

Mapeamento do potencial álcali reativo das areias no Rio Grande do Sul

Mapping of the alkali reactive potencial of the sands in Rio Grande do Sul

Dioice Schovanz(1); Luana Centofante Costa(2); Francieli Tiecher Bonsembiante(3)

1 Bolsista FAPERGS. IMED, Passo Fundo, RS, Brasil.

E-mail: 1116627@imed.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6275-4575>

2 IMED, Passo Fundo, RS, Brasil.

E-mail: luanaeng@yahoo.com.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4654-5754>

3 IMED, Passo Fundo, RS, Brasil.

E-mail: francieli.bonsembiante@imed.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1825-0097>

Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 8, n. 1, p. 3-18, Janeiro-Junho, 2019 - ISSN 2318-1109

[Recebido: 13 dezembro 2018; Aceito: 30 julho 2019]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2019.v8i1.3122>

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editor-chefe: Marcos L. S. Oliveira

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

Existem vários processos de deterioração que interferem no desempenho e durabilidade de um concreto, dentre estes processos encontra-se a reação álcali-agregado (RAA). A RAA é um termo geral utilizado para descrever a reação química que ocorre internamente em estruturas de concreto, entre os hidróxidos alcalinos presentes no cimento e fases minerais reativas presentes nos agregados. Como resultado da reação, forma-se um gel sílico-alcalino que, na presença de umidade, absorve água, sendo capaz de expandir no interior da massa de concreto, podendo causar expansão e, conseqüentemente, fissuração interna e externa nas estruturas de concreto. As medidas preventivas à ocorrência da RAA são conhecidas há muito tempo e aplicadas rotineiramente apenas em estruturas de usinas hidrelétricas. Sabendo-se que qualquer estrutura sujeita a intensa umidade pode desenvolver a RAA, a prevenção é necessária também nas edificações residenciais, por exemplo, em locais onde o concreto esteja exposto à umidade, a fim de garantir estruturas mais duráveis e, portanto, mais sustentáveis, uma vez que a geração de resíduos pela necessidade de manutenção constante, ou demolição, vai na contramão dos pilares da sustentabilidade na construção. Nesse contexto, a primeira etapa do processo de prevenção da ocorrência da RAA é conhecer o potencial reativo dos agregados, pois conhecendo esse parâmetro é possível empregar materiais cimentícios adequados à inibição do desencadeamento da reação. Esta pesquisa, tem como objetivo avaliar o potencial álcali-reativo de oito amostras de areia, provenientes das jazidas fornecedoras do insumo para produção de concreto no Rio Grande do Sul. O estudo foi realizado baseando-se no método acelerado de barras de argamassa, de acordo com a ABNT NBR 15577-4 (2018) e na avaliação das características mineralógicas dos agregados, através da análise petrográfica. Os resultados apontaram um alto potencial deletério das amostras avaliadas. Verificou-se que 7 de um total de 8 amostras analisadas foram classificadas como potencialmente reativas. A variação percentual entre a amostra de maior para a de menor expansão foi de 93,44% (0,61%-0,04% respectivamente), sendo potencialmente inócua apenas a amostra de areia da cidade de Osório/RS.

Palavras-chave: Reação álcali-agregado. Agregados. Areia.

Abstract

There are several deterioration processes that interfere in the performance and durability of a concrete, among these processes is the alkali-aggregate (RAA) reaction. RAA is a general term used to describe the chemical reaction that takes place internally in concrete structures, between the alkali hydroxides present in the cement and reactive mineral phases present in the aggregates. As a result of the reaction, a silica-alkaline gel is formed which, in the presence of moisture, absorbs water, being able to expand inside the concrete mass, which can cause expansion and, consequently, internal and external cracking in the concrete structures. Preventive measures for the occurrence of RAA have been known for a long time and routinely applied only in hydroelectric plant structures. Knowing that any structure subject to intense humidity can develop the RAA, prevention is also necessary in residential buildings, for example, in places where the concrete is exposed to moisture, in order to ensure structures that are more durable and therefore more sustainable, since the generation of waste due to the need for constant maintenance or demolition goes against the pillars of sustainability in construction. In this context, the first step in the process of preventing the occurrence of RAA is to know the reactive potential of the aggregates, because knowing this parameter it is possible to use cementitious materials adequate to the inhibition of the reaction. The objective of this study was to evaluate the alkali-reactive potential of eight sand samples coming from the raw materials for the production of concrete in Rio Grande do Sul. The study was carried out based

on the accelerated method of mortar bars, according to ABNT NBR 15577-4 (2018) and in the evaluation of the mineralogical characteristics of the aggregates through the petrographic analysis. The results indicated a high deleterious potential of the samples evaluated. It was found that 7 of a total of 8 samples analyzed were classified as potentially reactive. The percentage variation between the sample from highest to least expansion was 93.44% (0.61% -0.04% respectively), potentially only the sand sample from the city of Osório / RS.

