

# **CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) DA CIDADE DE MACAÉ - RJ**

**Lauro Santos Norbert Costa**  
Bolsista PCI, Engenheiro Metalurgista, M.Sc.

**Salvador Luiz Matos de Almeida**  
Orientador, Engenheiro Metalurgista, D. Sc..

## **Resumo**

A viabilidade técnica e econômica de uma área de triagem ou usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) dependem da composição do material, condições de mercado para os potenciais produtos e escala de geração de RCD de cada município. O desafio, hoje, é desenvolver um sistema de gerenciamento e processamento capaz de atender à resolução CONAMA 307 e melhorar a qualidade do agregado reciclado para o emprego em concreto. O objetivo deste trabalho é analisar a distribuição dos materiais presentes no RCD de Macaé, RJ. Foram coletadas 52 amostras representativas de caçambas de RCD. As amostras foram peneiradas e suas frações granulométricas foram caracterizadas quanto à composição. Como conclusões, apesar da fração mineral corresponder a 94% do RCD, o teor de gesso impede a reciclagem como agregados para concreto. Um sistema de escalpe com grelha de 25,4mm pode resultar numa massa de 42,60% de agregado mineral com teores próximos ao crítico o principal contaminante orgânico (madeira), num produto grosseiro.

## **1. Introdução**

Poucas prefeituras possuem planos de gerenciamento para os resíduos de construção e demolição (RCD), apesar das resoluções do CONAMA 307 e 348 estarem em vigor desde 2003 Campos (2005). Estes planos, que estabelecem procedimentos de gestão e destinação dos resíduos de cada cidade, são peças fundamentais ao desenvolvimento urbano sustentável. Segundo esta resolução, o RCD deve ser separado, seja em canteiro, em empresas especializadas de triagem ou reciclagem em quatro classes:

- a) Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados compostos por diversos materiais de origem mineral, tais como produtos à base de cimento como blocos, concretos, argamassas, etc; produtos cerâmicos como tijolos, telhas etc, rochas e solos entre outros;
- b) Classe B : resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, asfaltos e outros;
- c) Classe C: resíduos sem tecnologia de reciclagem disponível como, no caso brasileiro, o resíduo de gesso;
- d) Classe D: resíduos considerados perigosos, como os de concreto amianto (incluindo cimento-amianto), tintas, solventes, óleos e outros.

O desafio hoje é desenvolver um sistema de gerenciamento de RCD que seja viável em diferentes situações. Em muitas cidades brasileiras já existe mercado para plásticos, papel/papelão, metais e até madeira (Classe B) Pinto, T.P. et al (2005). Estes produtos possuem diferentes valores de comercialização e o conteúdo dos mesmos varia de região para região, o que influi diretamente nesta viabilidade. O conteúdo de resíduos perigosos afeta o custo de transporte de aterros.

No caso da reciclagem do resíduo mineral (Classe A), a presença de contaminantes tais como gesso, cloretos e vidro pode inviabilizar a produção de agregado reciclado para concreto (Hendricks, 2000; DIN, 2002; ABNT, 2004), que é um grande consumidor de agregados naturais Angulo et al (2005). Agregados de alta qualidade para concreto podem requerer limites ainda mais restritos Mueller (2006). A elaboração de um balanço de massa representativo que dimensione a importância das diferentes frações é uma etapa fundamental para desenvolvimento, análise e gestão dessas usinas de processamento, segundo Angulo et al (2005); Chaves et al (2006).

Apesar disto existe uma carência de dados nacionais de caracterização de RCD. Os poucos dados disponíveis geralmente são médias volumétricas de alguns materiais triados. Os procedimentos de amostragem e os períodos de coleta são desconhecidos. Os estudos, geralmente, não incluem todos os tipos de materiais que compõem o resíduo e não classificam as frações de acordo com as classes prescritas pela resolução CONAMA 307.

