

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE AGREGADO MIÚDO RECICLADO DE ÁGATA A PARTIR DA ANÁLISE DE SEU POTENCIAL REATIVO PELO ENSAIO DE REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO (RAA)

Anne Caroline Dal Bello

Acadêmica do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
annecarolinedb@gmail.com

Vanessa Giaretton Cappellesso

Acadêmica do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
nessacappellesso@gmail.com

Natália dos Santos Petry

Mestranda do Programa de Pós Graduação em Eng. Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
nataliapetry@yahoo.com.br

Ana Paula Kirchheim

Professora Dr., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
anapaula.k@ufrgs.br

Resumo. *No estado do Rio Grande do Sul, estão localizadas importantes regiões de extração e processamento do material gemológico do tipo ágata. Após seu beneficiamento os resíduos são dispostos à céu aberto no pátio das indústrias ocasionando um passivo ambiental. Dentro da construção civil, o concreto, ao longo dos anos, tem se mostrado uma boa alternativa para o emprego de resíduos. No entanto, é de conhecimento científico que a ágata é constituída basicamente pelo mineral quartzo, que é um dos principais responsáveis pela ocorrência da reação álcali-agregado em estruturas de concreto. Para avaliar a possibilidade de utilização destes resíduos como agregado no concreto foi realizado estudos através do ensaio das barras de argamassa, segundo a NBR 15577-4 (ABNT, 2008). Os resultados obtidos mostram que o agregado reciclado de ágata é potencialmente reativo e a sílica ativa utilizada como adição mostra-se eficiente na mitigação da reação*

Palavras-chave: *Reação Álcali-agregado. Agregado miúdo reciclado de Ágata.*

1. INTRODUÇÃO

A indústria de beneficiamento de pedras preciosas enfrenta hoje um grave problema ambiental, visto que estes processos acabam produzindo resíduos sólidos não aproveitáveis pelo setor, os quais são armazenados no pátio das empresas. Estes resíduos são caracterizados por restos de trincas de pedras, cascalhos finos, pedras quebradas e pós, nos quais a composição do material se dá pela presença de minério de cristais, ágata e ametista.

Entretanto, estes resíduos podem ser testados afim de serem utilizado na construção civil, como substituição ao filer calcário e/ou agregados naturais empregados na produção de materiais à base de cimento Portland branco ou convencional.

É de conhecimento científico que a ágata é constituída basicamente pelo mineral quartzo, que é um dos principais responsáveis pela ocorrência da reação álcali-agregado em estruturas de concreto.

A reação álcali-agregado (RAA) é um processo químico entre os hidróxidos alcalinos provenientes do cimento com os

minerais constituintes do agregado, produzindo um gel higroscópico expansivo, podendo causar redução das resistências à tração e compressão em consequência de movimentações diferenciais nas estruturas, provocando também expansões e fissurações até pipocamentos e exsudação do gel.

Para que se conheça o mecanismo da reação e a potencialidade reativa do agregado deve-se realizar uma análise de um conjunto de pareceres. Pode ser realizado o ensaio de reação álcali-agregado de forma acelerada, utilizando um cimento com alto teor de álcalis. Entretanto, para Tiecher, (2006), tanto a granulometria empregada no concreto, quanto à mineralogia da rocha matriz são responsáveis por ocasionar a reação em cimentos com baixo teor de álcalis.

Em trabalho similar, Chiaro (2012) observou o comportamento reativo de agregados de ágata britados em escala laboratorial em determinadas composições, o que resultou na necessidade de estudos mais aprofundados. Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a reatividade do agregado miúdo reciclado de ágata, coletado *in loco*, e já britado pela indústria de beneficiamento, quando empregados em artificios cimentícios com cimento branco. A escolha do resíduo para este fim justifica-se pelo fato de sua coloração, após o processo de moagem, ser clara, uma vez que na produção de concreto branco, a coloração do agregado influencia na tonalidade final do concreto.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para se alcançar os objetivos propostos neste estudo foi desenvolvido um programa experimental que possibilitasse a análise do comportamento do agregado reciclado de ágata em concretos com cimento Portland branco no que diz respeito à sua potencialidade de desenvolvimento da Reação Álcali-agregado.

