

INDÚSTRIA DE LOUÇA SANITÁRIA COMO AGREGADO PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETO E ARGAMASSA

Juzélia Santos da Costa¹

Celso Aparecido Martins²

João Baptista Baldo³

RESUMO: A análise química do agregado de rejeito da indústria de louça sanitária é importante para a detecção da presença de reação álcali-agregado (RAA). Existem vários métodos de ensaio, que podem detectar previamente a reatividade de agregados frente aos hidróxidos de sódio ou potássio presentes na pasta de cimento hidratada. Para a confecção de concreto e argamassa a partir do material reciclado, os agregados foram reduzidos até que tivessem granulometria próxima da areia de rio e da brita. As análises detiveram-se à determinação da reatividade potencial álcali-agregado. Os resultados da caracterização química e física indicaram a predisposição do material para ser utilizado como agregado em argamassa e concreto, devido à disponibilidade dos resíduos, as boas propriedades apresentadas e os ganhos em custos, além do gerenciamento ambiental (CALAVERA, 1991).

PALAVRAS-CHAVE: Louça sanitária, reciclado, concreto, argamassa.

ABSTRACT: The chemical analysis of the rejected aggregate of sanitary ceramic industry is important for detecting the presence of Alkali Aggregate Reaction (AAR). Several methods of testing are available; these methods may previously

-
- 1 Doutora em Ciências dos Materiais, pela Universidade Federal de São Carlos-SP (UFSCar); professora do Depto de Construção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Cuiabá. E-mail: juzelia@ccivil.cefetmt.br.
 - 2 Doutor em Engenharia de Materiais, pela Universidade Federal de São Carlos-SP (UFSCar); professor do Depto de Engenharia de Materiais (DEMa) da UFSCar-SP. E-mail: cmartins@power.ufscar.br.
 - 3 Doutor em Engenharia de Materiais, pela Universidade Federal de São Carlos-SP (UFSCar); professor do Depto de Engenharia de Materiais (DEMa) da UFSCar-SP. E-mail: baldo@power.ufscar.br.

detect the reactivity of aggregate facing the hydroxides sodium or potassium in the hydrated cement paste. For the concrete and the mortar preparation from the recycled material, the aggregates were reduced until they had a granulometry similar to the river sand and the gravel. The analyses limited to the determination of the alkali-aggregate potential reactivity. The results of the chemical and physical characterization indicated the pre disposition of the material to be used as aggregate in mortar and concrete, due to its residues availability, the good quality proprieties presented, the profits in costs, as well as the environment management (CALAVERA, 1991).

KEYWORDS: Sanitary ceramic, recycled, concrete, cement.

INTRODUÇÃO

Até pouco tempo, os agregados eram considerados apenas material inerte e de enchimento, distribuídos pelo meio da pasta de cimento. Mas, hoje, se tem a inversão dessa visão, considerando-os não só do ponto de vista econômico, mas também pela durabilidade e desempenho estrutural. Eles não são materiais totalmente inertes e suas propriedades físicas e químicas têm muita influência sobre suas largas aplicações (NEVILLE, 1997).

A Construção Civil é um dos setores que mais geram resíduos sólidos, considerando proporcionalmente o seu produto final. Segundo o arquiteto Tarcísio de Paula Pinto, da I&T Informações e Técnicas em Construção Civil (1991), no Brasil, “tudo começa com processos construtivos que resultam em desperdícios”. Muitos dos defeitos e falhas encontrados nas construções são causados ainda na própria fase de projeto (CALAVERA, 1991).

As características dos concretos com reciclado variam mais que as de concretos convencionais, pois, além das variações ligadas à relação a/c e ao consumo de aglomerantes, há ainda as mudanças determinadas por variações na composição e outras características físico-químicas dos resíduos reciclados.

Durante os últimos anos, tem-se observado um número cada vez maior de reações químicas entre o agregado e a pasta de cimento hidratada que o envolve. A reação mais freqüente ocorre entre os constituintes, a sílica ativa do agregado e os álcalis do cimento Portland. A reação álcali-sílica e se manifesta através da expansão, fissuração, pipocamentos e exsudação de um líquido fluido viscoso álcali-silicoso. Esse processo acarreta a perda de resistência, elasticidade e durabilidade do concreto.