Na prática de uma usina de reciclagem, é possível reduzir a variabilidade da “matéria prima” que chega de forma simples: por exemplo refugando ou separando os carregamentos com elevado grau de contaminação. Peças de grandes dimensões podem ser estocadas em áreas específicas para desmonte. Carregamentos constituídos exclusivamente de concretos provenientes de origens conhecidas, resultam potencialmente em um produto mais homogêneo, de maior resistência mecânica e maior valor de mercado, que pode ser processado em separado Tam & Tam (2007). No entanto, a eficiência desta classificação visual é um aspecto pouco discutido na bibliografia nacional ou internacional. Este documento foi criado de modo a servir como guia de instruções e modelo para a redação dos trabalhos da XIII JIC do CETEM. É recomendável que o trabalho seja escrito por cima dele, aproveitando toda sua formatação.

As formatações de página assim como estilos de título, autores, afiliações, resumo, títulos de seções, texto, figuras, tabelas, equações, listas, etc. encontrados neste documento são o padrão obrigatório para os trabalhos da XIII JIC. Portanto, escrever sobre este documento constitui-se na maneira mais fácil de seguir este padrão.

## **2. Procedimento experimental**

### **2.1 Coleta das amostras**

Para se definir uma amostragem representativa, a coleta foi realizada em duas etapas a partir de: a) local onde o recebimento de RCD irregular é intenso; e b) empresas que transportam a maior parte do RCD gerado atualmente. As principais áreas de deposição irregular de RCD na cidade de Macaé foram identificadas.

Duas empresas representam 73,7% do volume de RCD transportado na cidade. Assim sendo, elas foram selecionadas para a amostragem.]

As amostras de RCD foram classificadas visualmente pelo principal tipo de materiais orgânicos indesejáveis (madeira, plástico, papel), materiais inorgânicos indesejáveis (aço e outros metais) e contaminações (gesso e cimento-amianto), que inviabilizam o processo de reciclagem da fração mineral do RCD (concreto, argamassa, cerâmica vermelha e rocha).

## **2.2 Redução e homogeneização das amostras**

As cinquenta e duas amostras de RCD selecionadas, com aproximadamente 5 m<sup>3</sup> cada, foram reduzidas a fragmentos com dimensão máxima aproximada de 20 cm para facilitar o procedimento de redução e de homogeneização. As peças de concreto com dimensões superiores foram quebradas com o auxílio de martelo pneumático, enquanto que os fragmentos de madeira, de plásticos, de papéis e barras de aço foram cortados manualmente ou com o auxílio de serra.

Cada amostra foi homogeneizada por pilha alongada, onde as extremidades da pilha foram retomadas e redistribuídas. Em seguida, alíquotas de 600 litros por amostra, com massas variando de 300 a 600 kg foram tomadas e encaminhadas para a caracterização.

## **2.3 Caracterização das amostras**

A Figura 1 mostra o procedimento parcial de caracterização das amostras. Inicialmente, elas foram peneiradas a seco nas telas de 80 e 25,4 mm. Três frações granulométricas foram obtidas (em mm): + 80; - 80 + 25,4 e - 25,4. A composição das frações granulométricas grosseiras (+ 80 e - 80 + 25,4) foi determinada por catação, determinando a massa dos seguintes materiais: a) madeira, plástico, papel, metais ferrosos, metais não-ferrosos (materiais indesejáveis que prejudicam a reciclagem), vidro, gesso e cimento-amianto (materiais contaminantes que inviabilizam a reciclagem).

Em seguida a fração granulométrica -25,4 mm foi homogeneizada por pilha alongada e foi tomada 1/10 do volume para peneiramento a seco na tela de 4,8 mm. Duas outras frações foram então geradas: - 25,4 + 4,8 e - 4,8 mm. A fração "- 25,4 + 4,8", que já se encontra na faixa granulométrica de agregado, foi lavada, antes da etapa de caracterização da composição por catação. Tal operação foi realizada para facilitar a identificação dos materiais, evitando a desintegração e o atrito dos fragmentos solúveis de gesso.