Keywords: Alkali-aggregate reaction. Aggregates. Sand.

Introdução

O concreto, graças às suas inúmeras características, (variedade de formas e tamanhos, facilidade de execução, baixo custo) é um dos materiais mais utilizados na engenharia. Para que uma estrutura de concreto seja durável é necessário que os materiais empregados sejam adequados, uma vez que muitas manifestações patológicas que levam ao colapso das estruturas, ou à necessidade de constantes manutenções, são oriundas de materiais com características que poderiam ser evitadas. É importante salientar que os resíduos gerados a partir da construção, demolição e manutenção das estruturas na construção civil vão na contramão da sustentabilidade ambiental e também econômica. Logo, é importante o estudo de formas de prevenir os problemas nas estruturas, para que se garanta sua durabilidade.

Nesse contexto, estruturas de concreto sujeitas à intensa umidade podem desenvolver com maior intensidade uma série de problemas, dentre eles está a reação álcali-agregado (RAA). Trata-se de uma reação química deletéria que ocorre entre alguns minerais presentes nos agregados (minerais ricos em sílica) e os íons alcalinos provenientes do cimento, promovendo expansão do concreto na presença de umidade. A expansão ocorre devido à formação de um gel sílico-alcalino, que possui características higroscópicas. Quando esse produto preenche os poros do concreto, gera tensões internas de tração e, por consequência, um quadro de fissuração desordenada, podendo chegar a deformações diferenciais, debilitando as propriedades mecânicas do concreto e reduzindo a vida útil da estrutura (WIGUM *et al.*, 2016).

Mais de 70 anos após a RAA ter sido documentada pela primeira vez, muito já se sabe sobre a química da reação, os fatores que contribuem para a reação e expansão, métodos para testar agregados e estratégias para prevenir a expansão. Porém, uma vez identificada a RAA, ainda não existe uma maneira eficiente e prática de interrompê-la e, até o momento, este processo é irreversível. Sendo assim, a melhor forma de evitar o problema é a prevenção.

Existem maneiras de realizar a mitigação ou diminuição da reação de expansão no interior do concreto, uma delas (a mais comum) é a utilização de adições pozolânicas, ou cimentos contendo adições, bem como com baixo teor de álcalis (TIECHER, 2006). No entanto, para que as medidas preventivas possam ser aplicadas adequadamente, é necessário conhecer o comportamento dos agregados.

Relativamente a isso, a literatura traz que agregados que contenham, principalmente, quartzo intensamente deformado, ou material amorfo (vidro vulcânico) são os mais propensos a desenvolver a reação (BARROS *et al.*, 2016; JONGPRATEEP *et al.*, 2018). Neste sentido, muitos autores têm estudado a reatividade dos agregados e verificado que mesmo agregados oriundos de locais muito próximos podem desenvolver comportamentos bastante distintos (VALDUGA, 2002;

TIECHER, 2006; COUTO, 2008; MIZUMOTO, 2009; PEREIRA, 2017; DUTRA; VENQUIARUTO; TEMP, 2017).

Embora seja uma reação que ficou mais conhecida entre os construtores de barragens de concreto, devido ao grande número de estruturas desse tipo acometidas pela RAA (FERNANDES *et al.*, 2009), essa reação pode se desenvolver em qualquer estrutura que esteja sujeita à intensa umidade. Um exemplo é o caso do Edifício Areia Branca, em Recife, no qual, após o colapso, em 2004, foram realizadas inspeções nas sapatas e blocos de fundação, constando-se um dos primeiros casos da reação em obras prediais. A partir da constatação da presença de RAA no edifício Areia Branca, foram feitas perícias nas fundações de outras edificações, sendo identificado o problema em mais 28 edifícios da região (OLIVEIRA, 2007).

Nos últimos anos essa manifestação patológica tem sido preocupação de construtores e vem sendo cada vez mais estudada no meio acadêmico, pois ainda não existe um consenso no meio técnico sobre a recuperação de estruturas afetadas (YANG; LI; RAO, 2017). Por isso, tornam-se necessárias pesquisas para que se possa conhecer as características dos materiais componentes do concreto que interferem para ocorrência do problema. Neste sentido, a fim de atender os interesses do meio técnico, foi publicada a NBR 15577 (ABNT, 2018), dividida em 6 partes, a qual visa estabelecer os procedimentos necessários para avaliar a reatividade dos agregados e a potencialidade de mitigação de alguns materiais (FARUTHE *et al.*, 2017).