Dependendo do tempo, da temperatura e do tamanho das partículas, Mehta e Monteiro (1994) consideram como agregados reativos a álcalis todos os silicatos ou minerais de sílica, sílica hidratada ou amorfa, mesmo um grande número desses minerais reagindo num grau insignificante.

A reatividade do álcalis do cimento com a sílica presente no inerte depende da concentração de álcalis na superfície reativa (função do teor de álcalis do cimento), das características geométricas das partículas e de sua porosidade, da concentração da quantidade de água livre da pasta de cimento e de sua permeabilidade, do efeito molhagem/secagem e do aumento da temperatura entre, pelo menos, 10°C e 40°C (fato que acelera a reação).

A reação álcali-sílica começa com o ataque dos minerais silicosos do agregado pelos hidróxidos alcalinos resultantes dos álcalis do cimento. Com isso, um gel de álcalis-silicato é formado nos poros dos agregados (local onde está presente a sílica) ou na superfície das partículas. No último local, cria-se uma zona de alteração superficial característica, levando à destruição da aderência entre o inerte e a pasta de cimento, tensões internas que podem levar à expansão, fissuração e desagregação do concreto e da argamassa. Parte do gel, relativamente mole, é posteriormente lixiviado pela água e depositado sobre as fissuras formadas pelo inchamento dos agregados.

Para garantir a qualidade do produto, foi avaliado um estudo da reciclagem do agregado do rejeito virgem da indústria de louça sanitária de Minas Gerais, visando ao desenvolvimento de argamassa e concreto para serem usados na indústria da construção civil.

O presente estudo mostrará bons resultados de argamassa e concreto utilizando o rejeito de louça sanitária descartado no final do processo de produção, moído em granulometria apropriada. Foram utilizadas normas da ABNT para a caracterização e avaliação de resultados, que, em alguns casos da argamassa e do concreto desenvolvidos, resultaram em valores equivalentes ou superiores aos encontrados nas argamassas e concretos convencionais.

Além de contradizer o mito do possível mecanismo de reação, veremos que as argamassas e concretos desenvolvidos neste estudo são superiores aos convencionais, com benefícios de custo e ambientais.

METODOLOGIA

Para melhor avaliação do agregado reciclado, foi executada uma investigação sobre a utilização da reciclagem de rejeito da indústria de louça sanitária no desenvolvimento de concreto não-estrutural para uso na indústria da construção civil. Foi utilizado rejeito (virgem) de louça sanitária descartado no final do processo de produção, moído em granulometria apropriada para simular um tipo genérico de brita e areia de rio. Para avaliar os efeitos dos agregados reciclados, foram formulados dois concretos: Concreto de Louça Sanitária (CLS), composto por cimentos agregados miúdo e graúdo reciclados de louça sanitária. Houve substituição de 100% dos agregados miúdo e graúdo. Como comparativo, utilizou-se um concreto de referência CR (cimento: areia de rio: brita). O traço em massa utilizado foi 1: 2.5 :3.5, com consumo de 314 kg de cimento por metro cúbico, processado sob relação água/cimento 0.55. O agregado graúdo de reciclagem utilizado é proveniente da britagem de louça sanitária, cujo grão passa por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 19 mm, e fica retido na peneira ABNT n° 4 (4,8 mm). Já o agregado miúdo passa pela peneira ABNT n° 4 (4,8 mm) e fica retido na peneira ABNT n° 200 (0,075 mm).

