

## **CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E TERMOANALÍTICA DOS MATERIAIS MAIS FINOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DA CIDADE DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO/SP**

*Marcelo Kobelnik<sup>1</sup> (mkobelnik@gmail.com), Alef Fernando Durante Missão<sup>1</sup> (alef@gmail.com), Daiane Fernanda Soares Buzini<sup>1</sup> (daiane\_buzini@hotmail.com), Marisa Spirandeli Crespi<sup>2</sup> (crespims@gmail.com), Clóvis Augusto Ribeiro<sup>2</sup> (clovis.augusto.ribeiro@gmail.com)*

1 Centro Universitário do Norte Paulista/UNORP, São José do Rio Preto, SP, Brasil.

2 Universidade Estadual Paulista/UNESP, Química Analítica, Araraquara/SP/Brasil.

### **RESUMO**

O crescimento urbano das cidades tem gerado uma grande quantidade de resíduos de construção e demolição (RCD), o que tem causado problemas ambientais graves devido à falta de destinação adequada. Neste trabalho, RCD com granulometria fina (> 8 Mesh) provenientes da Usina de Beneficiamento da cidade de São José do Rio Preto, SP, foram analisados. Depois de seco, três amostras com cerca de 2,5 kg, tiveram a determinação granulométrica determinadas, usando peneiras com aberturas Mesh de: 8, 10, 16, 30, 50, 100 e 140. A análise termogravimétrica das amostras foi realizada para as granulometrias obtidas nas peneiras de 50, 100, 140 e também da amostra que passou pela peneira 140. As análises foram realizadas com massa de amostra em torno de 30 mg, com razão de aquecimento de 20 °C min<sup>-1</sup> sob gás de purga de ar sintético e com fluxo de 100 mL min<sup>-1</sup>. Os resultados mostraram que as maiores quantidades retidas foram nas peneiras de 30, 50 e 100 Mesh, com as quantidades de 22, 31 e 19% em massa, respectivamente. Os resultados obtidos nas curvas termogravimétricas mostraram que para cada amostra analisada, houve uma determinada quantidade de água presente, o que mostrou a capacidade de retenção de água nas amostras. Além disso, observando as curvas TG, observou-se que a amostra que passou pela peneira 140 possui uma maior quantidade de calcita.

**Palavras-chave:** Resíduos de construção; granulometria; termogravimetria.

## **GRANULOMETRIC AND THERMOANALYTICAL CHARACTERIZATIONS OF THE FINE MATERIALS OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE FROM SÃO JOSÉ DO RIO PRETO CITY /SP**

### **ABSTRACT**

The urban growth of cities has generated a large amount of construction and demolition waste (RCD), which has caused serious environmental problems due to a lack of proper disposal. In this work, RCD with fine granulometry (< 8 Mesh) from the Processing Plant of the city of São José do Rio Preto, SP, were analyzed. After drying, three samples weighing 2.5 kg were determined using mesh apertures of: 8, 10, 16, 30, 50, 100 and 140. The thermogravimetry analysis of the samples was performed for the granulometries obtained in the sieves of 50, 100, 140 and also of the sample passed through the sieve 140. The analyzes were carried out with a sample mass around 30 mg, with a heating rate of 20 °C min<sup>-1</sup> under purge gas of synthetic air and with flow of 100 mL min<sup>-1</sup>. The results showed that the largest amounts retained were in the 30, 50 and 100 mesh sieves, with the amounts of 22, 31 and 19% by mass, respectively. The results obtained in the thermogravimetric curves showed that for each analyzed sample, there was a certain quantity of water present, which showed the capacity of water retention in the samples. In addition, the evaluation of the TG curves, it was observed that the sample that passed through the sieve 140 has a higher amount of calcite.