Os materiais utilizados neste ensaio são:
a) aglomerantes:

- cimento Portland branco estrutural, importado;
- cimento padrão obtido na Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP);
- b) agregados miúdos;
- agregado miúdo reciclado de ágata;
- areia padrão do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT);
- c) adições: sílica ativa;
- d) água.

3. MÉTODOS E ENSAIO REALIZADO

Foram feitas combinações entre os agregados miúdos e os cimentos para a confecção das barras ensaiadas, que pode ser visualizada na tabela 1.

Com objetivo de analisar formas de mitigar a RAA, foi utilizada a adição de sílica ativa nos teores 5 e 10%, baseado no que estipula a NBR 12655 (ABNT, 2006). O uso de adições como a sílica, confere aos concretos propriedades específicas, tais como: baixa permeabilidade, baixa calor de hidratação, aumento nas propriedades mecânicas do concreto, resistência ao ataque de sulfatos, melhora na durabilidade, entre outras. Além disso, esta adição é conhecida pela sua eficiência na mitigação da RAA como é citada na NBR 15577-4 (ABNT, 2008).

Tabela 1. Combinações de agregados e cimentos ensaiados.

Aglomerantes	Agregados	
	Ágata	Areia do IPT
Padrão ABCP	X	X
Cimento Branco	X	X
Cimento Branco + 5% sílica ativa	X	
Cimento Branco + 10% sílica ativa	X	

O método utilizado para o estudo da reação álcali-agregado é o descrito na NBR 15577-4 (ABNT, 2008). A qual sugere que após a caracterização petrográfica do agregado, sejam moldadas barras com cimento padrão da ABCP para realização do

ensaio acelerado. O ensaio visa avaliar a reatividade do agregado.

Para a produção das argamassas e confecção das barras, o agregado de ágata, passou por uma separação granulométrica, seguida pela lavagem em água corrente e secagem, sendo armazenados por frações, em local limpo, seco e fechado. Na Fig. 1 observa-se o agregado miúdo reciclado de ágata, pronto para a moldagem seguindo a granulometria recomendada na referida norma.



Figura 1 - Agregado miúdo de ágata.

Foram moldadas 4 barras de argamassas para cada traço, ver Tabela 1. Após a desmoldagem das mesmas, estas foram acondicionadas em um banho com água por 24 horas, em seguida elas foram acomodadas em outro banho, contendo uma solução alcalina de hidróxido de sódio à 80°C, onde permaneceram por 30 dias. Durante este período foram feitas três leituras obrigatórias (a leitura logo após a desmoldagem, aos 16 e aos 30 dias) e 12 leituras intermediárias. Pode-se observar na Fig. 2 os procedimentos do ensaio.

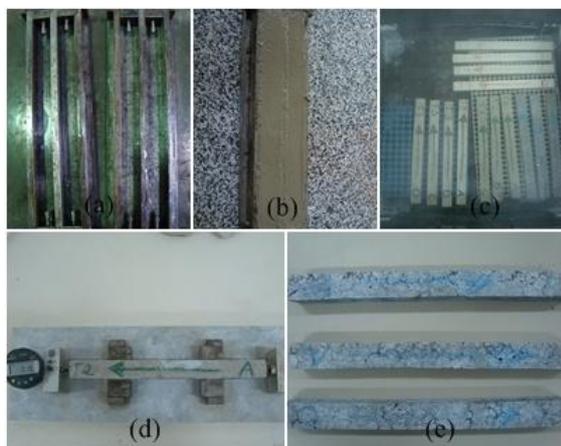


Figura 2 – Procedimentos do ensaio: (a) e (b) moldagem das barras, (c) banho com

solução alcalina, (d) extensômetro utilizado para a leitura, (e) aspecto final das barras aos 30 dias.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Análise mineralógica

A análise realizada através de difratometria de raios X evidencia a predominância do mineral quartzo (Q) na amostra, conforme mostra-se na Fig. 3. Pode-se observar também que a amostra não contém material amorfo, ou seja, a sílica proveniente do quartzo presente no resíduo é cristalina, propiciando o desencadeamento mais lento da RAA, segundo o que relata Diamond et al., (1976), Hobbs et al., (1988), entre outros.

