Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO AGREGADO NA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO

JOÃO SILVA
Mestre
SENAI-PE
Pernambuco; Brasil
jricardops85@hotmail.com

REGINALDO GOMES
Pesquisador, D.Sc.
Instituto SENAI de Tecnologia
Pernambuco; Brasil
regigomesjunior@yahoo.com.br

MARIA FERREIRA
Professora, PhD
UNICAP
Pernambuco; Brasil
mgvxferreira@gmail.com

Resumo

Os estudos da expansão oriundas da reação álcali-agragado (RAA) são geralmente limitados pela heterogeneidade e tamanho dos agregados reativos. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo estudar a influência da granulometria do agregado na RAA, utilizando agregado de uma pedreira da Região Metropolitana do recife. Foram confeccionados corpos de prova de acordo com norma padrão, e foram realizadas medidas de expansão longitudinal no intuito de verificar o efeito do tamanho do agregado. Foram realizadas comparações dos percentuais das faixas granulométricas fornecidas pela ABNT NBR 15577-4 e os percentuais utilizados nesta pesquisa. Os resultados mostram a influência da granulometria no comportamento da expansão ao longo de 30 dias. A granulometria que mais influencia a expansão foi 0,6 mm e a menor expansão foi 0,15 mm. .

Palavra-chave: Reação Álcali Agregado, Potencial de expansão, efeito do tamanho do agregado, Barras de argamassa, ensaio acelerado.

Abstract

Studies of expansion arising from the alkali-aggregate reaction (AAR) are usually limited by the heterogeneity and size of reactive aggregates. In this sense, this work aims to study the influence of aggregate grading in the AAR, using aggregate from a quarry in the city of Recife. They were prepared test specimens according to standard procedure, and were carried out longitudinal expansion measures in order to verify the effect of the aggregate size. Comparisons of the percentage of particle sizes provided by NBR 15577-4 and percentages used in this research were conducted. The results show the influence of particle size on the behavior of the expansion over 30 days. The grain size that most influences the expansion was 0.6 mm and the lowest expansion was 0.15 mm.

Keywords: ALKALI AGGREGATE REATION; POTENTIAL OF EXPANSION; EFFECT OF SIZE AGGREGATE, MORTAR BAR, ACCELERATED TEST.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

INTRODUÇÃO

Uma grande variedade de tipos de agregados de uso comum em todo o mundo, em particular aqueles com uma composição siliciosa, são vulneráveis ao ataque pelo fluido alcalino dos poros de concreto. Este ataque, que em condições úmidas produz um gel higroscópico, pode causar fissuras, e perturbações do concreto. O mecanismo de degradação é denominado Reação Álcali Agregado (RAA) [1] .

O aumento da ocorrência de manifestações patológicas em estruturas de concreto oriundas da RAA tem sido motivo de preocupação no meio técnico nacional. A falta de ensaios seguros e eficazes para avaliação dos materiais utilizados na elaboração dos concretos e argamassas e o desconhecimento do meio técnico a respeito do assunto, podem ser considerados como os fatores responsáveis pelo agravamento da atual situação [2] .

No Brasil, a preocupação veio à tona, em relação à ameaça da reação, a cerca de 45 anos, principalmente quando do estudo dos materiais e concretos para as obras do Setor Elétrico, em particular as Hidroelétricas [3]. Em Pernambuco, especialmente na RMR - Região Metropolitana do Recife, em 2004, ano no qual ocorreu o colapso do Edifício Areia Branca, embora a RAA não tenha sido a causa principal do colapso, foi constatada a sua presença. Com isso gerou-se, no meio técnico, uma grande preocupação, o que provocou o desenvolvimento de estudos sobre o fenômeno, especialmente na RMR [4].

[5] explanam que alguns tipos de agregados podem apresentar-se quimicamente reativos aos álcalis presentes nos materiais constituintes do concreto e argamassa. Em relação à influência do agregado na RAA no concreto, [6] comenta que apesar de todos os agregados podem ser considerados reativos, apenas aqueles que realmente causarem danos ao concreto são motivo de preocupação.

[7] usaram uma combinação de experimentos e modelagem para estudar o efeito do tamanho de agregados na manifestação de RAA. Eles verificaram duas maneiras principais em que os tamanhos dos agregados podem afetar a evolução do dano: a propagação de fissuras em agregados de tamanhos diferentes, e as interações entre as regiões expandidas e as não expandidas.