No Rio Grande do Sul (RS) ainda pouco se conhece do comportamento dos agregados frente à RAA, a principal publicação a respeito é “Reação álcali-agregado: avaliação do comportamento de agregados do Sul do Brasil quando se altera o cimento utilizado”, por Tiecher (2006), mesmo assim, o trabalho trata, preponderantemente, de amostras empregadas como agregado graúdo. Considerando-se que as areias empregadas como agregado miúdo nas misturas são constituídas, basicamente por quartzo, que é considerado um dos principais responsáveis pela ocorrência da reação, é necessária a investigação do comportamento desse tipo de agregado.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo é avaliar o potencial reativo de oito amostras de areia, provenientes das jazidas fornecedoras no Rio Grande do Sul, através do método acelerado de barras de argamassa seguindo a NBR 15577 (ABNT, 2018) e da análise petrográfica das amostras.

Programa Experimental

Materiais

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CP V ARI (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial), tendo o seu uso justificado por não dispor de adições, além de

5% de fíler calcário, o mais próximo do cimento puro (100% clínquer). Pelo fato do cimento supracitado não conter adições, ele é reconhecido por não mitigar a reação álcali-agregado e, dessa forma, pode ser empregado para avaliar a reatividade dos agregados. O aglomerante foi adquirido na cidade de Passo Fundo/RS, da marca Cauê, e as informações da composição química e das propriedades físicas deste material se encontram na Tabela 1, as quais foram obtidas junto ao fabricante.

Tabela 1 – Características do Cimento CP V ARI

Especificações Físicas e Mecânicas		Especificações Químicas	
Massa Específica (cm ³ /g)	3,07	MgO (%)	2,70
Finura	Blaine (cm ² /g)	4,62	SO ₃ média (%)
	# 200 (%)	0,30	Perda ao fogo média (%)
	# 325 (%)	1,70	Óxidos de sódio (%)
Tempo de pega	Início (min)	251	Óxidos de potássio (%)
	Fim (min)	324	Equivalente alcalino em Na ₂ O (%)
Resistência à compressão (MPa)	01 dia	20,90	
	03 dias	37,70	
	07 dias	43,10	
	28 dias	49,40	

Fonte: InterCement Apiaí/SP, 2017.

Os agregados miúdos avaliados nesta pesquisa foram coletados de diferentes pontos do Estado do Rio Grande do Sul, provenientes dos principais fornecedores do estado. Foram coletados 50 kg de cada amostra de areia em cada localidade, diretamente retiradas do depósito comercial. Estas foram devidamente homogeneizadas, de forma a obter uniformidade da coleta. A Figura 1 retrata as localidades de coleta das areias no mapa do estado do Rio Grande do Sul. A Tabela 2 relaciona a localidade de cada amostra e sua respectiva nomenclatura, a qual será utilizada nas citações desta pesquisa.