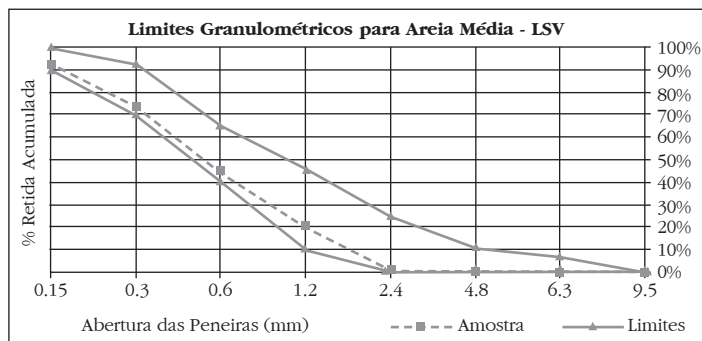
Em seguida, confeccionou-se argamassa reciclada de rejeito da indústria de louça sanitária em substrato cerâmico. A matéria-prima utilizada consistiu de peças de louça sanitária descartadas no processo de produção, após a queima. O material utilizado é de uma indústria de Minas Gerais. Inicialmente, as peças foram fragmentadas com o uso de um britador de mandíbulas e, posteriormente, moídas por moinho de martelos. O material obtido foi separado em frações granulométricas de interesse, para a preparação da argamassa. O agregado miúdo reciclado consistiu de material que passou pela peneira ABNT nº 4 (4,8 mm) e foi retido na peneira ABNT nº 200 (0,075 mm). O agregado miúdo da argamassa convencional de referência foi a areia natural quartzosa, proveniente da região da cidade de São Carlos-SP. Nos dois casos, os ensaios de granulometria foram feitos segundo a NBR NM 248. Desenvolveu argamassa denominada Louça Sanitária Vidrada (LSV), de traço volumétrico 1:2:9 (cimento: cal: agregado miúdo reciclado de louça sanitária), com substituição de 100% do agregado miúdo e, para comparação, uma argamassa tradicional P1 com traço volumétrico 1:2:9 (cimento, cal e agregado miúdo areia de rio). As características no estado fresco e endurecido não apresentaram nenhum dano visível; as argamassas foram preparadas a fim apresentar a mesma consistência de 250 mm. A cura foi conduzida ao ar em painel durante 360 dias. A argamassa utilizando agregado reciclado apresentou maior resistência mecânica e aderência do que a que foi preparada com areia de rio.

RESULTADOS

CURVA GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO

Pelas Figuras 1 e 2, podemos observar o aspecto do agregado trabalhado.

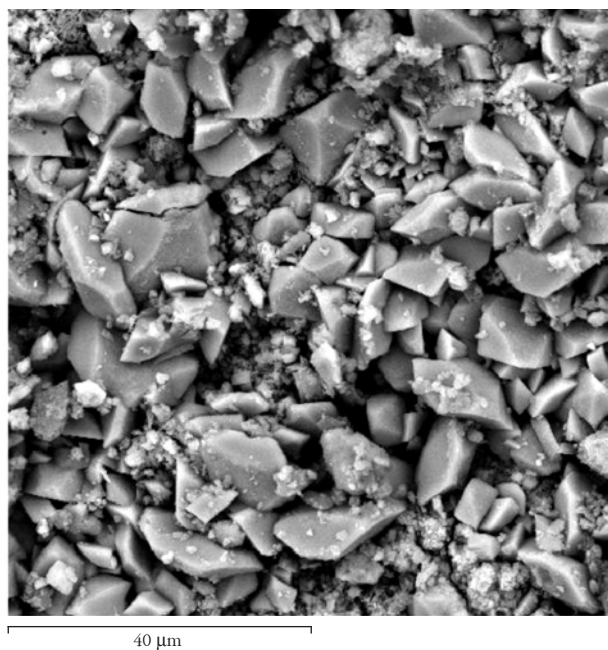
Figura 1. Curva Granulométrica do Agregado Miúdo Reciclado de Louça Sanitária Vidrada (LSV).



LSV – Diâmetro Máximo Característico = 2,4 mm.

LSV – Módulo de Finura = 2,3 (NBR 7211).

Figura 2. Mostra do Agregado Graúdo Reciclado de Louça Sanitária Vidrada (LSV).



RESULTADO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DOS AGREGADOS RECICLADO (LSV) E NATURAL (P1), E DOS CONCRETOS RECICLADO (CLS) E DE REFERÊNCIA (CR)

Sendo a resistência mecânica considerada a propriedade fundamental e de controle de qualidade, embora, em muitos casos, a durabilidade e a impermeabilidade possam ser de fato mais importantes, normalmente a resistência das argamassas e dos concretos dá uma indicação geral da sua qualidade, por estar diretamente relacionada à estrutura da pasta de cimento endurecida.

A resistência de um material é definida como sua capacidade de resistir à tensão sem ruptura, por isso seu valor é sempre mencionado em uma avaliação. As Figuras 3 e 4 mostram a resistência mecânica à compressão axial da argamassa e do concreto.