**Keywords:** construction wastes; granulometry; thermogravimetry.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento urbano das cidades brasileiras, a área da construção civil tem gerado uma grande quantidade de resíduos de construção e demolição (RCD), o que tem causado problemas ambientais graves. O efeito causado pelo descarte de resíduos de construção e demolição tem causado o surgimento de diferentes tipos de vetores, como aumento da população de escorpiões e também de baratas (GONÇALVES, 2016). A reciclagem de RCD tem sido amplamente estudada em diferentes cidades do mundo, e dentre estes estudos, a maioria tem a finalidade de propor melhorias na gestão e uso destes resíduos (COCHRAN, 2007; MIRANDA, 2009). Como os resíduos de construção e demolição são gerados em quantidades muito grandes, os estudos devem ser constantes a fim de enriquecer a literatura com o assunto. Na cidade de São José do Rio Preto – SP, os resíduos são destinados à usina de reciclagem que foi inaugurada em 2008 e está em contínuo funcionamento deste então. Neste local, os resíduos são separados conforme as normas do CONAMA/307 de 2002 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2002). Nesta usina de reciclagem, os resíduos de construção e demolição (RCD) classe A são separados e posteriormente são triturados e peneirados em diferentes granulometrias. Além do mais, a areia e o cimento, e eventualmente o uso de cal virgem, são componentes muito comuns no preparo de argamassas no sul do Brasil. O estudo da adição de materiais alternativos, como os provenientes de RCD causam alteração na hidratação do cimento e em vista disso, o conhecimento físico e químico dos materiais a serem adicionados é fundamental (VIANA NETO, 2018). Não obstante, a análise granulométrica é muito importante, pois permite determinar o tamanho das partículas que compõe a amostra, e desta forma possibilitar o melhor uso do material em concretos e argamassas.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a granulometria do material mais fino, que é obtido na usina de reciclagem. Este material é chamado pelos funcionários da usina, de “areia”, as quais são passantes na malha de 8 Mesh, pois o mesmo é utilizado em misturas de concretos para a confecção de pisos, bancos, etc que serão utilizados pela prefeitura em vias públicas e parques da cidade. A escolha destes materiais finos tem grande importância em função da facilidade de sua utilização para a produção de argamassa. Assim, neste trabalho, as amostras de RCDs mais finos foram utilizadas para a avaliação por análise termogravimétrica (TG).

## 3. METODOLOGIA

O material foi coletado na Usina de Beneficiamento de RCDs da cidade de São José do Rio Preto / SP. A coleta do material foi realizada em local, dentro da usina, onde são estocado os resíduos utilizados para a confecção de aparelhos para uso em praças e parques municipais, isto é, no local onde são fabricados bancos, pisos, etc. Como o material já é selecionado previamente, a coleta foi realizada a partir da baía onde se encontrava o material. Após a coleta, o material foi estocado em local coberto e apropriado para a secagem em temperatura ambiente. Depois de seco, três amostras, cujas massas tinham cerca de 2,5 kg, tiveram a determinação granulométrica determinadas, usando peneiras com aberturas Mesh de: 8, 10, 16, 30, 50, 100 e 140. Durante o processo de peneiramento, um aspecto que deve ser destacado foi a ausência de materiais estranhos, como galhos, pedras graúdas, etc, presentes na amostra coletada, o que mostra a eficiência do sistema de amostragem da própria Usina de Beneficiamento.