Mesmo com diversas pesquisas realizadas, ainda existem grandes discursões no meio técnico devido às faixas granulométricas utilizadas na moldagem das barras de argamassa, pois há uma grande variação entre os resultados da influência do tamanho dos grãos do agregado para determinação das expansões geradas [8] .

No Brasil, uma das metodologias mais utilizadas para o ensaio de efeito de expansão do RAA, está presente na norma técnica [9] , a qual estabelece parâmetros de granulometria necessários para uma preparação de amostra padrão. No entanto, a distribuição granulométrica para a amostra padrão supracitada não leva em consideração a origem do agregado (formação geológica).

Assim, este trabalho visa a identificação da influência da granulometria de um tipo de agregado graúdo, proveniente de uma pedreira localizada na Região Metropolitana do Recife, e seu efeito na expansão da RAA, como forma de comparação entre os resultados obtidos e a distribuição granulométrica prevista na norma ABNR NBR 15577.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este ensaio foi realizado conforme metodologia da [9] , fazendo uma análise comparativa das expansões utilizando uma amostra padrão e cinco faixas granulométricas diferentes (A, B, C, D e E). A brita foi retirada de uma pedreira da Região Metropolitana do Recife (RMR), e foi selecionada tomando como referência os trabalhos realizados por [10] , e [11] . Estes autores verificaram elevado potencial de reatividade álcali-agregado, nos agregados das principais jazidas da RMR.

O agregado citado anteriormente foi selecionado conforme metodologia da [12] . O mesmo foi triturado em triturador de mandíbula, peneirado, classificado em diferentes percentuais de faixas granulométricas (**Tabela 9**), lavado com água corrente (água da rede de abastecimento), secados em estufa a 110 °C por 24 h, e separados em massa para a preparação da amostra padrão conforme **Tabela 9**. O cimento escolhido foi o CP V, por motivo de disponibilidade.

A proporcionalidade dos materiais: cimento CP V, agregado miúdo, e água destilada, seguiram a prescrição da ABNT NBR 15577-4/08 [ref.], a qual determina a preparação de três barras prismáticas de argamassa com dimensões de 2,5 cm de largura, 2,5 cm de espessura, e 28,5 cm de comprimento, contando com uma relação de água destilada/cimento CP V de 206,8:440,0, bem como e uma proporção cimento CP V/agregado miúdo de 1:2,25.

Tabela 9 - Granulometria e quantidade do agregado miúdo para moldagem da amostra padrão

Composição dos Materiais			
Amostra	Granulometria do agregado miúdo (mm)	Massa %	Massa (g)
PADRÃO	2,36	10	99,0
	1,18	25	247,5
	0,6	25	247,5
	0,3	25	247,5
	0,15	15	148,5
Cimento CP V			440,0
Água destilada			206,8

A amostra padrão foi utilizada como referência. As amostras A, B, C, D e E, foram confeccionadas com o agregado triturado nas condições em que a massa de cada amostra fosse utilizado apenas a massa de apenas um agregado. A **Tabela 10** apresenta a massa das amostras A, B, C, D e E..

Tabela 10 - Composição das amostras

Composição dos materiais			
Amostra	Abertura da peneira (mm)	Massa %	Massa (g)
A	2,34	100	990,0
B	1,18	100	990,0
C	0,6	100	990,0
D	0,3	100	990,0
E	0,15	100	990,0
Cimento CP V			440,0
Água Destilada			206,8

a Os materiais constituintes: cimento, agregado e água, foram pesados e adicionados na cuba, misturados com a argamassadeira, e posteriormente foram moldados (Figura 11) em três corpos de prova para amostra padrão, e seis corpos de prova para cada uma das amostras A, B, C, D e E.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 11 – Moldagem das barras de argamassa

Após a realização das moldagens, as barras padrão A, B, C, D e E, foram colocadas em câmara úmida, a 95%, com temperatura de 23 ± 2 °C, permanecendo por 24h. Após a desforma, as barras foram avaliadas dimensionalmente, em suas leituras iniciais, utilizando relógio comparador digital, conforme aparato apresentado na **Figura 12**.



Figura 12 - Aparato para avaliação dimensional do bloco prismático.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Após a realização das leituras iniciais, as barras de argamassa moldadas a partir de diferentes faixas granulométricas foram colocadas em recipiente (**Figura 13**) de armazenamento com água destilada, onde o conjunto foi aquecido a 80 ± 2 °C por 24 h.