Figura 3. Resistência à Compressão Simples (MPa) das Argamassas com Agregado de Louça Sanitária Vidrada (LSV) e Argamassa Confeccionada com Agregado Natural (areia) (P1) Ensaaiadas aos 7, 14, 28, 63 e 91 Dias de Idade.

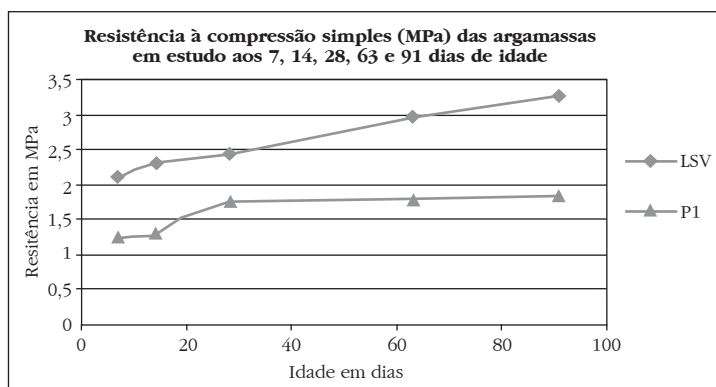
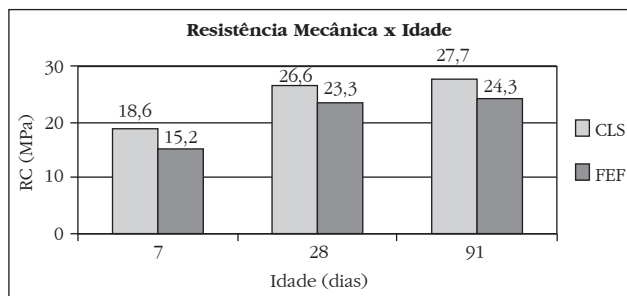


Figura 4. Resistência à Compressão Determinada em Função da Idade, para os Concretos Reciclado (CLS) e de Referência (CR).



Pelos dados das Figuras 3 e 4, pode-se constatar que, dentre as argamassas e concretos, aqueles contendo agregado reciclado de louça sanitária apresentaram as maiores resistências mecânicas. Isto pode ser atribuído ao maior grau de empacotamento dos grãos. Em adição, fica claro que o vidrado da louça sanitária não interferiu no desenvolvimento da resistência mecânica da argamassa e do concreto.

REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO (RAA) DOS AGREGADOS DE LOUÇA SANITÁRIA VIDRADA (LSV)

Para a ocorrência da RAA, faz-se necessária a presença conjunta de alguns componentes: agregado reativo, umidade ambiente elevada e alta concentração de hidróxido alcalino nos poros do concreto ou argamassa.

Existem muitos métodos de ensaio visando à detecção da presença de RAA, tanto em campo como em laboratório. Eles podem detectar previamente a reatividade de agregados frente aos hidróxidos de sódio ou potássio presentes na pasta de cimento hidratada.

Neste trabalho, foi utilizado o método acelerado de barras de argamassa (AMBT) preconizado pela ASTM C-1260, pois é o mais difundido e utilizado no mundo. Barras de argamassa 2,5 x 2,5 x 28,5 cm são confeccionadas e, após um período inicial de cura imersa em água a 80°C por 24 h, são imersas em solução de hidróxido de sódio

(NaOH – 1N), estando também a uma temperatura de 80°C durante, pelo menos, 14 dias.

O resultado do ensaio realizado até os 28 dias pode ser interpretado através dos seguintes limites de expansão:

$$E = \frac{L_1 - L_0}{L_n} \times 100$$

E = expansão média percentual;

L_n = comprimento nominal da barra, em mm;

L_1 = comprimento da barra na idade de ensaio, em mm;

L_0 = Comprimento inicial da barra, em mm.