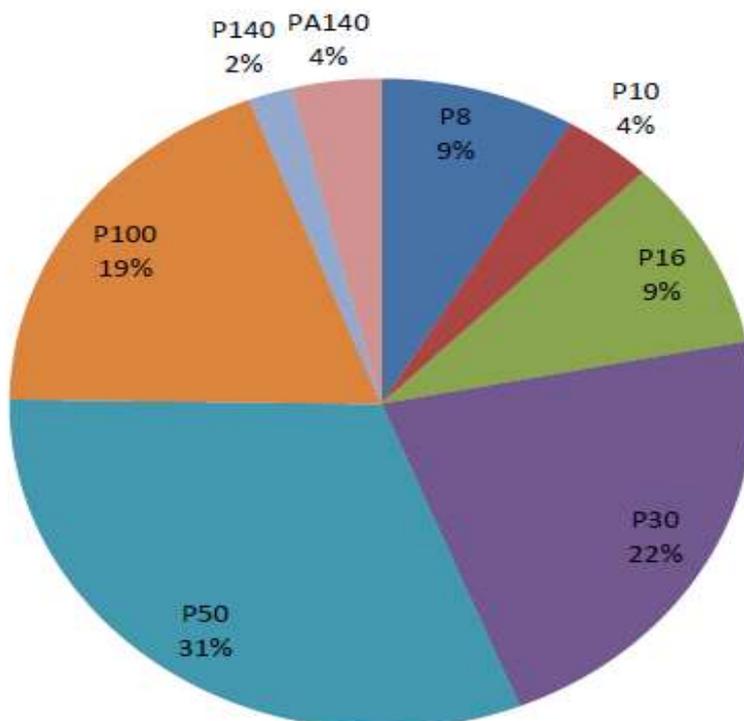
A análise termogravimétrica das amostras foi realizada para as granulometrias obtidas nas peneiras de 50, 100, 140 e também da amostra que passou pela peneira 140. As análises foram realizadas no equipamento SDT 2960 da TA Instruments, com massa de amostra em torno de 30 mg em cadinho de  $\alpha$ -alumina, com razão de aquecimento de  $20\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$  sob gás de purga de ar sintético e com fluxo de  $100\text{ mL min}^{-1}$ . As demais amostras não foram analisadas por termogravimetria devido ao tamanho das partículas, as quais excedem a capacidade do cadinho utilizado.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise granulométrica, mostrada na Figura 1, apresenta os resultados obtidos neste trabalho, os quais são a média aritmética de três bateladas realizadas. Como pode ser visto, o maior componente presente nestes resíduos são os retidos na peneira 50 (P50), seguido pela P30 e P100. Estes resultados mostram que a composição granulométrica é bem variável e fazer o uso dos resíduos diretamente no preparo da argamassa é inviável, pois haverá condições de hidratação não homogêneas. É possível ver que o material passante pela peneira PA140 é de 4%, o que caracteriza um material de baixa granulometria (pó).

O teor de umidade destas amostras foi obtido pelas curvas termogravimétricas, como visto na Figura 2. A partir destas curvas, é possível perceber que para cada amostra há uma quantidade de água presente, o que indica sua capacidade de retenção de água na amostra. Além disso, observando as curvas TG, nota-se que as amostras que foram peneiradas na malha 140 (passante) e as amostras retidas na peneira de malha 100 possuem as maiores quantidades de perda de massa, atribuída à água. Além disso, nas curvas DTG destas duas amostras, o comportamento térmico são muito parecidos entre ambas, apresentando dois picos entre a temperatura inicial e 128 °C. Para as amostras retidas nas malhas 50 e 140 o comportamento térmico, visto nas curvas DTG são semelhantes, apresentando um pico entre a temperatura inicial e 132 °C, mas diferentes das outras duas amostras. Os intervalos de perda de massa são apresentados na Tabela 1. As temperaturas consideradas foram atribuídas à perda de água de adsorção, para a temperatura até em torno de 240°C e de absorção para a temperatura até em torno de 522 °C (SILVA et. al, 1990). Além disso, a pesquisa realizada por Quarcioni mostra que a perda de água entre a temperatura de 100 à 230 °C é atribuída a gipsita  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  em uma amostra de cimento CP II E (QUARCIONI, 2008). Os resultados obtidos por este pesquisador mostraram que a variação de massa de 0.86%, a qual é muito pequena quando comparado aos resultados da Tabela 1. Para colaborar com este fato, a Figura 3 mostra uma análise do cimento CP II Z, o qual possui pozolanas na constituição. Os resultados mostram que a quantidade de água devido a desidratação da gipsita neste cimento é de 0,67 %, o que está de acordo com o obtido por Quarcioni. Portanto, os maiores valores obtidos neste trabalho indicam que uma parcela da água provém da adsorção.