Figura 13 - Condicionamento das amostras em tanque de imersão.

Posteriormente foram realizadas as medições das amostras na referência zero de tempo, conforme ABNT NBR 15577-4. Essa medida representa a primeira (zero) em relação à contagem dos dias, ou seja, do dia 0 ao dia 30. Ainda conforme a norma, as amostras foram medidas de acordo com determinados dias de imersão em solução de hidróxido de sódio (NaOH), com solução a 1 ± 0,01 N, e a uma temperatura de 80 ± 2 °C.

RESULTADOS

É possível observar que todas as amostras iniciam, simultaneamente, a aceleração das expansões, sendo iguais até o quarto dia de análise. Este fato pode ser observado na Figura 14, onde se encontram as rampas de aumento longitudinal da amostra. Os resultados indicam também que as amostras: padrão, B, C, e D, foram classificados como reativa, no último dia de análise, pois ficaram acima do limite estabelecido pela ABNT NBR 15577-1 [ref.]. Os resultados da amostra padrão são compatíveis com os resultados obtidos por Arrais e Melo (2012), sendo que os demais não foram encontrados na literatura para uma comparação. Estes resultados serão analisados posteriormente em termos de reprodutividade, utilizando ferramentas para avaliar os desvios ocorridos durante a metodologia aplicada.

A partir do quarto dia de análise é observado que as amostras se diferem em termos de expansão. A amostra padrão atingiu o limite de expansão considerado como potencialmente inócuo, conforme a ABNT NBR 15577-1, em 16 dias, seguido pela amostra C. As amostras A e E, mantiveram inócuas até o período de 30 dias.

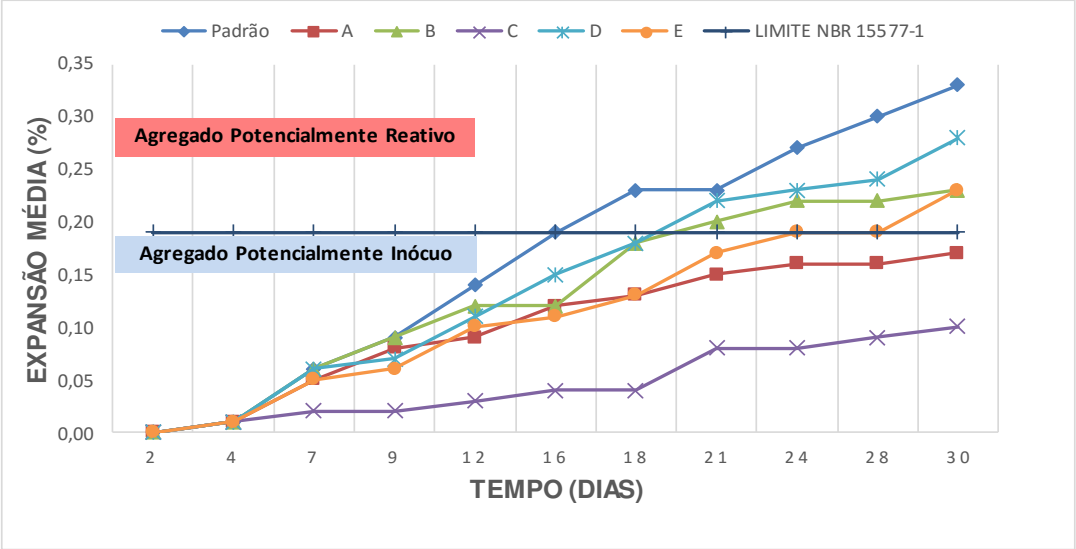


Figura 14 - Comparação entre as expansões longitudinais médias em função do tempo de imersão em solução

A **Figura 15** apresenta o comportamento da expansão ao longo dos dias das amostras excluindo-se a amostra padrão. Nota-se que há semelhança entre todas as amostras ao longo do tempo no comportamento da expansão, todavia ligeiras diferenças são notadas nas idades de 12 e 16 dias, para a granulometria de 1,18 mm, o que se entende por uma possível região de transição.

