

Caracterização de areias naturais e areias de RCD por microscopia eletrônica de varredura e análise de imagens

Edivaldo da Conceição Silva
Técnico, Bolsista PCI-DD

Otávio da Fonseca Martins Gomes
Orientador, Eng. Químico, D.Sc.

Resumo

A substituição da areia natural por areia produzida a partir de resíduos de construção e demolição (RCD), popularmente chamados entulho, representa uma possibilidade de reciclagem desses resíduos e até mesmo de redução de custos. A maior dificuldade para o emprego do RCD é a caracterização e classificação desse material, que é muito heterogêneo.

O presente trabalho apresenta uma comparação entre areias de RCD e areias naturais através de uma metodologia de caracterização microestrutural baseada em microscopia eletrônica de varredura e análise da forma e textura de suas partículas.

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). A enorme quantidade desses resíduos, principalmente nas grandes cidades, tem se tornado uma fonte de preocupação em todo mundo devido a aspectos ambientais, econômicos e até mesmo sociais (Rao et al., 2007).

A utilização de locais adequados para dispor o entulho cria novos de custos. Além disso, a dificuldade crescente de encontrar areia natural nas regiões próximas a grandes centros urbanos faz com que os custos aumentem devido aos maiores gastos com transporte.

A substituição da areia natural por areia produzida a partir de RCD na construção civil é uma alternativa promissora para redução desses resíduos e permite preservar as reservas naturais de areia. Todavia, apesar dos benefícios, a areia artificial ainda é pouco empregada no Brasil. 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 de RCD reside na caracterização e classificação de seus constituintes, que são muito heterogêneos.

O presente trabalho apresenta uma comparação entre areias de RCD e areias naturais, através da metodologia de caracterização microestrutural de areia desenvolvida anteriormente por outros membros do grupo de pesquisa (Fontes e Gomes, 2010). Foram analisadas e comparadas duas frações granulométricas (-600+300 μm e -300+150 μm) de cinco areias: duas areias naturais, duas areias produzidas com RCD e a areia normal brasileira (ABNT, 1982).

2. Materiais e Métodos

2.1. Amostras

Amostras de duas areias naturais comerciais (AN1 e AN2) e duas areias produzidas a partir da britagem de RCD (ARCD1 e ARCD2) foram classificadas em série de peneiras e as frações -600+300 μm e -300+150 μm foram tomadas para esse estudo. Além disso, as mesmas frações da areia normal brasileira (ANB) foram também analisadas.

Alíquotas representativas de cada fração (-600+300 μm e -300+150 μm) de cada amostra foram embutidas a frio em resina epóxi, desbastadas e polidas em politriz automática (Struers Tegra) com suspensão diamantada até a granulometria de 1 μm , conforme a preparação tradicional de amostras de minérios em grãos para análise por microscopia. Em seguida, as dez seções polidas foram recobertas com carbono, com o metalizador Bal-Tec SCD 005, para tornarem-se condutores, adequados à análise no microscópio eletrônico de varredura (MEV).

2.2. Aquisição de Imagens ao MEV

Foram adquiridas automaticamente 25 imagens de campos regularmente espaçados de cada seção polida. O MEV utilizado foi o LEO S440 e as imagens foram adquiridas através do detector de elétrons retro-espalhados (BSE). Esse detector gera imagens com contraste por número atômico médio em amostras polidas (Goldstein et al., 1992), permitindo a diferenciação dos componentes dos grãos de areia, inclusive seus poros. A Figura 1 mostra imagens típicas das amostras analisadas.

2.3. Análise Digital de Imagens

O procedimento de análise de imagens foi realizado através de uma rotina automática desenvolvida e implementada no software Zeiss AxioVision por Fontes e Gomes (2010). 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, uma medida de homogeneidade da textura mineral.

