

Revista IBRACON

Órgão Oficial do Instituto Brasileiro do Concreto - Ano II - Nº 3 - Janeiro/Fevereiro/Março de 1992

Hospital Instituto da Mulher

Reação Álcalis -
Agregados....e o Convívio

E mais:

- 34ª REIBRAC
- Esforços resistentes do concreto
- Cinzas volantes no concreto
- Agressividade do meio aquoso
- Reações álcalis-agregado ensaio térmico
- Durabilidade de argamassas contendo escória alto-forno



por Francisco Rodrigues Andriolo,
engenheiro civil pela Escola de
Engenharia de São Carlos da USP,
diretor da Andriolo Engenharia e da
Instau Engenharia –
Instrumentação Auscultação Ltda.
Responsável técnico da Testin
Tecnologia de Materiais.

Reações Álcalis – Agregados... e o convívio?

A difusão de conhecimentos torna público fatos e detalhes que podem proporcionar segurança, à medida que se consegue dominá-los, até permitindo-se conviver com os mesmos; ou insegurança, intranquilidade e até danos, às vezes catastróficos, à medida que esses fatos não são dominados, ou ainda, se os mesmos forem ignorados!

Metodologias para caracterização do fenômeno

Mais de meio século já se passou desde as primeiras observações relacionadas com a Reação Álcalis Agregados (na época álcalis-silica especificamente).

No transcorrer desse período ocorreram várias e novas verificações no procedimento e no desempenho de metodologias para a avaliação dessas reações.

De certa maneira as verificações têm, em sua maioria, se concentrado no conhecimento do fenômeno e nas eventuais maneiras de minimizar os efeitos nocivos das reações.

As verificações e evoluções têm, de certa forma, levado a otimização, ou à introdução de metodologias.

Dentre as metodologias disponíveis para avaliar os agregados, podem ser lembradas:

- A **Análise Petrográfica** (ASTM-C-295 ou ABNT-NBR-7389), pode ser usada de maneira a complementar qualitativamente e quantitativamente o conhecimento de minerais e a natureza do agregado quanto a sua nocividade, a respeito da Reação Álcalis-Agregado.

- O **Ensaio "GEL-PAT"**, descrito por Stanton⁽¹⁾⁽²⁾, em 1942, que embebia fragmentos do agregado em uma pasta de cimento, com uma das faces do agregado exposta. Após um período de cura o espécime era imerso em uma solução alcalina e a face exposta do agregado era examinada a intervalos regulares para a verificação da formação do gel. Essa metodologia, praticamente, não tem sido utilizada.

- O **Ensaio Químico**, desenvolvido por Mielenz entre 1947 e 1952⁽²⁾⁽³⁾, conhecido como "ENSAIO QUÍMICO RÁPIDO", (adotado pela ASTM com a designação C-289, que tem o equivalente na ABNT sob identificação NBR-9774), avaliou inicialmente 71 agregados através da verificação da Silica Dissolvida (Sc) e da Redução da Alcalinidade (Rc). Como limite entre materiais Reativos (Deletérios) e Materiais Não Reativos (Inócuos) foi adotada a linha Sc/Rc = 1.

Essa tese foi comprovada, contemporaneamente, pelas barras de argamassa e deu origem a um mapeamento de regiões, nos Estados Unidos, com indicação de fontes de agregados Deletérios.

A linha divisória Sc/Rc = 1 tem sido, ao

longo dos anos, ajustada a novos conhecimentos⁽²⁾.

- O **Ensaio das Barras de Argamassa** (ASTM-C-227 que equivale ao ABNT-NBR-9773), desenvolvido a partir dos estudos de Stanton⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾, entre 1942 e 1947, e que foi designado como Método em 1952, adota uma combinação de fragmentos do agregado como certa parte de cimento, constituindo uma argamassa com fator água/cimento determinada. A observação de expansões de prismas ("barrinhas") moldadas com essa argamassa, permite caracterizar o agregado quanto ao comportamento com os álcalis do cimento.
- O **Ensaio do Prisma de Concreto** desenvolvido entre 1946 e 1947⁽²⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾, praticamente não tem sido usado.
- O **Ensaio do Cilindro de Rocha** (ASTM-C-586) também tem sido pouco utilizado.
- O **Ensaio "Acelerado"**, desenvolvido contemporaneamente, em 1985-1986 (NBRI-National Building Research Institute – South Africa) por Oberholster, utiliza as "barrinhas" do Método ASTM-C-227 e faz a estocagem em uma solução de NaOH, a determinada temperatura, fazendo-se a verificação das expansões diariamente, e