**Figura 1:** Gráfico com os dados granulométricos em porcentagem em massa de material retido em cada peneira.



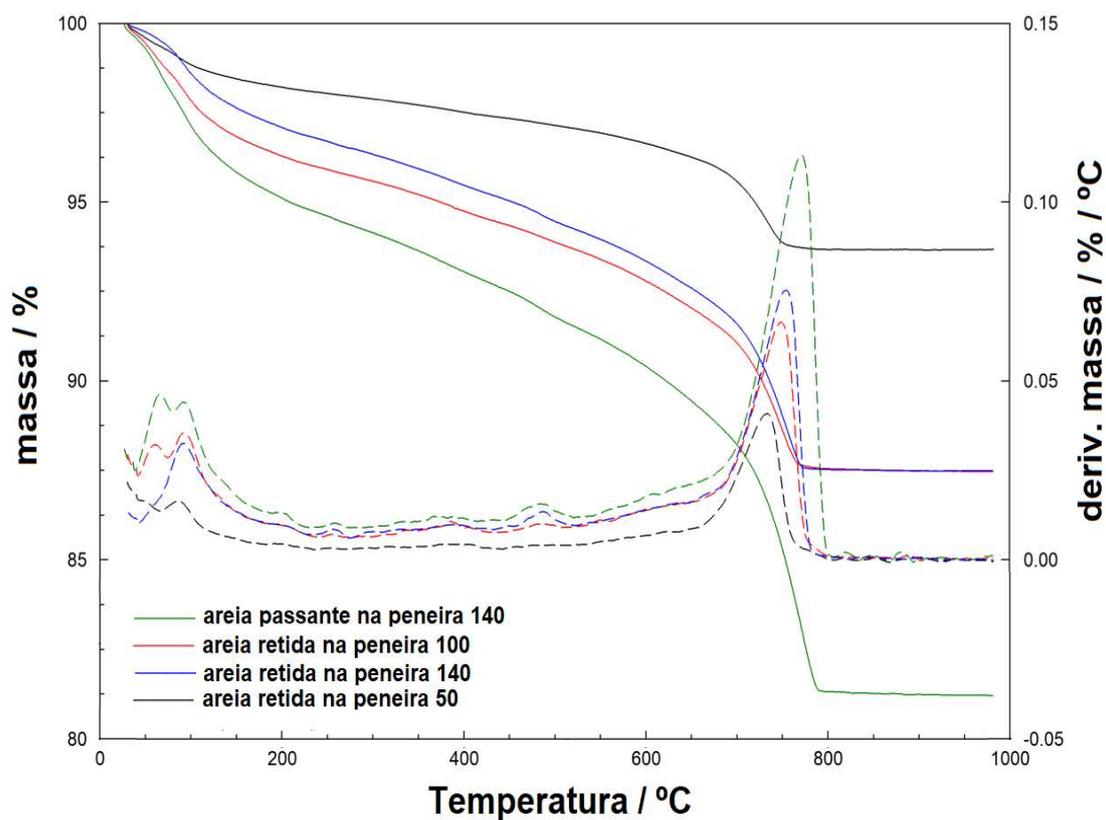
Além do mais, como visto na Tabela 1, no intervalo compreendido das temperaturas em torno de 240 à 522 °C, a quantidade de variação de massa tende a aumentar para todas as amostras. Neste caso, a água não está presente como H<sub>2</sub>O no sólido, mas é formada quando há a decomposição pela ação do calor, sendo atribuída ao efeito de desidroxilação de diferentes compostos presentes nos resíduos. Quarcioni (2008) também indica que o intervalo de 230 à 300°C é atribuído à perda de água proveniente da singenita [K<sub>2</sub>Ca(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O], enquanto que para o intervalo de 400 à 550 °C é devido a desidroxilação da portlandita Ca(OH)<sub>2</sub>. A última variação de massa observada foi atribuída ao carbonato de cálcio. Foi observado que com a diminuição da granulometria houve um aumento da presença de calcita (CaCO<sub>3</sub>). Estas informações obtidas por Quarcioni e também estão de acordo com a análise de cimento da Figura 3. Os valores das perdas de massa, para os intervalos de temperatura foram: 150 à 290 °C foi de 0,30%, de 290 à 480 °C foi de 0,27 % e para a perda atribuída ao carbonato entre 490 à 790 °C foi de 6,75%. É interessante notar que os valores para a malha 100 e 140 estão de acordo com os obtidos para a análise do cimento (Fig. 3), enquanto que para a amostra passante em malha 140 o valor obtido está bem abaixo. Este fato é atribuído à maior quantidade de pó de RCDs proveniente do local da coleta, pois durante o processamento dos RCDs na Usina de Beneficiamento há a degradação de partículas graúdas, as quais têm concreto/argamassa agregadas, o que causa um acúmulo de pó e portanto, um aumento na presença de carbonato de cálcio, que é um material pouco aglomerante e muito fino.

