dos resíduos como matéria prima.

Segundo as normas atuais, o RCD de Piracicaba pode ser utilizado para fins específicos. Porém, para garantir-se a qualidade do material dentro das normas, é necessário um controle mais rigoroso na seleção, para que a quantidade de Nitratos não fique acima dos padrões estabelecidos. Orienta-se executar um número maior de ensaios a fim de obter-se um banco de dados mais representativo para seu controle.

O valor de CBR que melhor atende ao estudo é o da energia intermediária. O Coeficiente de Uniformidade encontrado foi de cinco, que é menor que o valor requerido pela norma, que é de 10. Porém este fato não trouxe nenhuma dificuldade em se trabalhar com o material.

Pode-se avaliar que o desempenho do pavimento esta sendo bom nesse período após sua execução (praticamente dois anos sem apresentar problemas ou qualquer outra patologia na repavimentação executada pelo SEMAE).

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 6459. (1984). Rio de Janeiro Solo: determinação do limite de liquidez: método de ensaio.
- ___ NBR 7181. (1984). Rio de Janeiro: Solo: análise granulométrica: método de ensaio.
- ___ NBR 10004. (2004). Rio de Janeiro: Resíduos Sólidos: Classificação Lixiviação de Resíduos: Procedimentos.
- ___ NBR 10006. (2004). Rio de Janeiro: Solubilização de Resíduos: Procedimentos
- ___ NBR 11804. (1991). Rio de Janeiro: Materiais para sub-base ou base de pavimentos estabilizados granulometricamente: especificação.
- ___ NBR 15115. (2004). Rio de Janeiro: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.
- ___ NBR 15116. (2004). Rio de Janeiro: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.
- CARNEIRO, A. P.; P. C. Burgos e E. P. V. Alberte (2001) Uso do Agregado Reciclado em Camadas de Base e Sub-base de Pavimentos. *In: Projeto Entulho Bom*. EDUFBA /Caixa Econômica Federal, pg 190-227, Salvador, BA.
- DNER – ME 049 (1994). Rio de Janeiro: CBR Solo: Índice de Suporte Califórnia: método de ensaio amostras não trabalhadas. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem.
- LEITE, F. C.; LIEDI L. B. B. e PAULO F. A. S. (2005) Controle Tecnológico de Trecho Experimental Empregando Agregado Reciclado de Resíduo Sólido da Construção Civil como Base e Sub-Base de Pavimento - Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da USP.