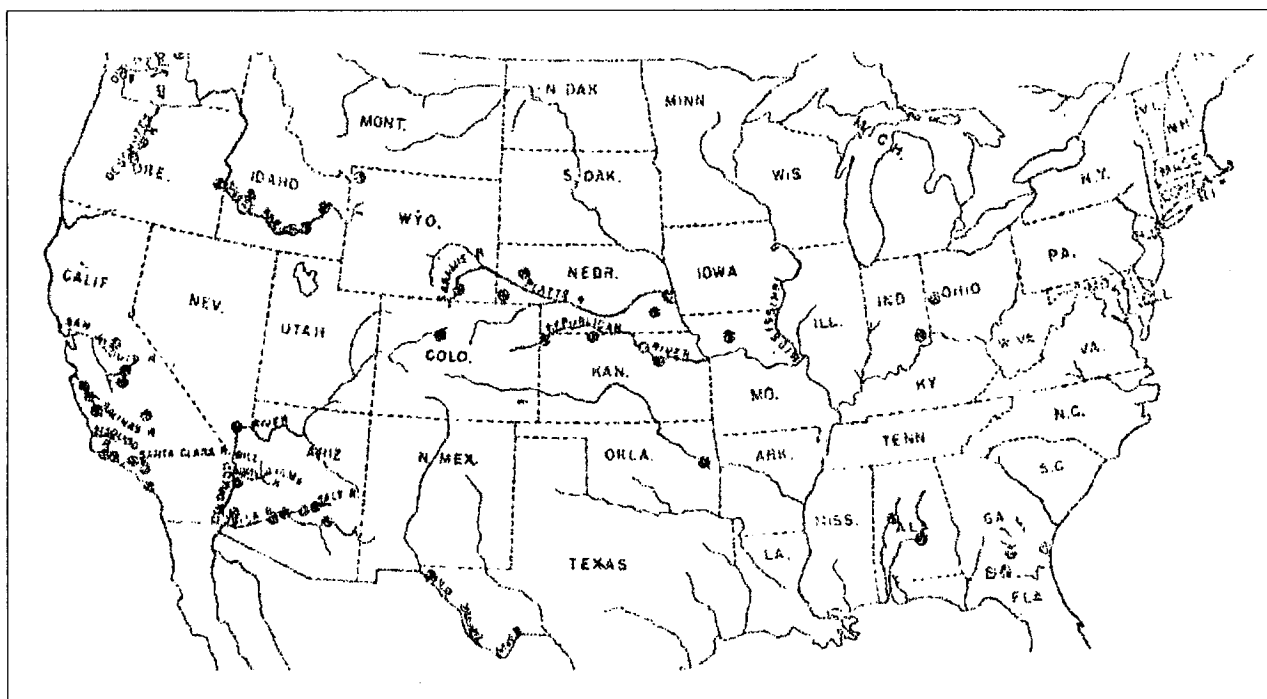


Figura 1 — Localização de jazidas de agregados deletérios e estruturas afetadas pela Reação Álcali-Agregados.

tomando os valores do décimo segundo dia como parâmetro de comparação com valor de referência. A metodologia tem acusado uma potencialidade (maiores incrementos de expansão) entre (aproximadamente) o quarto e o décimo dias.

As metodologias do ASTM-C-227 (Ensaio das "barrinhas"), e NBRI (Acelerado) têm sido debatidas sob vários pontos de vista dentre os quais se destacam:

- A importância dos teores de álcalis "totais" ou "disponíveis" para produzir a nocividade;
- A importância do fator A/C, ou de outra forma o teor de cimento, na argamassa das "barrinhas", para potencializar a reação de forma expansiva e nociva. Neste aspecto há considerações a respeito de valores máximos toleráveis de kg/m^3 de álcalis nos concretos de modo a considerar o concreto como "livre" (dentro de uma faixa segura) dos efeitos deletérios da reação;
- A importância da relação entre cimento e areia na formação da argamassa das "barrinhas";
- A importância da granulometria da areia produzida a partir da fragmentação do agregado, para a produção da argamassa de moldagem das "barrinhas";
- A vital importância do "teor

péssimo" (o teor ótimo de elementos deletérios nos agregados para proporcionar maiores expansões) de minerais nocivos presentes nos agregados. Um exemplo disso é mostrado na Figura 2.

- A importância do período de observação das expansões, preconizado pelo NBRI.