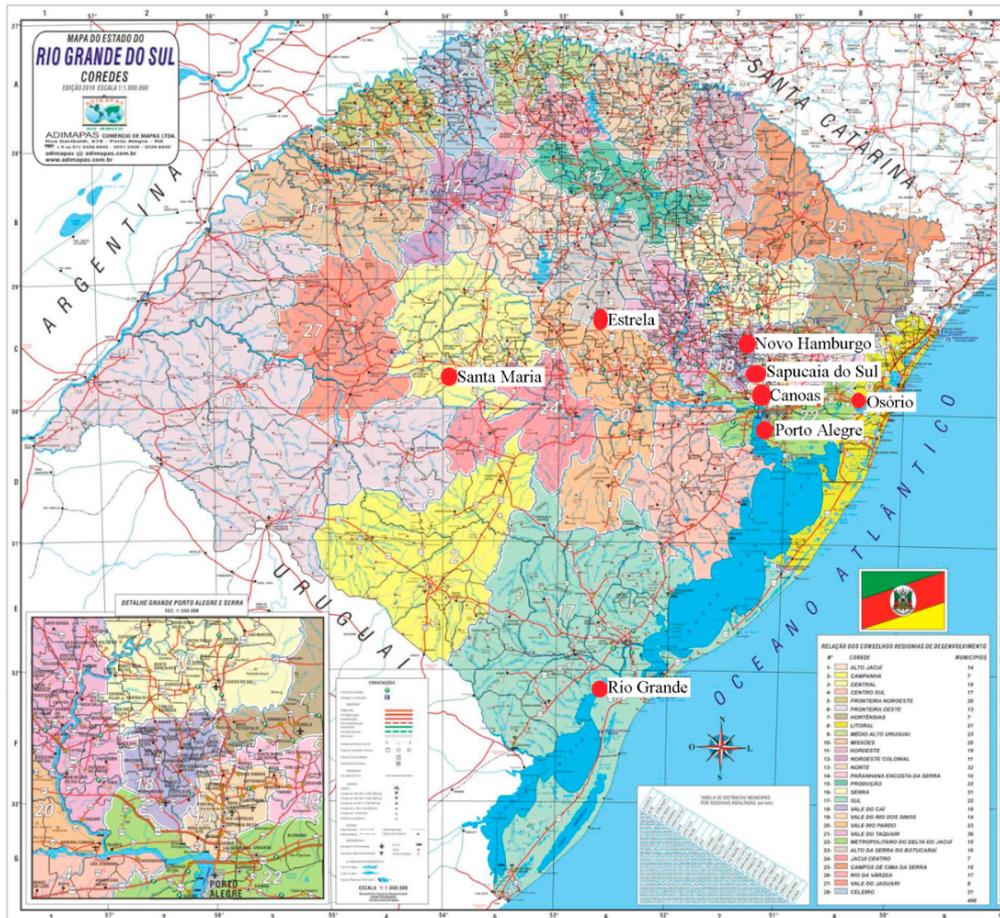


Figura 1 – Mapa de localização de coleta das amostras de areia.

Fonte: Adaptado de COREDES, 2006.

Tabela 2 – Localidades das Coletas de Areia com Respectiva Nomenclatura.

Nome da Cidade de Coleta	Nomenclatura
Canoas	01
Estrela	02
Novo Hamburgo	03
Osório	04
Porto Alegre	05
Rio Grande	06
Santa Maria	07
Sapucaia do Sul	08

Fonte: Própria autoria, 2018.

A água utilizada neste estudo para realização das misturas é proveniente de abastecimento da cidade de Passo Fundo, sendo utilizada em condição normal.

Determinação da expansão pelo método acelerado das barras de argamassa

Este ensaio é denominado “acelerado” devido ao seu período de análise ser bastante reduzido (30 dias) em comparação com outros métodos (1 ano para o método de prismas de concreto, por exemplo). No Brasil a normalização empregada para o desenvolvimento do ensaio é a NBR 15577, Partes 4 e 5 (ABNT, 2018), a qual é baseada na norma americana ASTM C 1260 (2005). Essa técnica é amplamente utilizada para reconhecimento de agregados reativos ao redor do mundo e tem se mostrado eficaz ao longo dos anos na predição do comportamento reativo ou inócuo dos agregados, sendo que diversos estudos tem encontrado dados relevantes com esta aplicabilidade (VALDUGA, 2002; TIECHER, 2006; COUTO, 2008; MIZUMOTO, 2009; PEREIRA, 2017; DUTRA; YANG; LI; RAO, 2017; SANCHEZ *et al.*, 2017).

O ensaio consiste na confecção de 3 barras de argamassa de dimensões (25x25x285) mm, as quais permanecem em recipiente hermeticamente fechado, imersas em solução com concentração de 1N de hidróxido de sódio (NaOH), à uma temperatura constante de 80°C, durante um período de 28 dias (NBR 15577-4, ABNT, 2018).

A análise da reação álcali agregado é feita através da variação de comprimento de barras de argamassa lidas com auxílio de relógio comparador. Os resultados são expressos em porcentagem de expansão e representam a diferença entre o comprimento na idade analisada e o comprimento inicial da barra de argamassa, dividido pelo seu comprimento efetivo. Para obtenção do valor final, é feita a média da expansão das 3 barras em estudo. Ao final do ensaio, caso o agregado apresente expansão inferior a 0,19% ele é considerado inócuo, do contrário, potencialmente reativo.

No presente estudo este ensaio foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção da Escola Politécnica da Faculdade Meridional (IMED). Para sua realização as amostras de areia passaram por um processo de peneiramento para classificação de acordo com as faixas preconizadas pela NBR 15577-4 (ABNT, 2018) (Tabela 3) e armazenadas em sacos plásticos fechados para não haver umidificação das amostras.

Tabela 3 – Faixas granulométricas para o ensaio acelerado

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)		Quantidade de material	
Passante	Retido	%	Massa (g)
4,75 mm	2,36 mm	10	99,0
2,36 mm	1,18 mm	25	247,5
1,18 mm	600 µm	25	247,5
600µm	300 µm	25	247,5
300µm	150 µm	15	148,5

Fonte: ABNT, NBR 15575-4 (2008).