A fração - 4,8 mm foi também homogeneizada por pilha alongada de onde se retiraram 500 g para peneiramento a úmido, exceto nas amostras em que o teor de gesso excedia 30%. As telas foram a de 1,2 e 0,075 mm, gerando fração -4,8 + 1,2 mm que foi catada para determinação de sua composição, sendo as frações -1,2+ 0,075 e - 0,075 mm descartadas pela impossibilidade de nelas fazer catação.

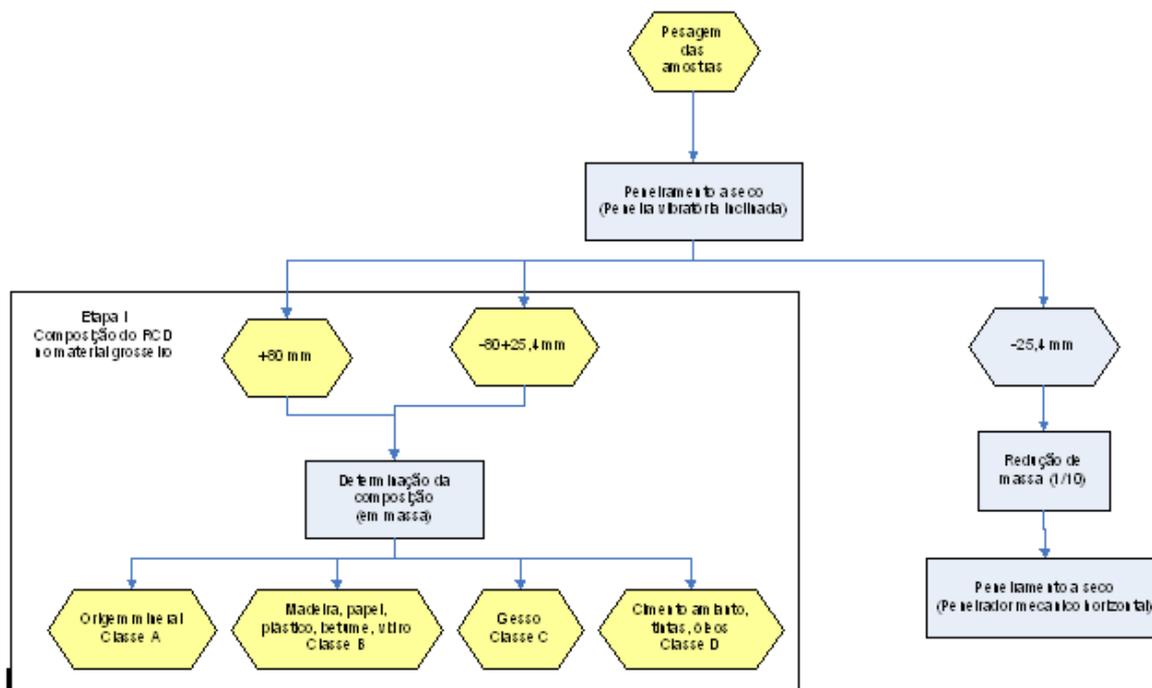


Figura 1 Procedimento parcial de caracterização das amostras

### 3.0 Análise de resultados

A Figura 2 mostra a composição do RCD calculada por média ponderada. A fração mineral (concretos, argamassas, cerâmica e rochas naturais) corresponde a 94,9% do total. O teor médio ponderado de gesso é, no entanto, superior ao limite tolerável para a reciclagem como agregado reciclado ABNT (2004). Nesse caso, para a cidade de Macaé, sem a triagem das caçambas contaminadas por gesso, não é possível este tipo de reciclagem. As classes de RCD que são recicláveis, A e B, representam, em média, 97,0% da massa total. A classe D, que é composta de resíduos perigosos, corresponde a apenas 0,4%, em média, da massa total. Nas cinquenta e duas amostras analisadas, o teor da fração mineral (concreto, argamassa, cerâmica vermelha e rocha) por amostra, variou de 46,2% a 99,9%.