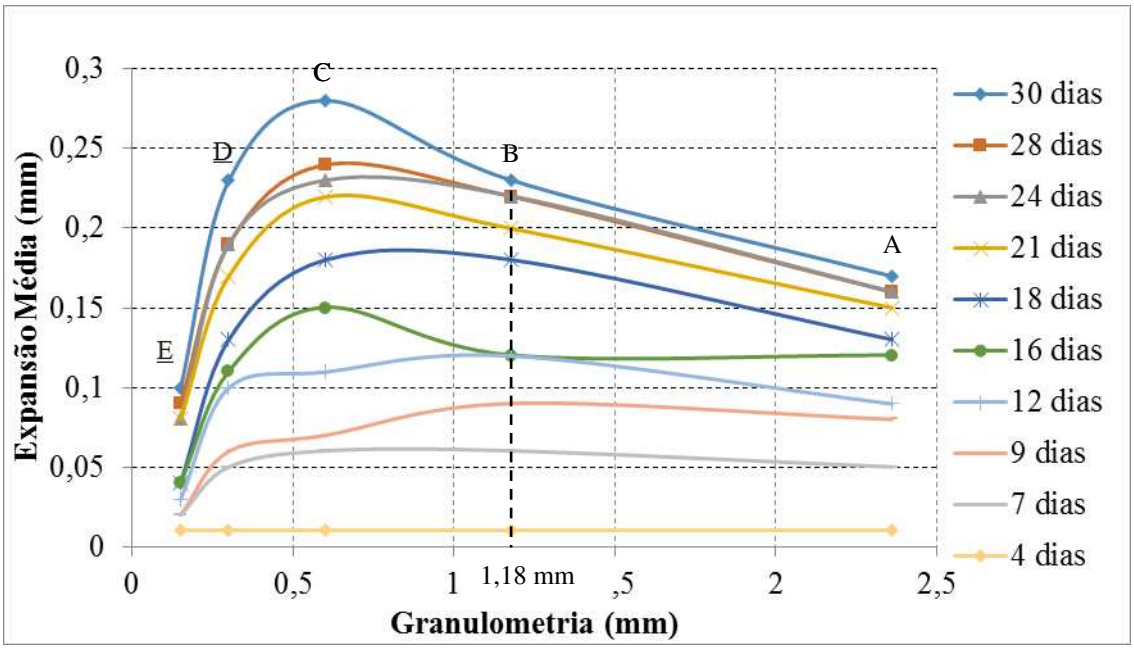


Figura 15 - Dinâmica da expansão das barras de argamassa

A comparação entre os resultados obtidos e a amostra padrão foi realizada a partir da normalização percentual, onde a soma das composições das amostras preparadas resultam em 100%, bem como a soma de todas as composições da amostra padrão também resulta em 100%. O resultado distribuído por cada granulometria é apresentado na **Figura 16**. Nesta comparação é possível afirmar que cada faixa granulométrica influencia de forma diferente na expansão da amostra padrão, sendo que todas as faixas granulométricas apresentaram valores divergentes da norma. Nota-se que na

granulometria de 2,36 mm há uma diferença superior a 5%, sendo a maior entre as comparações, o que indica a maior influência desta composição na expansão da amostra padrão. Nota-se também que a granulometria de 0,15 mm apresenta valor discrepante da norma, porém, diferente da granulometria de 2,36 mm, ou seja, o valor encontrado foi aproximadamente 5 % menor do que sugerido pela norma.