Posteriormente à preparação granulométrica das areias, realizou-se a preparação das argamassas, fazendo-se uso do traço 1:2,25 (cimento:agregado, em massa), com relação de água/cimento (a/c) igual a 0,47, em massa. As misturas foram preparadas com misturador mecânico (Figura 2a).

O procedimento de moldagem seguiu o seguinte critério: nos primeiros 30s, em velocidade baixa, foram misturados à água e o aglomerante, depois foi acrescentado o agregado por mais 30s e, ao final, o misturador foi acionado por mais 30s em velocidade alta. Feito isso, o misturador mecânico foi desligado por um período de 1min e 15s. Imediatamente após esse tempo, retornou a ser acionado em velocidade alta, por mais um 1min. Findada a mistura dos materiais para confecção das argamassas, foram moldadas as barras, em duas camadas, de iguais espessuras, onde cada uma delas foi adensada com 20 golpes, uniformemente distribuídos (Figura 2b).

Após 24h da moldagem, as barras foram retiradas das fôrmas, e devidamente identificadas (Figura 2c). A identificação também serviu de referência na realização das leituras, para que essas fossem realizadas sempre no mesmo ponto. Em seguida as barras permaneceram imersas em água, em recipiente fechado, onde a temperatura da água aumentou gradativamente até o valor de $80 \pm 2^\circ\text{C}$, em estufa, por mais 24h, quando foi realizada a medida inicial do comprimento dos corpos de prova de argamassa (primeira leitura – referência). Logo após, as barras foram imersas em uma solução de hidróxido de sódio (NaOH), com concentração de $(1 \pm 0,01)$ N, previamente aquecida $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$.

As variações de comprimento foram aferidas com auxílio de um relógio medidor digital (Figura 2d). A partir de então, as amostras permaneceram imersas na solução alcalina por 28 dias, onde foram realizadas leituras periódicas da variação de comprimento (Figura 2e). Ao findar do ensaio, foi realizado o cálculo das expansões das argamassas ao longo do tempo, conforme a Eq. (1), a seguir:

$$\text{Expansão} = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

L_i – Leitura do dia

L_0 – Leitura zero



Figura 2 – Ensaio acelerado das barras de argamassa.

Fonte: Própria autoria, 2018.

Análise mineralógica e petrográfica

Para realização da análise petrográfica das amostras foram confeccionadas lâminas delgadas (30 μ m). Tais lâminas foram observadas em microscópio óptico de luz transmitida. Nesta análise buscou-se identificar os minerais presentes nas amostras, seu grau de deformação e alteração, bem como sua forma e tamanho. De posse desses dados, buscou-se a compreensão dos motivos que levam os mesmos a reagirem com os hidróxidos alcalinos.

Resultados e Discussões

O ensaio acelerado de expansão das barras de argamassa mostrou que 7 das 8 amostras apresentaram comportamento característico de agregado potencialmente reativo em relação ao desenvolvimento da RAA em estruturas de concreto. A Tabela 4 apresenta as expansões médias dos prismas de argamassa, medidas ao longo do tempo e a Figura 3 mostra a evolução das expansões durante o período de ensaio.

Tabela 4 – Expansão média das amostras no ensaio acelerado.

Idades (dias)	Expansão média das barras de argamassa							
	01	02	03	04	05	06	07	08
5	0,02	0,06	0,05	0,01	0,04	0,02	0,02	0,02
9	0,1	0,11	0,16	0,01	0,18	0,05	0,1	0,04
12	0,15	0,15	0,26	0,02	0,29	0,1	0,2	0,07
16	0,22	0,22	0,33	0,02	0,36	0,13	0,28	0,11
19	0,28	0,24	0,41	0,02	0,4	0,18	0,33	0,14
23	0,31	0,27	0,46	0,02	0,44	0,21	0,39	0,15
26	0,36	0,31	0,52	0,03	0,52	0,26	0,43	0,19
30	0,42	0,33	0,57	0,04	0,61	0,29	0,47	0,21
Resultado	Reativo	Reativo	Reativo	Inócuo	Reativo	Reativo	Reativo	Reativo

Fonte: Própria Autoria, 2018.

Analisando a Figura 03 é possível observar um rápido crescimento das expansões nas argamassas moldadas com as amostras 3, 5 e 7 apresentando, aos 16 dias, um percentual de expansão bem superior ao limite estabelecido pela NBR 15577-1 (ABNT, 2018) para classificar a reatividade de um agregado, que é de 0,19%. Nesta idade, tais amostras apresentaram expansão de 0,33%, 0,36% e 0,28%, respectivamente. Ao final do ensaio (30 dias) as expansões medidas foram de 0,57%, 0,61% e 0,47% para as mesmas amostras.