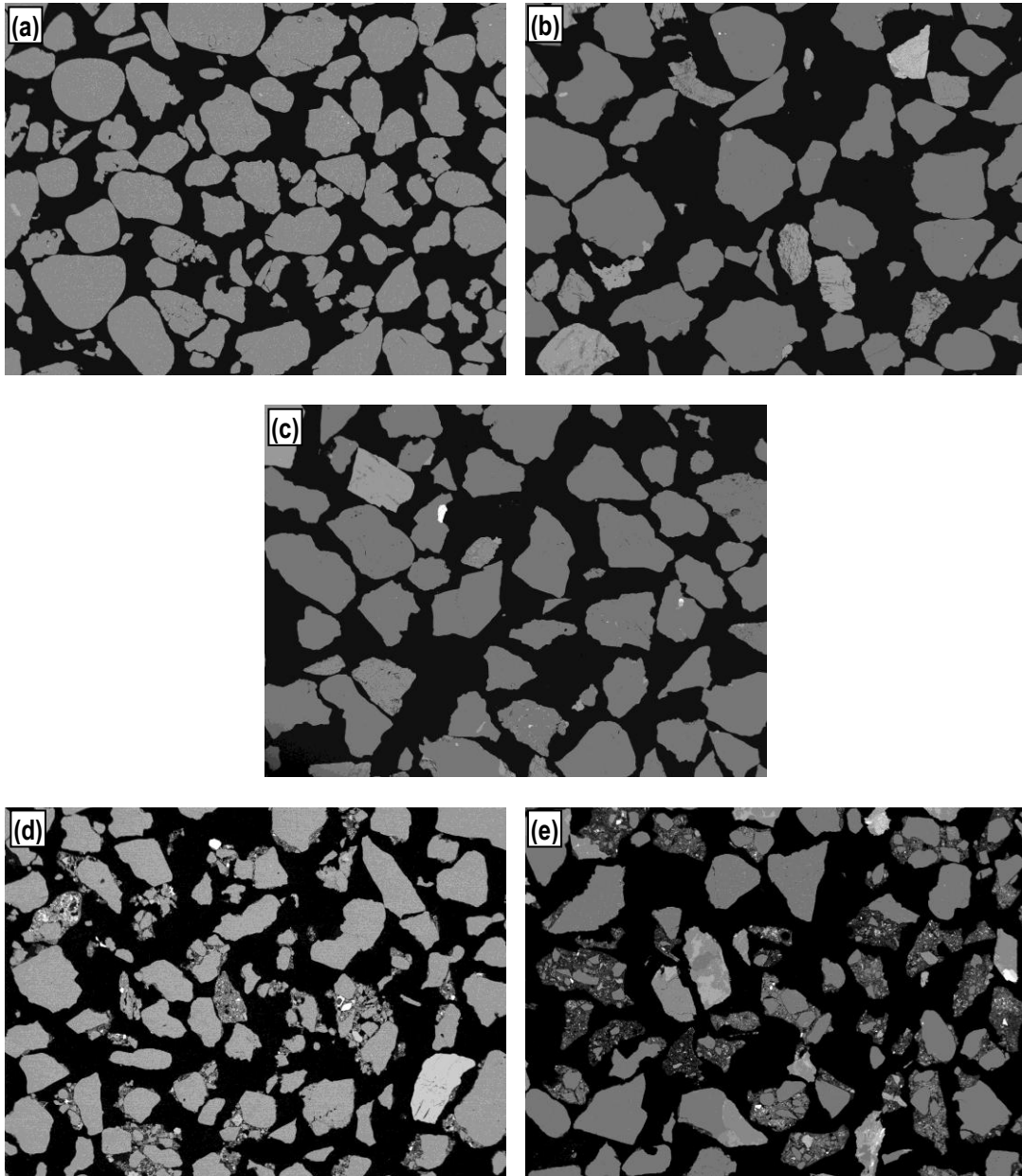


Figura 1. Imagens típicas da fração -600+300 μm das amostras: (a) AN1; (b) AN2; (c) ANB; (d) ARCD1; e (e) ARCD2

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 e a Tabela 2 mostram a média e o desvio padrão dos resultados obtidos na medição dos atributos de forma (F-Ratio e F-Circle) e textura (CoV) das partículas das amostras de areia natural e artificial, respectivamente nas frações -600+300 μm e -300+150 μm .

Tabela 1. F-Ratio, F-Circle e CoV das amostras com granulometria de -600+300 μm .

	F-Ratio		F-Circle		CoV	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
AN1	0,67	0,12	0,66	0,11	0,04	0,01
AN2	0,64	0,13	0,59	0,10	0,06	0,03
ANB	0,64	0,13	0,58	0,10	0,06	0,03
ARCD1	0,64	0,14	0,57	0,11	0,09	0,04
ARDC2	0,65	0,13	0,55	0,11	0,10	0,05

Tabela 2. F-Ratio, F-Circle e CoV das amostras com granulometria de -300+150 μm .

	F-Ratio		F-Circle		CoV	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
AN1	0,66	0,13	0,63	0,11	0,05	0,02
AN2	0,63	0,13	0,58	0,11	0,07	0,04
ANB	0,64	0,13	0,60	0,11	0,06	0,03
ARCD1	0,64	0,14	0,58	0,11	0,10	0,05
ARDC2	0,65	0,14	0,55	0,11	0,11	0,05

As amostras apresentaram resultados similares para a forma das partículas, conforme pode ser observado na Tabela 1, na Tabela 2 e na Figura 2, que mostra os histogramas de distribuição dos valores de CoV da fração -600+300 μm das amostras estudadas. Todavia, nota-se, conforme reportado em trabalhos anteriores (Westernholm et al., 2008; Gomes et al., 2012), que areias naturais tendem a ser ligeiramente mais arredondadas que as areias recicladas.

Por outro lado, as areias naturais e as areias de RCD apresentaram texturas bem diferentes. Como pode ser observado na Figura 1, as partículas de areia reciclada são mais heterogêneas, geralmente formadas por aglomerados de partículas, compostas por diferentes materiais, e com maior porosidade. Deste modo, seus níveis de intensidade variam muito e conseqüentemente seus valores de CoV são maiores, como pode ser visto na Figura 3, que mostra os histogramas de distribuição dos valores de CoV da fração -600+300 μm das amostras estudadas.

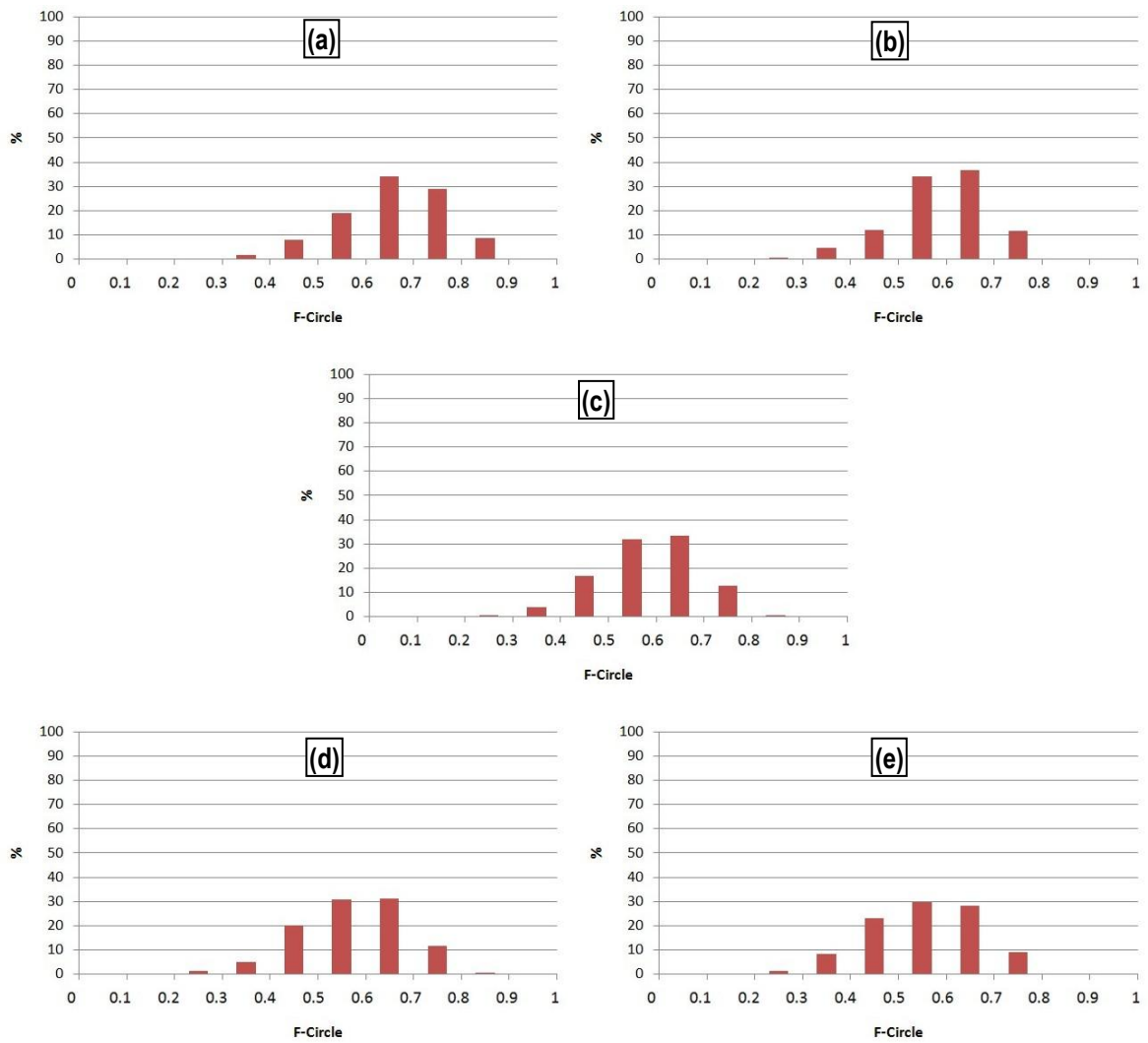


Figura 2. Histogramas de distribuição dos valores de F-Circle da fração -600+300 μm das amostras: (a) AN1; (b) AN2; (c) ANB; (d) ARCD1; e (e) ARCD2

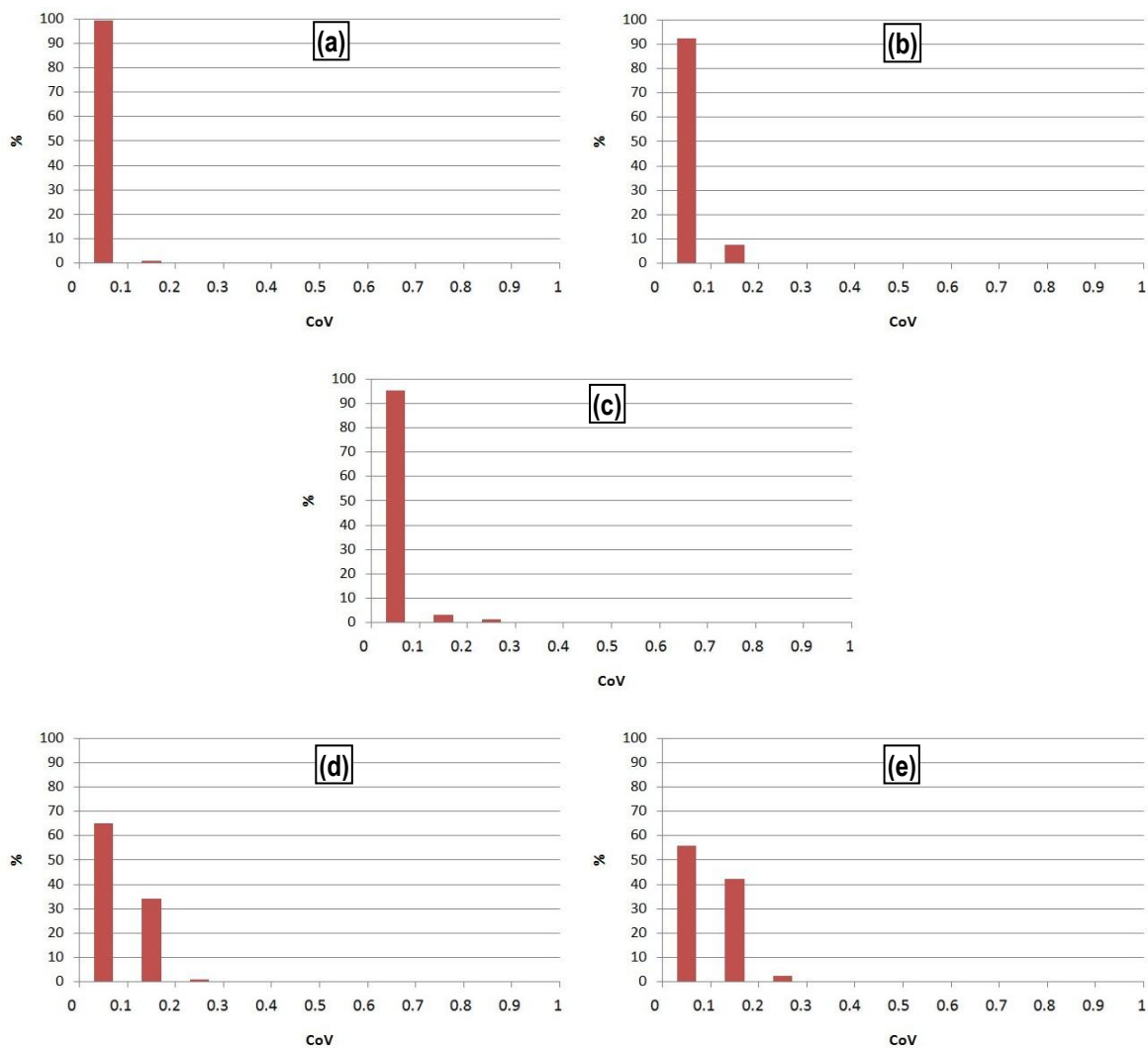


Figura 3. Histogramas de distribuição dos valores de CoV da fração -600+300 μm das amostras: (a) AN1; (b) AN2; (c) ANB; (d) ARCD1; e (e) ARCD2

4. Conclusões

As partículas das amostras de areias naturais e de areias produzidas a partir de RCD apresentaram formas similares. No entanto, a textura das partículas mostrou-se diferente. As areias recicladas apresentaram texturas mais heterogêneas, devido a suas partículas serem geralmente formadas por aglomerados 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 métodos de britagem e também areias artificiais produzidas a partir de resíduos de pedreiras.

5. Agradecimentos

Ao programa PCI pela bolsa; ao CETEM pela oportunidade; ao professor Paulo Roberto Lopes Lima, da UEFS, pelas amostras; à BIC Ariella Vianna Fontes pela ajuda na análise das imagens.

6. 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.; ECHLIN, P.; JOY, D.C.; ROMIG, A.D., Jr.; LYMAN, C.E.; FIORI, C.; LIFSHIN, E. **Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. A text for biologists, materials scientists and geologists**. 2. ed. Plenum Press, 1992.

GOMES, O.D.M. ; LIMA, P.R.L. ; FONTES, A.V. Morphological Characterization of Natural and Artificial Sands Through Image Analysis. In: Maarten A.T.M. Broekmans. (Org.). *Proceedings of the 10th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM)*. Berlin: Springer, 2012, v. , p. 255-263.

RAO, A.; JHA, K.N.; MISRA, S. Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 50, n. 1, pp. 71-81, 2007.

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.