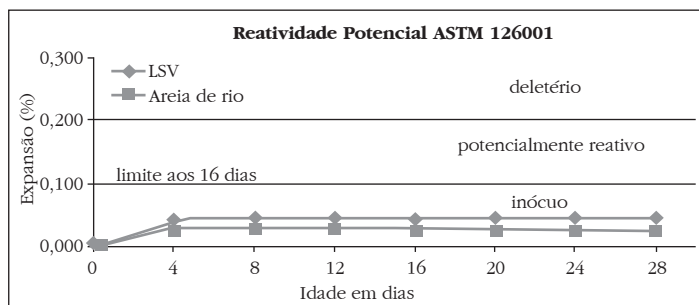
Expansões inferiores a 0,10%, aos 16 dias de idade, indicam um comportamento inócuo do agregado na maioria dos casos. Expansões superiores a 0,10% e inferiores a 0,20%, aos 16 dias de idade, indicam um comportamento potencialmente reativo. Já expansões superiores a 0,20%, aos 16 dias de ensaio, indicam um comportamento reativo do agregado.

Os resultados dos corpos-de-prova, após o término do ensaio, não devem apresentar o aparecimento de fissura, empenamento ou desagregação.

As leituras de comprimento dos corpos-de-prova serão realizadas rapidamente, para minimizar o resfriamento, com resolução de 0,001 mm.

Pela Figura 5, podemos observar o resultado da reação álcali-agregada em amostra de concreto com agregado de louça sanitária vidrada.

Figura 5. Resultado do Ensaio (RAA) Realizado em Concreto com Agregado de Louça Sanitária Vidrada.



Pelos resultados apresentados na Figura 5, conclui-se que o agregado reciclado de louça sanitária tem predisposição para uso na indústria da construção civil.

CONCLUSÃO

Os resultados da investigação álcalis-agregado mostraram que o agregado reciclado de louça sanitária é satisfatório.

As boas propriedades do concreto no estado fresco e endurecido são bastante similares para os dois concretos. O concreto contendo agregado reciclado, após mistura, apresentou-se consistente e coeso, foi necessário um menor teor de água para ajuste da trabalhabilidade até valor semelhante ao concreto convencional. Nos ensaios de resistência à compressão do concreto com adição de agregado reciclado, os resultados foram mais elevados do que o concreto convencional. Uma vez que o consumo de cimento foi igual ao do concreto de referência, podemos afirmar que o aumento da resistência à compressão do concreto reciclado foi ocasionado pela menor relação água/aglomerante e pelo melhor empacotamento observado. Deve-se salientar que foi utilizada uma condição que, a priori, poderia ser considerada como a mais desfavorável, isto é, fazendo uso exclusivo de agregados reciclados grosso e fino. A louça sanitária pode proporcionar níveis de resistência mecânica similar

ou superiores aos de um concreto de cimento Portland convencional de mesmo traço. Assim, pode-se concluir pela viabilidade e grande potencial de uso desse concreto, no mínimo em aplicações não-estruturais.

O resultado da boa resistência mecânica é indicativo de que não houve nenhuma reação adversa provocada pelas faces esmaltadas do agregado reciclado que promovesse dano microestrutural durante o envelhecimento, pelo menos até a idade de 360 dias. Conclui-se pela viabilidade da substituição em argamassas de revestimento, da areia de rio por rejeito da indústria de louça sanitária, em vista das propriedades compatíveis com as aplicações normais das argamassas feitas com areia de rio.

A substituição do agregado natural pelo reciclado oferece benefícios econômicos evidentes, além de minorar os impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

CALAVERA, J. Human and psychological aspects of the implementation of control in construction. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON MANAGEMENT, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING AND OTHER BUILDING SECTORS, 1991, Lisboa-Portugal. *Anais...* London: [s.n.], 1991. p. 484-494.

COSTA, J. S. *Agregados alternativos para argamassa e concreto produzidos a partir da reciclagem de rejeitos virgens da indústria de cerâmica tradicional*. São Carlos-SP, 2006. Tese (Doutorado), Deptº de Engenharia de Materiais (DEMa) – Universidade Federal de São Carlos.

I&T – INFORMAÇÕES E TÉCNICAS EM CONSTRUÇÃO CIVIL LTDA. *Relatório final das atividades do estudo de viabilidade técnico-econômica da reutilização de resíduos de Santo André*. São Paulo: I&T, 1991. (Documento interno.)

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: Pini Editora, 1994.

NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto*. São Paulo: Editora Pini, 1997.