As amostras 1, 2, 6 e 8 alcançaram expansões menores, se comparadas com a amostra 5, mais reativa. A variação entre a amostra 5 e a amostra 8, por exemplo foi de 34,42%. Entretanto, a única amostra que ao final do ensaio foi classificada como potencialmente inócua foi a de número 4.

Realizando uma análise estatística de variância dos resultados encontrados nesse estudo (ANOVA) – Tabela 5, percebe-se que as leituras realizadas podem ser consideradas confiáveis e representativas do comportamento da amostra em relação à RAA. A confiabilidade dessa análise é de 95% e a contribuição é de 99,60% para análise do potencial reativo das amostras frente à manifestação patológica RAA.

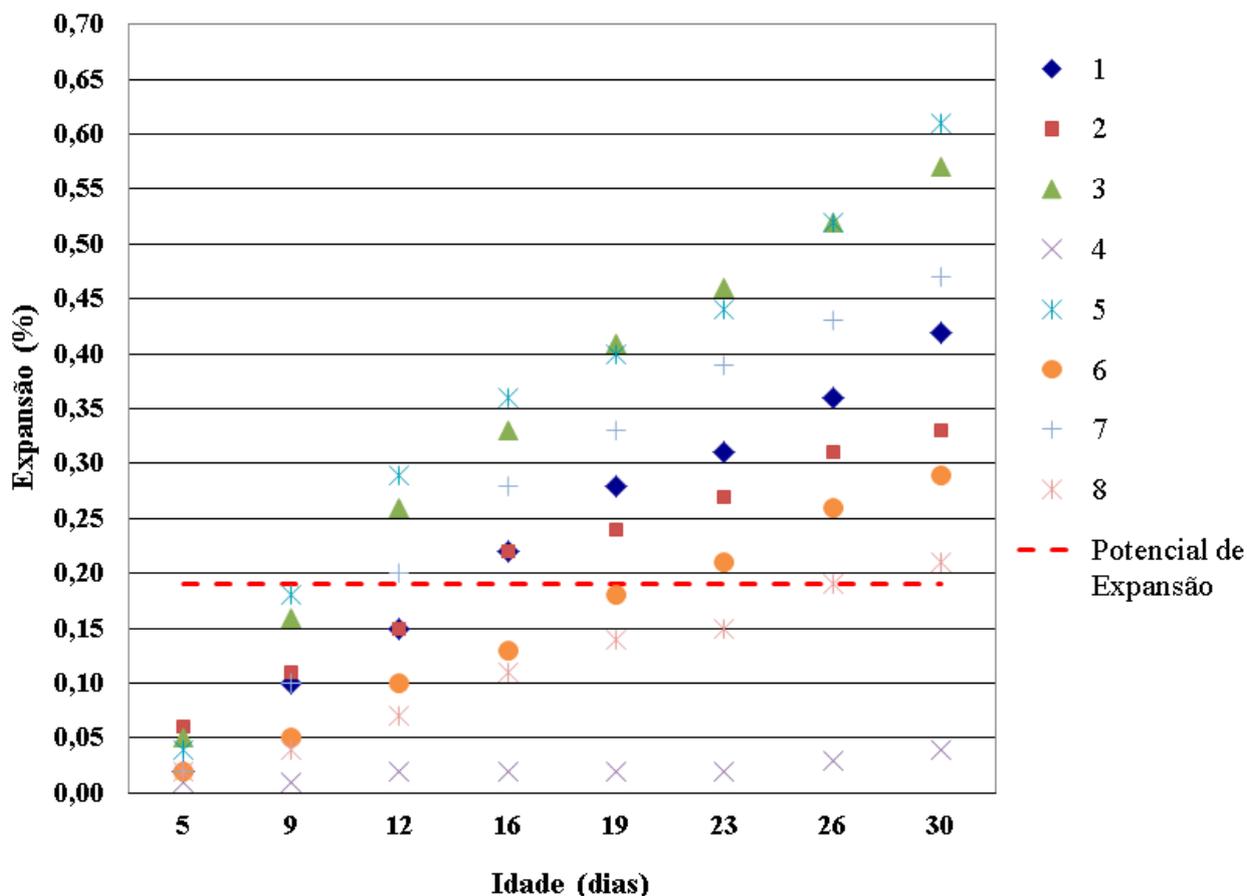


Figura 3 – Gráfico da evolução de expansão das amostras de areia.

Fonte: Própria Autorial, 2018.

