

# COMPARAÇÃO DE AREIAS RECICLADAS E NATURAIS POR ANÁLISE MICROESTRUTURAL



## Ariella Vianna Fontes

Aluna de Graduação em Eng. de materiais, 6º período, UFRJ  
Período PIBIC/CETEM: agosto de 2010 a julho de 2011,  
ariellafontes@gmail.com

## Otávio da Fonseca Martins Gomes

Orientador, Eng. Químico, D.Sc.  
ogomes@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os resíduos de construção e demolição (RCD), popularmente chamados de entulho, representam cerca de 50% dos resíduos sólidos, sendo 90% de origem mineral (Angulo, 2005). Vantagens como a preservação das reservas naturais de matéria-prima, a diminuição da poluição gerada pelo entulho e conseqüentemente seus efeitos deletérios, e a renda gerada pela comercialização da areia reciclada são aspectos que mostram a importância da substituição da areia natural pela reciclada.

De maneira concisa, Frosch (1994) classificou as principais barreiras para a reciclagem industrial em seis áreas: técnica, econômica, informativa, organizacional, regulamentar e legal. A maior dificuldade à produção e utilização de areia oriunda de RCD reciclado reside na classificação dos constituintes desses resíduos, que são muito heterogêneos.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho objetiva comparar areias recicladas provenientes de RCD e areias naturais, através da metodologia de caracterização microestrutural de areia (Fontes e Gomes, 2010), desenvolvida pelos autores no ciclo 2009-2010 do Programa de Iniciação Científica do CETEM. Foram analisadas e comparadas duas frações granulométricas (-600+300  $\mu\text{m}$  e -300+150  $\mu\text{m}$ ) de cinco areias: duas areias comerciais naturais, duas areias recicladas e a areia normal brasileira (ABNT, 1982).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Amostras

Dez amostras foram estudadas: as frações -600+300  $\mu\text{m}$  e -300+150  $\mu\text{m}$  de duas areias comerciais naturais (AC1 e AC2), duas areias recicladas de RCD (ARCD1 e ARCD2) e a areia normal brasileira (ANB).

### 3.2 Metodologia

As amostras foram embutidas a frio em resina epóxi e lixadas e polidas. Em seguida, estes corpos de prova foram recobertos com carbono, para tornarem-se condutores.

A aquisição das imagens foi realizada no MEV LEO S440, através do detector de elétrons retro-espalhados, que gera imagens com contraste por número atômico médio em amostras polidas (Goldstein et al., 2003). Foram adquiridas automaticamente 25 imagens de campos regularmente espaçados de cada amostra.

O procedimento de análise de imagens foi realizado através de uma rotina automática implementada no *software* Zeiss AxioVision. A rotina segmenta as partículas de areia e analisa a forma e a textura de cada partícula. Os atributos de forma empregados foram a razão de aspectos (F-Ratio), que expressa o alongamento da partícula, e o fator de forma circular (F-Circle), que denota o arredondamento. A textura foi avaliada através coeficiente de variação (CoV) dos níveis de intensidade.

Cabe ressaltar que o termo textura pode ser empregado com diferentes significados. Em Ciência dos Materiais, textura está ligada à distribuição de orientações cristalográficas dos cristalitos em materiais policristalinos. Já em Tecnologia Mineral, textura é às vezes utilizada para se referir à distribuição de diferentes minerais em partículas de minério ou em uma rocha (Iglesias et al., 2011). Todavia, em Análise de Imagens, a textura compreende o arranjo espacial dos níveis de intensidade ou cores dos pixels de uma dada região. Todos estes contextos estão relacionados, mas são dificilmente comparáveis.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a média dos resultados obtidos na medição dos atributos de forma (F-Ratio e F-Circle) e textura (CoV) das partículas das amostras de areia nas frações -600+300  $\mu\text{m}$  e -300+150  $\mu\text{m}$ .

Tabela 1. Médias de F-Ratio e F-Circle e CoV.