**Tabela 1:** Intervalos de perda de massa para as amostras de RCDs.

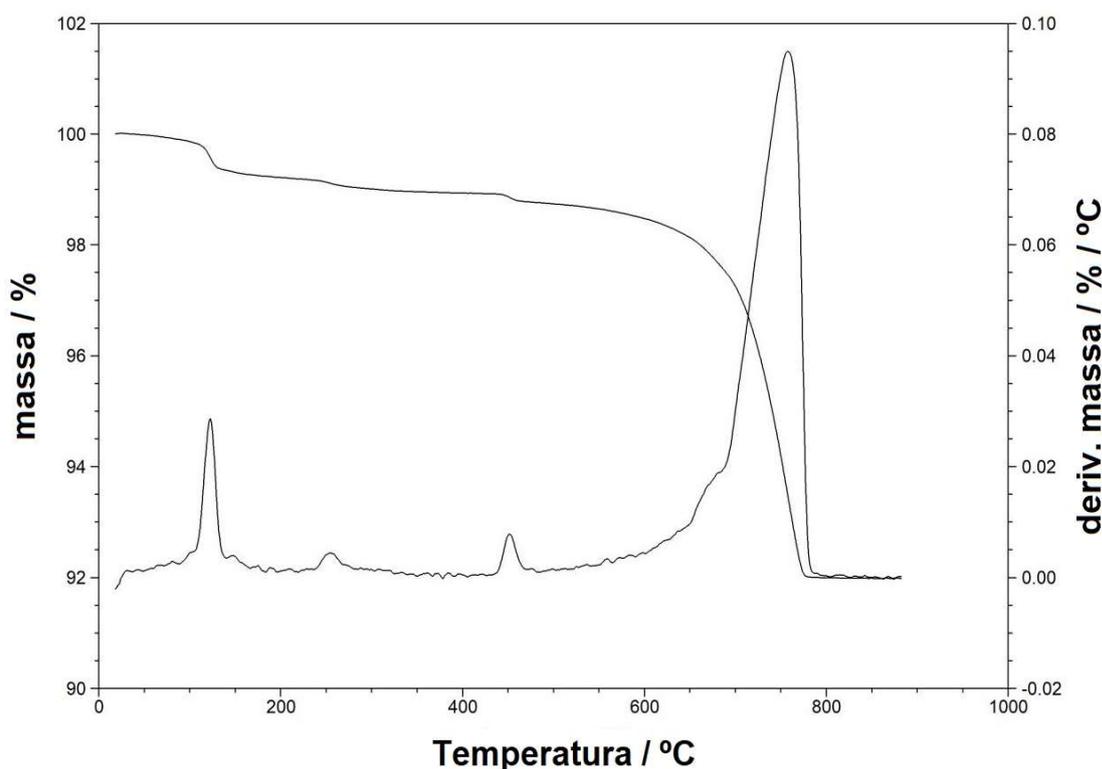
material	estágio	ΔT/°C	Perda de massa /%
malha 50	1	30 – 120	1,34
	2	120 – 199	0,43
	3	199 – 240	0,05
	4	240 – 440	0,70
	5	440 – 538	0,38
	6	538 – 769	3,25
malha 100	1	30 – 76	1,35
	2	76 – 131	1,54
	3	131 – 197	0,80
	4	196 – 247	0,11
	5	247 - 440	1,51
	6	440 – 522	0,74
	7	552 – 781	6,08
malha 140	1	30 – 131	2,08
	2	131 – 198	0,81
	3	198 – 237	0,32
	4	237 – 442	1,68
	5	442 – 522	0,86
	6	522 – 776	6,68
passante na malha 140	1	30 – 79	1,98
	2	78 – 126	1,69
	3	126 – 197	1,18
	4	197 – 235	0,42
	5	235 – 447	2,21
	6	447 – 522	1,02
	7	522 - 795	10,19