Tabela 5 – Análise de Variância dos resultados

Fonte	Graus de Liberdade (DF)	Soma dos Quadrados (SS)	Média dos Quadrados (MS)	F - Valor	P - Valor
Areia	7	2,22501	0,317859	2024,45	0,000
Idade	7	2,28847	0,326924	2082,18	0,000
Interação	49	0,54691	0,011161	71,09	0,000
Erro	128	0,02010	0,000157		
Total	191	5,08048			

Fonte: Própria Autorial, 2018.

As areias são agregados largamente utilizados no concreto, sendo constituídas por minerais não consolidados, principalmente de quartzo. Contudo, através da análise petrográfica foi possível identificar também a presença de alguns raros grãos de feldspatos alcalinos e plagioclásios. O quartzo observado em todas as amostras de areias mostrou-se deformado.

Na amostra que apresentou maior expansão (amostra 5), constatou-se a presença de quartzo microcristalino (30%) e com intensa deformação, chegando a formar sub-

grãos (Figura 4). Na amostra 8, considerada potencialmente inócua pelos resultados do ensaio acelerado das barras de argamassa, o quartzo constituinte mostra-se pouco deformado, com extinção ondulante leve (Figura 5).

A extinção ondulante, em análise microscópica dos minerais, é o que evidencia seu grau de deformação. Quanto mais intensa a extinção ondulante, mais frágeis as ligações entre os átomos de Si e O constituintes do quartzo (SiO_2), o que também implica em maior facilidade deste mineral reagir com os hidróxidos alcalinos (PASSCHIER *et al.*, 1998; WENK *et al.*, 2008). No entanto, Knaus e Wolery (1988) salientam que, nas condições de elevado pH do concreto (aproximadamente $\text{pH} = 12,5$), todo o quartzo tende a reagir. Sendo assim, mesmo agregados considerados inócuos podem desenvolver a RAA depois de um longo tempo de exposição aos hidróxidos alcalinos presentes no concreto.

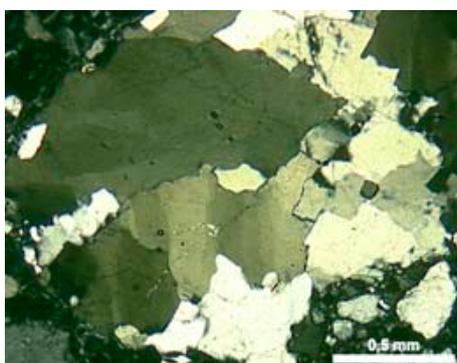


Figura 4 – Micrografia da amostra 5, evidenciando a presença de quartzo com intensa extinção ondulante, chegando a formar sub-grãos.

Fonte: Própria Autoria, 2018.



Figura 5 – Micrografia da amostra 8, evidenciando a presença de quartzo pouco deformado.

Fonte: Própria Autoria, 2018.

Os resultados obtidos no presente estudo mostram o elevado potencial reativo das areias empregadas no Rio Grande do Sul. Os resultados aqui apresentados vão de encontro com o trabalho de Valduga (2002) e Tiecher *et al.* (2007), que também evidenciaram a elevada potencialidade álcali reativa das areias.

Diversos estudos têm discutido os ensaios acelerados como forma de avaliar a potencialidade reativa de agregados, concomitantemente com a apresentação de

resultados eficazes, suficientemente capazes de classificar o potencial reativo dos agregados (BEAUCHEMIN *et al.*, 2018). Atualmente existem muitos estudos científicos que avaliam a RAA pelo ensaio acelerado de expansão, devido ao emprego de resíduos na composição dos materiais, corroborando cientificamente com afirmações positivas frente à utilização deste método classificatório (BARROS *et al.*, 2016; MOHR e BRYANT, 2016; SANCHEZ *et al.*, 2017). No presente estudo os resultados obtidos com o ensaio acelerado, foram corroborados pelas características petrográficas das areias.

Considerações Finais

O presente estudo teve como principal objetivo verificar o comportamento em relação à RAA das principais areias utilizadas para confecção de concretos no Rio Grande do Sul.

Os resultados obtidos mostraram que apenas uma areia não possui potencialidade de desenvolvimento da RAA. Trata-se do agregado proveniente da cidade de Osório. As expansões obtidas no ensaio acelerado das barras de argamassa foram inferiores aos limites estabelecidos para classificação da reatividade de uma amostra e, também, na análise petrográfica observou-se a presença de grãos de quartzo pouco deformados, com menor propensão a reagir com os hidróxidos alcalinos.