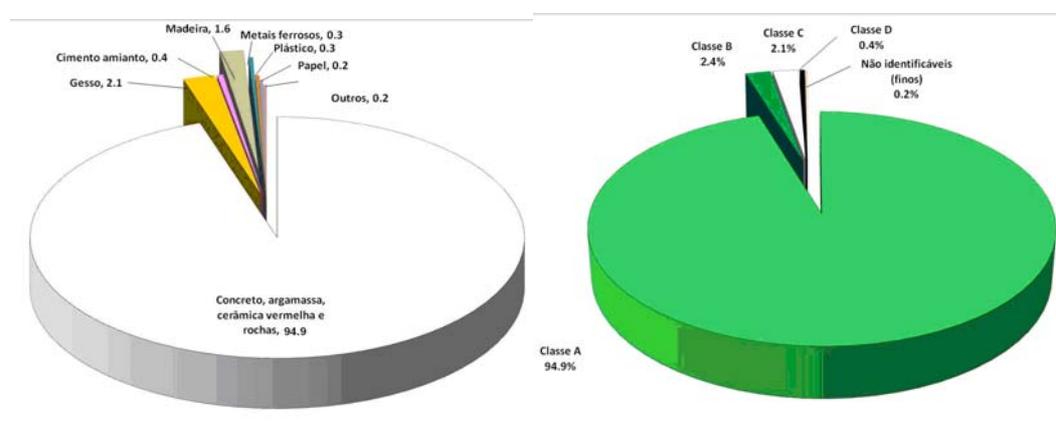


Figura 2 Composição do RCD (em %) calculada por média ponderada: materiais (a) e classes do CONAMA (b)

O valor máximo permitido de papel, plástico, madeira e vidro em agregado reciclado utilizado para concreto é de 0,5%, conforme a norma alemã DIN, (2002). Os teores de papel e plástico foram superiores a 0,5% em amostras representando 20% da massa total. Já os teores de madeira foram superiores a 70% da massa, podendo chegar a 9% do total, com média ponderal também elevada (1,6%).

Os teores de metais não-ferrosos, principalmente alumínio, foram desprezíveis. A presença de vidro, cujo teor médio foi de 0,1%, não foi detectada em um número de amostras que equivalesse a 80% da massa total. O teor de vidro foi superior a 0,5% em uma única amostra, que equivale a 1,4% da massa total de amostras.

Já os teores de gesso foram superiores a 1,0% em um número de amostras que representa 24,2% da massa total. A presença de cimento-amianto, que é um resíduo perigoso do RCD, segundo a resolução do CONAMA nº 348, deve ser separado e destinado adequadamente, foi detectada em um número grande de amostras que representam aproximadamente 64,9% da massa total destas amostras, o que torna impraticável segregar todo o cimento-amianto para que não haja qualquer risco de contaminação no ar.

Os materiais indesejáveis como madeira, plástico e papel se distribuem de forma diferenciada, ao longo das faixas granulométricas. Os teores tendem a aumentar significativamente para as frações granulométricas superiores a 25,4 mm. Assim, no RCD "in natura", grande parte da madeira fica concentrada nas frações maiores que 25,4 mm.

### **3.1 Descontaminação da fração mineral pela identificação visual dos contaminantes e por escalpe**

O gesso e cimento-amianto podem ser identificados visualmente na superfície de pilhas cônicas de RCD, dependendo do teor presente. O gesso não é mais perceptível quando seu teor é inferior a 6% da massa > este valor está acima dos limites admissíveis para agregado reciclado, o que significa que é necessário controle químico da presença de gesso. O cimento-amianto também não é perceptível quando seus teores no RCD são inferiores a 3,5%. Ou seja, caso o cimento-amianto não seja adequadamente triado, dificilmente ele será detectado por inspeção visual. Como os teores são superiores ao limite sugerido na Holanda (país com maior tradição na área), é urgente verificar as implicações do uso de tal RCD na poluição do ar.