Amostra	F-Ratio		F-Circle		CoV	
	-600+300	-300+150	-600+300	-300+150	-600+300	-300+150
AC1	0,67	0,66	0,66	0,63	0,04	0,05
AC2	0,64	0,63	0,59	0,58	0,06	0,07
ANB	0,64	0,64	0,58	0,60	0,06	0,06
ARCD1	0,64	0,64	0,57	0,58	0,09	0,10
ARCD2	0,65	0,65	0,55	0,55	0,10	0,11

A análise da forma das partículas revelou resultados bem semelhantes para todas as amostras. Nota-se apenas que, conforme reportado por Westernholm et al. (2008), algumas areias naturais, como AC1 e ANB, podem ser ligeiramente mais arredondadas que as areias recicladas.

Por outro lado, as areias naturais (AC1, AC2 e ANB) e as recicladas (ARCD1 e ARCD2) apresentaram texturas claramente diferentes, o que fica evidente nos seus maiores valores de CoV. Isso é devido ao fato das partículas de areia reciclada serem geralmente aglomerados de partículas, por vezes compostas por diferentes materiais, e apresentarem maior quantidade de poros, como pode ser observado na Figura 1. Deste modo, seus níveis de intensidade variam muito e, conseqüentemente, sua CoV tem valores maiores. Na Figura 2 são mostrados os histogramas de distribuição dos valores de CoV da fração -300+150  $\mu\text{m}$  das amostras AC1, AC2, ANB, ARCD1 e ARCD2.

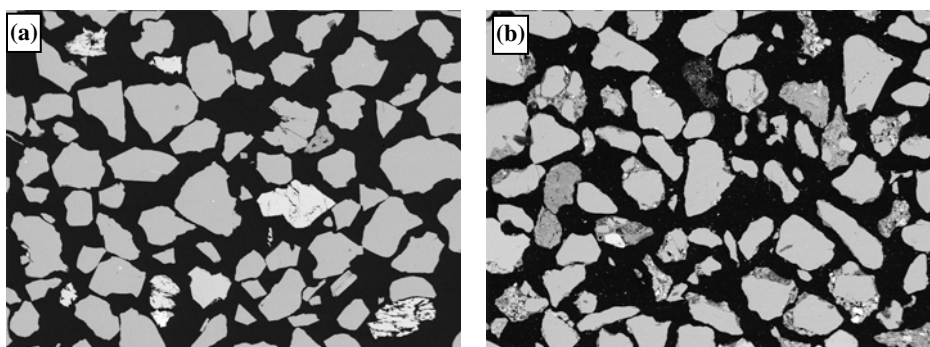


Figura 1. Imagens típicas das amostras: (a) ANB; e (b) ARCD1.