Os demais agregados avaliados apresentaram características potencialmente reativas, das cidades de Canoas, Estrela, Novo Hamburgo, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Maria e Sapucaia do Sul, tanto a partir dos resultados do ensaio realizado nas barras de argamassa, quanto na análise petrográfica. Sendo assim, a fim de garantir a durabilidade das estruturas de concreto e prezar pela sustentabilidade do âmbito das construções, ressalta-se a importância de emprego de medidas que possam prevenir a ocorrência da RAA em qualquer tipo estrutural que esteja sujeita à intensa umidade, mesmo aquelas que comumente não são conhecidas pela presença da RAA, tais como as fundações de edifícios.

Agradecimentos

A Faculdade Meridional (IMED) campus de Passo Fundo/RS, pelo apoio prestado para a realização desta pesquisa.

Agradecimento especial a Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS. Bolsista da FAPERGS.

Referência Bibliográfica

- ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS – American Society For Testing And Materials. *ASTM C - 1260/07*: Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates (mortar-bar method). Philadelphia, 2007. Section 4 (Construction), v. 04.02 (Concrete and aggregates), p. 647-650.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 15577-4*: Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 15577-1*: Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro, 2018.
- BARROS, S. V. A. et al. Addition of quartzite residues on mortars: Analysis of the alkali aggregate reaction and the mechanical behavior. *Construction and Building Materials*, v. 118, p. 344-351, 2016.
- BEAUCHEMIN, S. et al. Evaluation of the concrete prisms test method for assessing the potential alkali-aggregate reactivity of recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Research*, v. 104, p. 25-36, 2018.
- COUTO, Tiago Andrade. *Reação álcali-agregado – estudo do fenômeno em rochas silicosas*. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.
- DUTRA, A. I. F.; VENQUIARUTO, S. D.; TEMP, A. L. Reação álcali-agregado: estudo comparativo de agregados da fronteira oeste do Rio Grande do Sul, frente a utilização de cimento Portland: CPV ARI. *Cricte*, [S. l.], n. 28, 2017.
- FARUTHE et al. Reação álcali agregado no concreto endurecido na região de Jales e Santa Fé do Sul – SP. In: ORGANIZAÇÕES E SOCIEDADE, 2017. Itaurama, Minas Gerais, 2017.
- FERNANDES, I.; NORONHA, F.; TELLES, M. Examination of concrete from an old Portuguese dam: Texture and composition of alkali-silica gel. *Mater. Charact.* 2009, 60, 655–668.
- JONGPRATEEP, O. et al. Effects of glass and limestone aggregates and aluminium on porosity, expansion, and strength of mortar bars. *Materials Today: Proceedings*, v. 5, n. 3, p. 9306-9311, 2018.
- KNAUSS, K.G.; WOLERY, T.J. The dissolution kinetics of quartz as a function of pH and time at 70 °C. *Geochem. Cosmochim. Acta* 1988, 52, 43-53.
- MIZUMOTO, C. *Investigação da reação álcali-agregado (RAA) em testemunhos de concreto e agregados constituintes*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2009.
- OLIVEIRA, Magno André de. *Finos de agregados reativos na minimização da reação álcali-agregado*. 2017. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

PASSCHIER, C.W.; TROUW, R.A.J. *Microtectonics*, 2nd ed.; Springer: Berlin, Germany, 1998; ISBN 978-3-540-29359-0.

PEREIRA, F. M. et al. Reatividade potencial e análise petrográfica de agregados do Rio Grande do Sul. *In: FÓRUM DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA*, 17, 2017. Canoas, RS: Ulbra, 2017.

SANCHEZ, L. F. M. et al. Overall assessment of Alkali-Aggregate Reaction (AAR) in concretes presenting different strengths and incorporating a wide range of reactive aggregate types and natures. *Cement and Concrete Research*, v. 93, p. 17-31, 2017.

TIECHER, F. et al. A reatividade dos agregados do Sul do Brasil. *Revista IBRACON de Materiais*. Volume 3, Número 1, 2007.

TIECHER, F. *Reação álcali-agregado: avaliação do comportamento do agregado do sul do Brasil quando se altera o cimento utilizado*. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

VALDUGA, L. *Reação álcali-agregado: mapeamento de agregados reativos do Estado de São Paulo*. 2002. 223 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

WENK, H.R.; MONTEIRO, P.J.M.; SHOMGLIN, K. Relationship between aggregate microstructure and mortar expansion: A case study of deformed granitic rocks from the Santa Rosa mylonite zone. *J. Mater. Sci.* 2008, 23, 1278–1285.

WIGUM, B. J. et al. Rilem activities on alkali-silica reactions: from 1988-2019. *Construction Materials*, v. 169, p. 233-236, 2016.

YANG, H.; LI, P.; RAO, M. Long term investigation and inhibition on alkali-aggregates reaction of Three Gorges Dam concrete. *Construction and Building Materials*, v. 151, p. 673-681, 2017.