A Figura 3 apresenta o balanço da massa da fração mineral, após triagem visual, pelo critério "passa" ou "não passa", das caçambas contaminadas por gesso e por cimento-amianto

Pode-se recuperar por volta de 90,7% de fração mineral do RCD com teores médios ponderados de gesso e cimento-amianto iguais a 0,4% e 0,2% respectivamente. A massa contaminada representa 9,4% do total, onde os teores médios ponderados de gesso e cimento-amianto são 28,3% e 6,6%, respectivamente. Sem um processo adicional de separação, essa massa deve ser disposta em aterros especiais, que são caros. Como 18,0% da massa das caçambas contendo teores de gesso acima do admissível não seriam identificadas visualmente, existe probabilidade de ocorrência de contaminação excessiva por gesso e por cimento-amianto, mas que pode ser reduzida por algum procedimento simples de homogeneização. Como grande parte da madeira está concentrada na fração acima de 25,4 mm, uma operação de escalpe nesta malha pode separar um produto mineral, já com granulometria de agregado, com recuperação em massa por volta de 42,6% e valor

de material orgânico próximo ao limite de 0,5%. No outro produto mineral, deve ser adotada uma operação de triagem eficiente, antes da alimentação em um britador para ajuste granulométrico.

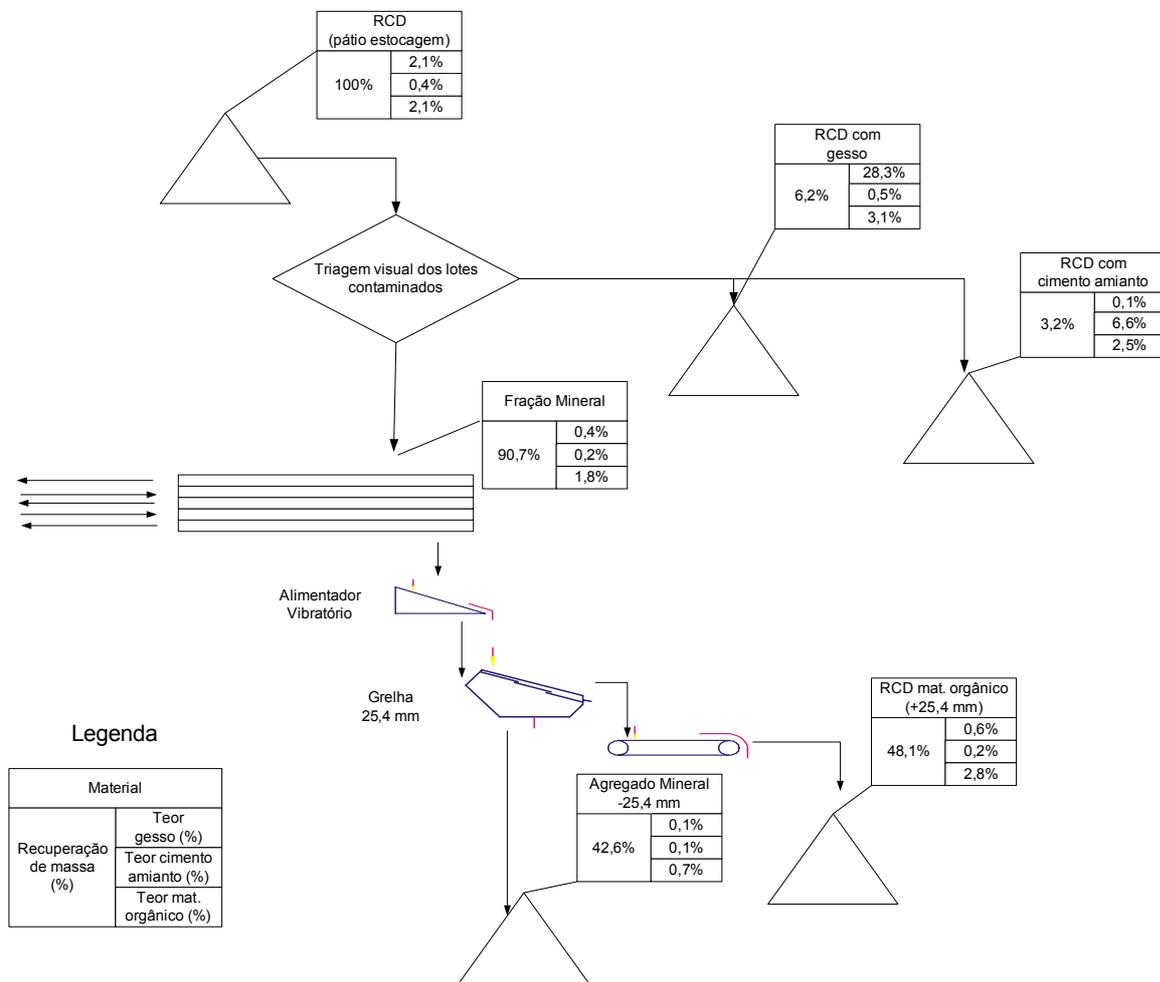


Figura 3 Balanço de massa empregando triagem visual de lotes contaminados por gesso e por cimento-amiante

#### 4 Conclusões

Apesar da fração mineral corresponder a 94% do RCD, o teor de gesso impede a reciclagem como agregados para concreto. A seleção visual das caçambas não permite a separação de toda a massa contaminada por gesso e cimento-amiante. Ela deve ser combinada com homogeneização. Assim sendo, 90,7% da massa pode ser apropriada para reciclagem, desde que se retirem os orgânicos. A madeira se concentra na fração + 25,4 mm, logo um escalpe nesta abertura antes da britagem melhora a eficiência do processo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP-Habitare) e ao CNPq pela bolsa concedida a um dos autores. Também agradecem a colaboração da equipe envolvida na execução do trabalho.

## Referências Bibliográficas

Campos, A. C. Gestão ambiental de resíduos de construção civil: ações do SINDUSCON - SP. In SEMINÁRIO GESTÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: AVANÇOS RECENTES E DESAFIOS FUTUROS. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 2005.

Pinto, T.P. et al. GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. In Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo (SINDUSCON - SP), São Paulo: Obra Limpa/I&T/SINDUSCON, 48p, 2005.

Hendricks, C.F. The building cycle. Aeneas, Holanda, 231p, 2000.

DEUTSCHE INTITUT für NORMUNG. **DIN 4226-100**. Aggregates for mortar and concrete-part 100: recycled aggregates, Deutschland, DIN 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.166**. Agregados de resíduos sólidos de construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - requisitos. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

Angulo S.C. et al. Análise comparativa da tecnologia de processamento na reciclagem da fração mineral dos resíduos de construção e demolição. In: XXI ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 2005, Natal, RN Brasil. CEFET/RN, 2005, p. 305-312.

Mueller, A. Closed loop of concrete rubble? In: VII SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, São Paulo, 2006, Instituto Brasileiro do Concreto, SP, 2006.

Chaves, A.P. et al. Tecnologia Mineral e suas aplicações na reciclagem de resíduos de construção e demolição. In: 61º CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS. Rio de Janeiro, 2006, ABM 2006.

Tam, V.W.Y.; Tam, C.M. Crushed aggregate production from centralized and individual waste sources in Hong Kong. **Construction and Building Materials**, v. 21, p. 879-886, 2007.