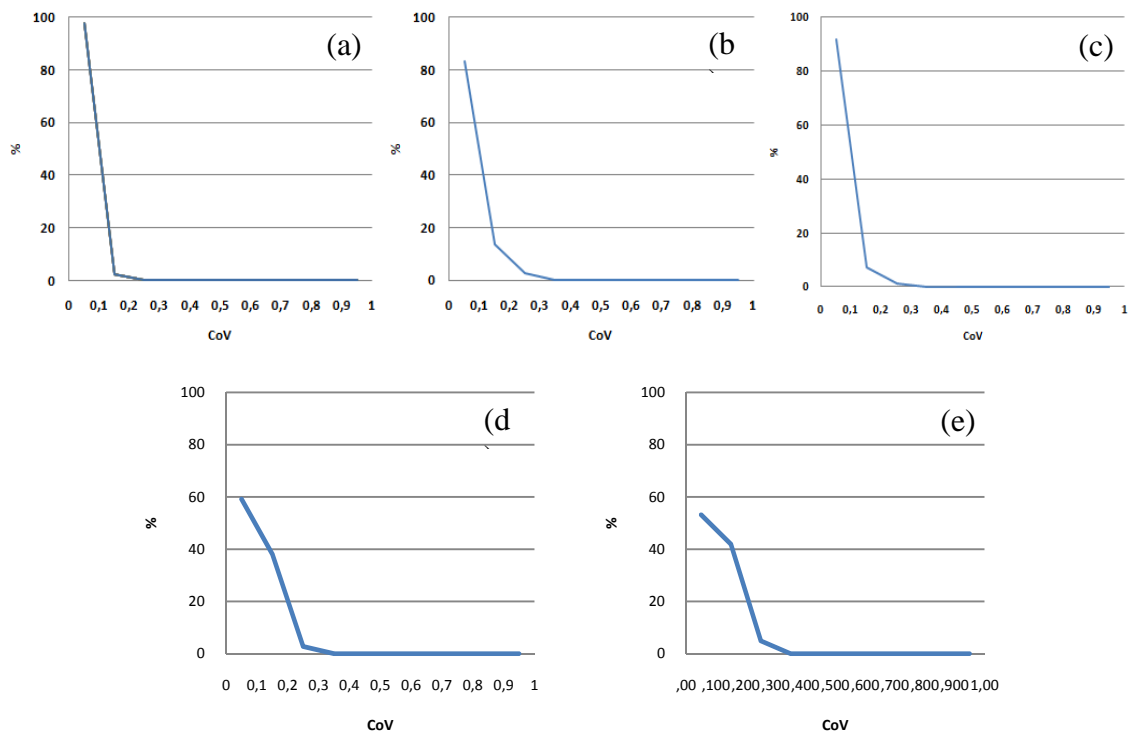


Figura 2. Histogramas de distribuição dos valores de CoV da fração -300+150  $\mu\text{m}$  das amostras: (a) AC1; (b) AC2; (c) ANB; (d) ARCD1; e (e) ARCD2.

Ao comparar os histogramas de CoV exibidos Figura 2, fica clara a diferença de textura existente entre as areias naturais (AC1, AC2 e ANB) e as recicladas (ARCD1 e ARCD2). As partículas das areias naturais em sua grande maioria (mais de 80%) apresentam CoV entre 0 e 0,1, enquanto que, para as areias recicladas, os valores de CoV variam mais, evidenciando a maior heterogeneidade de suas partículas.

## 5. CONCLUSÃO

As areias naturais e recicladas não apresentaram diferenças significativas em relação à forma de suas partículas. Mesmo o arredondamento foi similar.

Todavia, a medição da textura das partículas exibiu as diferenças entre as areias naturais e recicladas. As areias recicladas apresentaram texturas mais heterogêneas, devido a suas partículas serem geralmente formadas por aglomerados, às vezes de vários materiais, e terem maior quantidade de poros.

Como trabalhos futuros, os autores pretendem utilizar essa metodologia de caracterização microestrutural para comparar areias produzidas através de diferentes técnicas de britagem e também areias artificiais produzidas a partir de resíduos de pedreiras. Além disso, pretende-se correlacionar as medidas de forma e textura com propriedades físicas das areias, como porosidade e densidade, e com o desempenho dos materiais e elementos de construção produzidos a partir delas.

## **6 .AGRADECIMENTOS**

Ao PIBIC/CNPq pela bolsa; ao CETEM pela oportunidade; ao professor Paulo Roberto Lopes Lima, da UEFS, pelas amostras, e ao orientador Otávio Gomes pela dedicação e atenção em todas as etapas do trabalho.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT. NBR 7214: Areia normal para ensaio de cimento. 1982.

ANGULO,S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. 236p. Tese (Doutorado) – Engenharia de construção civil e urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil).

FONTES, A.V.; GOMES, O.D.M. Caracterização de Areia Natural e Areia Artificial por Análise de Imagens. In: **XVIII Jornada de Iniciação Científica - CETEM**. Rio de Janeiro: CETEM, 2010.

FROSH, R. A. Industrial ecology: minimizing the impact of industrial waste. **Physics Today**, 47(11), p. 63-68, 1994.

GOLDSTEIN, J.I.; NEWBURY, D.E.; JOY, D.C.; LYMAN, C.E.; ECHLIN, P.; LIFSHIN, E.; SAWYER, L.; MICHAEL, J.R. **Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis**. 3. ed. Springer, 2003.

IGLESIAS, J.C.A.; GOMES, O.D.M.; PACIORNIK, S. Automatic recognition of hematite grains under polarized reflected light microscopy through image analysis. **Minerals Engineering**, doi:10.1016/j.mineng.2011.04.015, no prelo, 2011.

WESTERNHOLM, M.W.; LAGERBLAD, B.; SILFWERBRAND, J.; FORSSBREG, E. Influence of fine aggregate characteristics on the rheological properties of mortars. **Cement & Concrete Composites**, v. 30, p. 274-282, 2008.