Outro fato a ser notado é que a quantidade de variação de massa entre 240 e 522 °C para os RCDs são atribuídas à perda de água de absorção, visto que na análise do cimento (Fig. 3), as quantidades são muito menores.

**Figura 2:** Curvas TG / DTG dos RCDs avaliados em atmosfera de ar sintético, massa de amostra em torno de 30 mg em cadinho de alumina.



**Figura3:** Curvas TG / DTG de cimento CP II Z em atmosfera de ar sintético, massa de amostra em torno de 30 mg em cadinho de alumina.



## 5. CONCLUSÃO

A análise granulométrica dos RCDs é importante pois constitui em uma das fases de sua caracterização, a qual deveria ser um critério para o uso dos mesmos. Os resultados obtidos na análise granulométrica mostraram que os tamanhos dos grãos são variáveis, o que pode ser suficiente para interferir na hidratação da argamassa/concreto). As análises termogravimétrica de cada amostra mostrou que as perdas de água são variáveis e foram atribuídas a associação de moléculas de água presentes na estrutura do cimento e das águas de adsorção e de absorção. O efeito da presença de água em RCDs pode interferir no uso destes resíduos com o cimento para a produção de argamassas ou concreto, tendo em vista que a presença de água interfere nos períodos de hidratação. Além disso, foi possível verificar que a quantidade de calcita presente tem um aumento, mas com a diminuição da granulometria, o que é atribuído ao efeito de pulverização da calcita que está agregada em amostras com maior granulometria. Portanto, o estudo termogravimétrico pode ser utilizado como uma ferramenta que pode auxiliar na quantificação de calcita presente em RCD.

## REFERÊNCIAS

- COCHRAN, K. M.; TOWNSEND, T.G.; REINHART, D.; HECK, H. Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US. *Waste Management*, v. 27, n. 7, p. 921-931, 2007
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 001. Brasília, 1986. \_\_\_\_\_ . Resolução nº 307. Brasília, 2002.
- GONÇALVES, D.B. A gestão de resíduos da construção civil no município de Sorocaba-SP. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil (online), v11, n.2, p.15-26, 2016

MIRANDA, L.; ANGULO, S.C.; CARELI, E.D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Ambiente Construído (Online), v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

QUARCIONI, V. A. Influência da cal hidratada nas idades iniciais da hidratação do cimento Portland – estudo em pasta. 2008. 172 f. Tese. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SILVA, R.R; BOCCHI, N.; ROCHA FILHO, R.C. Introdução à Química Experimental. São Paulo: McGraw-Hill, 1990, p. 127-137 e 170-176.

VIANA NETO, L.A.C.; SALES, A.T.C.; SALES, L. C. Efeitos da variabilidade de agregados de RCD sobre o desempenho mecânico do concreto de cimento Portland. Revista Matéria. v. 23, n. 1, 2018, <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0294>.