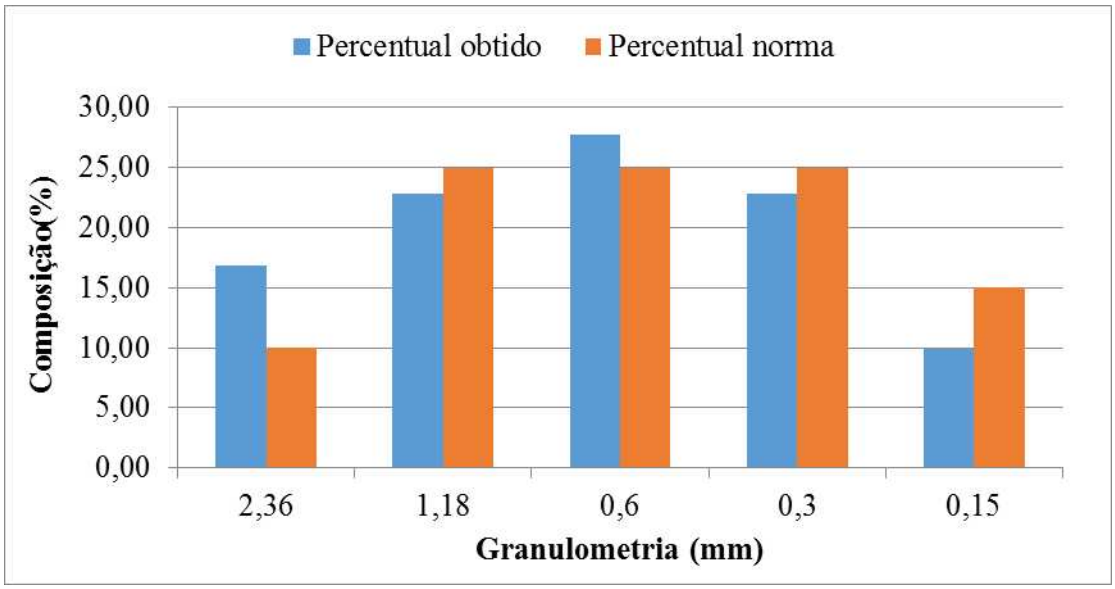


Figura 16 – Comparação percentual normalizada entre as amostras preparadas e a amostra padrão.

CONCLUSÃO

Foi possível obter amostras, em composições diferentes de granulometria, baseado nas distribuições granulométricas indicadas pela norma técnica ABNT NBR 15577-4. No quarto dia em diante é observado que as amostras possuem expansões diferentes, sendo que a amostra padrão atinge o limite de expansão como potencialmente inócuo em 16 dias, seguido pela amostra C. As amostras A e E mantiveram-se inócuas até o fim do período de ensaio. Em comparação dessas amostras com uma amostra padrão segundo a mesma ABNT citada, os resultados dos ensaios em barras de argamassa ~~m~~ mostram que a amostra C obteve maior expansão, de maneira que esta granulometria foi responsável pela maior influência na expansão para as barras padrão. Nota-se também que as amostras apresentam um comportamento semelhante na evolução da expansão ao longo dos dias de análise, com uma possível região de transição entre os dias 12 e 16, do tempo total de ensaio. Há necessidade de mais estudos para um melhor entendimento dos fatores que determinam expansões diferentes de um mesmo agregado em função de variação na granulometria. Acredita-se que, dependendo da textura da rocha, o quebramento pode induzir uma concentração de determinado mineral em uma fração específica, tal como grãos de mica, originalmente de pequena dimensão, podem se concentrar nas frações menores resultando em uma expansão inferior àquela em que o quartzo reativo, originalmente maior, se concentrou.

Referência

[1] Haha, M. B. Mechanical effects of alkali silica reaction in concrete studied by sem-image analysis. 2006. 232 f. Tese (Doutorado) - École Polytechnique FÉdÉrale de Lausanne, 2006.
[2] Pecchio et al. Produtos da Reação Álcali-Silicato em Concretos de Edificações da Região do Grande Recife – PE. II Simpósio sobre Reação Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto - Brasil- 2006.
[3] Andriolo, F.R.- "Reação Álcali-Agregado: Observação de Âmbito Internacional" ǁ Simpósio sobre Reatividade Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto-Goiânia- Brasil- 1997.
[4] Andrade, T.- "Histórico de Casos de RAA Ocorridos Recentemente em Fundações de Edifícios na Região Metropolitana do Recife" II Simpósio sobre Reação Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto- Brasil- 2006.
[5] Andriolo, et al. "Inspeção e controle de qualidade do concreto". – São Paulo: NEWSWORK, 1993.
[6] Ramachandran, VangipuramSeshachar. *Concrete Admixtures Handbook: Properties, Science, and Technology*.2. ed. New Jersey: NoyesPublications, 1995. 1153 p.

[7] Dunant et al. “Effects of aggregate size on alkali–silicareaction induced expansion”. Cement And Concrete Research, v. 42, p.745-751, 2012.
[8] Dyer, Thomas. *Durabilidade do concreto*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2015.
[9] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15577- 4: Agregados — Reatividade álcali-agregado Parte 5: Determinação da mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
[10] Figueroa et tal. *O ataque da reação alcali-agregado sobre as estruturas de concreto*. Recife: Universitaria, 2007.
[11] Arrais et tal. “Avaliação do comportamento de agregados graúdos de pedreiras da região metropolitana do recife, com relação à ras, frente a diferentes tipos de cimentos portland”. Estudos Geológicos, v. 22. 2012.
[12] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15577- 2: Agregados - Reatividade álcali-agregado Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto.