

PROPRIEDADES FÍSICAS DE AGREGADOS MIÚDOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL A PARTIR DO MÉTODO DE SECAGEM POR MICROONDAS AO LONGO DO TEMPO

Marcela Xavier da Silva; Raíssa da Silva Brito; Bruno Luís Damineli

Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo

marcela.xavier@usp.br; raissa.brito@usp.br

Objetivos

Determinar propriedades físicas de agregados miúdos reciclados através da norma brasileira e o método de secagem por microondas, bem como desenvolver um método de pesagem submersa para agregados miúdos.

Métodos e Procedimentos

Três amostras de agregados miúdos foram selecionadas para o estudo: duas amostras recicladas, provenientes de dois lotes da usina de reciclagem de Jaguariúna - SP (AR1 e AR2), e uma amostra de areia natural de fundo de rio (AN). As amostras foram ensaiadas a fim de classificá-las pela composição granulométrica (NBR NM 248:2001), teor de pulverulentos (NBR NM 46:2003) e determinação da massa específica real e aparente (NBR NM 52:2009). Os ensaios citados foram estudos preliminares para o desenvolvimento de um método de pesagem submersa, a fim de comparar as normas NM 52:2009 e NM 53:2009 e, em sequência, comparar os resultados obtidos com um método mais rápido, econômico e eficiente, através da secagem por microondas ao longo do tempo, desenvolvido por Damineli (2007).

Resultados

A partir dos ensaios da NM 46, foi possível notar que as amostras de agregado reciclado possuem muito mais finos do que a amostra de agregado natural. Isso já era esperado por conta da origem dos agregados, que provêm de desmontes e demolições da construção civil. Os resultados, apresentados na Tabela 1, indicam que as amostras recicladas são mais porosas e possuem maior absorção de água (Kruger *et al*,

2020). Com relação ao ensaio pela norma NM 52, nota-se que os resultados, expressos também na Tabela 1) da amostra AN estão de acordo com o esperado, pois estão próximos de 2,68 g/cm³ (ANGULO, 2005), já as amostras recicladas apresentam massa específica aparente próxima a 2,00 g/cm³, enquanto a massa específica real está em cerca de 2,60 g/cm³, o que indica maior absorção de água. Durante a pesquisa foi desenvolvido um método para pesagem submersa de agregados miúdos, assim, foi possível realizar o ensaio de massa específica real e aparente a partir da NM 53, e também fez-se uma comparação entre as normas NM 52 e NM 53 simultaneamente, para verificar os resultados e, mais adiante, compará-los com o método de secagem por microondas. A comparação entre as duas normas (Tabela 2) mostra pequenas diferenças nos resultados, mas essas diferenças podem estar relacionadas com a quantidade inicial de amostra ensaiada e pelo manuseio excessivo por conta dos ensaios simultâneos. Por fim, o método de secagem por microondas foi testado uma vez para cada amostra. O método foi capaz de determinar a absorção de água dos agregados reciclados, com resultados parecidos com as normas, mas não funciona bem para agregados pouco porosos, o que era esperado pela teoria. Ainda não foi possível determinar com precisão a massa seca após o ensaio de microondas, devido a questões relativas ao equipamento utilizado, que deve ser substituído para próximas etapas do desenvolvimento do método.

Tabela 1: Resultados NM46 e NM52

NM 46			
Amostra	AN	AR1	AR2
Média pulverulento (%)	0,38	5,94	8,22
Desvio padrão (%)	0,11	0,45	0,29
NM 52			
Amostra	AN	AR1	AR2
d1 (MEA) (g/cm ³)	2,62	2,00	2,07
d2 (Meag sss) (g/cm ³)	2,63	2,22	2,28
d3 (MER) (g/cm ³)	2,65	2,57	2,62
Absorção (%)	0,36	11,09	10,23

fonte: elaborado pelos autores

Tabela 2: Resultados NM52, NM53 e Microondas

Ensaio	AN		AR1		AR2		
NM 52	MEA (g/cm ³)	2,58	0,01	2,13	0,13	2,13	0,04
	MEsss (g/cm ³)	2,59	0,02	2,35	0,03	2,31	0,03
	MER (g/cm ³)	2,62	0,02	2,77	0,23	2,61	0,05
	Abs (%)	0,58	0,31	10,77	5,87	8,73	0,94
NM 53	MEA (g/cm ³)	2,64	0,04	2,10	0,23	2,13	0,04
	MEsss (g/cm ³)	2,65	0,03	2,32	0,14	2,32	0,03
	MER (g/cm ³)	2,68	0,02	2,69	0,05	2,62	0,05
	Abs(%)	0,58	0,31	10,77	5,87	8,73	0,94
Micro	MEA (g/cm ³)	2,33	-	2,14	-	2,11	-
	MER (g/cm ³)	2,61	-	2,58	-	2,54	-
	Abs(%)	4,51	-	7,77	-	8	-

fonte: elaborado pelos autores

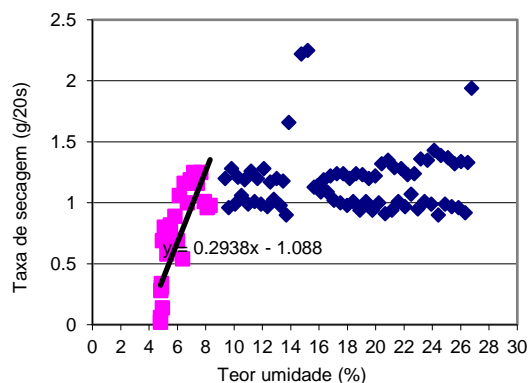


Figura 1 – Ensaio de determinação de absorção por secagem – agregado AR1.

Conclusões

O método de pesagem submersa é promissor, com determinação precisa para agregados miúdos, pois os resultados obtidos conforme as normas NM 52 e NM 53 foram semelhantes. Porém, os resultados provenientes da secagem por microondas tiveram forte interferência dos empecilhos relacionados ao equipamento utilizado. Não foi possível solucionar os problemas relacionados à desativação automática do microondas após a fase de pré-aquecimento e as variações de massa registradas pelo software devido às vibrações do ciclo do equipamento. Logo, mesmo com a funcionalidade do teste, é necessário o aprimoramento a respeito das características operacionais dos equipamentos de secagem. Ademais, há a consideração da aplicação da técnica de saturação a vácuo e da expansão da gama de amostras estudadas para diminuir ainda mais o tempo de ensaio em relação às normas NM 52 e NM 53.

Referências Bibliográficas

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR NM 248:** Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT. 2001. 12 p.
- _____. **NBR NM 46:** Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT. 2001. 12 p.
- _____. **NBR NM 52:** Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT. 2009. 14 p.
- _____. **NBR NM 53:** Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT. 2009. 14 p.
- ANGULO, Sérgio. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos. Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- DAMINELI, Bruno L. **Estudo de Métodos para Caracterização de Propriedades Físicas de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados.** Engenharia de Construção Civil e Urbana, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- KRUGER, Patrícia et al. **Influência do teor de material pulverulento do agregado miúdo de resíduos de construção e demolição em argamassas de cimento Portland.** Cerâmica, São Paulo, v. 380, n. 66, p. 507-515, out. 2020.