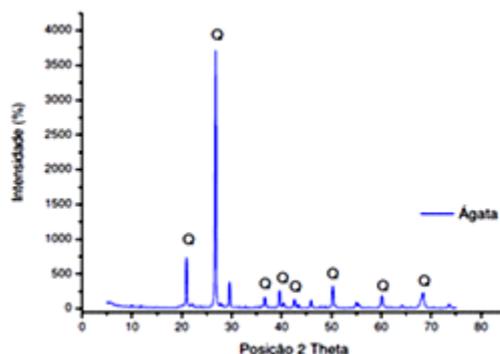


Figura 3. Difratoograma do agregado reciclado de ágata.

3.2 Análise química

Com a finalidade de avaliar a composição química do agregado reciclado de ágata, realizou-se a análise por fluorescência de raios-X que evidenciou a predominância de sílica (SiO_2 - 97,1%), proveniente do mineral quartzo, identificado e caracterizado no item 3.1 deste estudo.

3.3 Análise do potencial de expansão do resíduo de ágata em ensaio acelerado

Pode-se observar na Fig. 4 a classificação do agregado quanto sua potencialidade reativa o referido grau.

Expansão das barras de argamassa aos 28 dias (%)	Classificação da reatividade potencial do agregado	Medida de Mitigação decorrente da Intensidade da Ação Preventiva
Menor que 0,19%	Potencialmente inócuo	Desnecessária
Entre 0,19 e 0,40%	Potencialmente reativo grau 1	Mínima
Entre 0,41 e 0,60%	Potencialmente reativo grau 2	Moderada
Maior que 0,60%	Potencialmente reativo grau 3	Forte

Figura 4 - Potencialidade reativa (fonte: ABNT,2008)

Analisando a Fig. 5 observa-se o comportamento de cada traço ao longo dos 30 dias. Pode-se indicar que a ágata ensaiada com o cimento padrão da ABCP apresenta um grau de reatividade 3, necessitando de uma forte medida de mitigação.

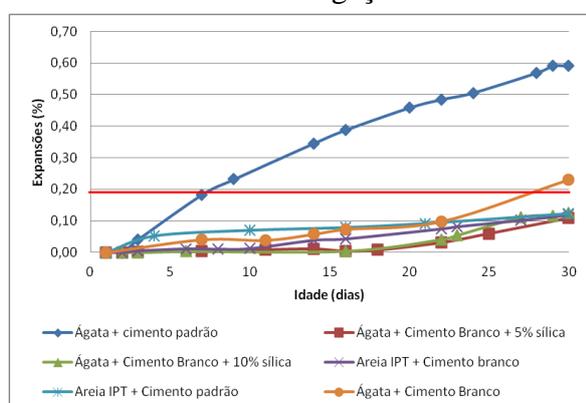


Figura 5 – Gráfico das expansões

Ainda pode ser observado que as misturas com resíduo de ágata é considerado potencialmente reativo com grau 1, nas misturas com cimento branco necessitando de uma forma de mitigação da reação mínima, conforme preconiza a NBR 15577-4 (ABNT, 2008).

A adição de 5% de sílica ativa na mistura com ágata reciclada e cimento branco foi suficiente para mitigar a reação como pode ser observado nos resultados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo estudar o potencial de reatividade do resíduo obtido do beneficiamento da ágata propondo seu emprego como agregado miúdo para concretos.

Os resultados obtidos no ensaio de RAA mostra que o agregado reciclado possui

características potencialmente reativas, justificado pelo fato do resíduo ser composto basicamente pelo mineral quartzo sob a forma micro a criptocristalina, intensamente deformado.

A adição de sílica ativa foi avaliada como eficiente na mitigar da reação de expansão, sendo que o teor que apresentou melhores resultados foi o de 5%.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo incentivo financeiro e ao LAMTAC/NORIE pela disponibilidade da sua infraestrutura.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577- 4:** Agregados – Reação álcali-agregado. Parte 4: determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. Rio de Janeiro, 2009c.

_____. **NBR 15577- 5:** Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 5: Determinação da mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado Rio de Janeiro, 2008c.

_____. **NBR 7211:** Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 12655:** agregados para concreto: especificação. Rio de Janeiro, 2005.

CHIARO, S. Reação álcali-agregado em concretos brancos com agregados miúdo reciclados de ágata. 2012. 78p. Trabalho de diplomação – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TIECHER, F. **Reação álcali-agregado:** avaliação do comportamento de agregados do sul do Brasil quando se altera o cimento utilizado. 2006. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.