Dessa forma a difusão do conhecimento faz tornar público fatos e detalhes que podem

proporcionar segurança, à medida que se consegue dominá-los, até permitindo-se conviver com os mesmos; ou insegurança, intranquilidade e até danos, às vezes catastróficos, à medida que esses fatos não são dominados ou contornados, ou ainda, se os mesmos forem ignorados!

Como exemplo da conceituação acima pode-se citar os agregados basálticos. De forma genérica se admitia até certa época que

os agregados produzidos a partir de Basalto eram inócuos com respeito à Reação com os Álcalis.

Na década de 60⁽²⁾ já se observava na Dinamarca e na Groelândia, o efeito deletério de alguns basaltos. No Brasil essa observação começou a ser conscientizada a partir de meados da década de 70⁽³⁾.

Fato semelhante ocorreu com agregados contendo quartzo tensionado.

Há países que ainda não se aperceberam da magnitude do problema.

É importante, então, a disponibilidade de metodologias que permitam detectar, de preferência o mais rápido possível, o fato de um agregado ser ou não deletério.

Com esse intuito, durante o Encontro Nacional de Especialistas em Tecnologia de Concreto, promovido pelo CB-18 (Comitê Brasileiro) da ABNT, em novembro de

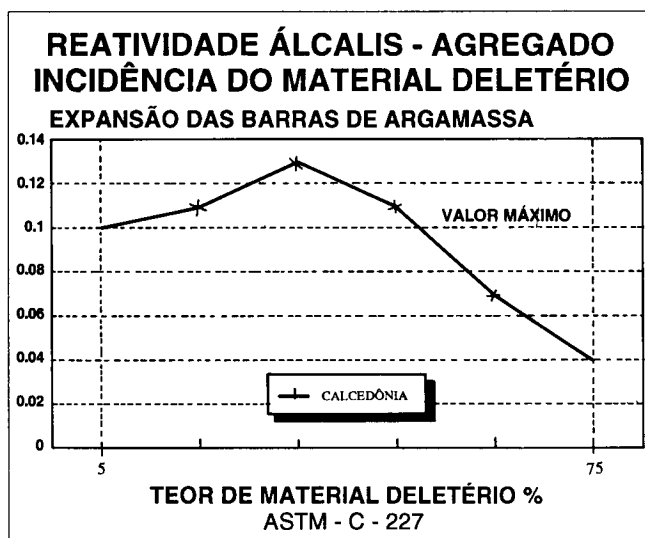


Figura 2 — Expansões de argamassa (ASTM-C-227) em correspondência com a incidência de materiais deletérios no

1990, este Relator teve a oportunidade de apresentar uma metodologia para avaliação rápida de um agregado ser reativo com os álcalis do cimento.

O Relator sugeriu a verificação mais detalhada do desempenho da metodologia. O CB-18 solicitou a apresentação de um Programa de Trabalho que foi então elaborado⁽¹⁰⁾ e enviado a vários Laboratórios Brasileiros, em 1991.

Na Reunião de Diretoria do CB-18, em dezembro de 1991, o Relator foi convidado a apresentar uma retrospectiva sobre o desempenho do método.

• O **Ensaio Térmico** (Ensaio Ossipov) está sendo desenvolvido na Rússia, e nos foi apresentado pelo Eng^o Albert Ossipov, do Institute Hydroproject – Moscou, quando da realização dos estudos de materiais e concretos, para a hidroelétrica de Capanda-Angola, no Laboratório de Concreto de Itaipu Binacional, que então efetuou as primeiras avaliações sobre a metodologia⁽¹¹⁾.

O “Ensaio Ossipov” é de curtíssima duração (ao redor de 1 minuto), e consiste em submeter fragmentos de agregados graúdos (com dimensão ao redor de 30 mm) à temperatura de 900 °C.

A conceituação do método é a de que **havendo fragmentação das peças de agregados, este é reativo (com os álcalis).**

Por outro lado, *não ocorrendo a fragmentação, não se pode dizer que o material não seja reativo, havendo, então, necessidade de avaliação complementar*, por outra metodologia estabelecida.

A grande valia do método é a simplicidade e rapidez em acusar a reatividade dos agregados.

Dessa forma vários laboratórios brasileiros estão colaborando na verificação e aprimoramento dessa metodologia.

Em uma primeira etapa de avaliações, 5 (cinco) laboratórios enviaram informações, e o desempenho do Ensaio Ossipov atingiu 100%, ou seja, **todas as amostras que se fragmentaram na exposição térmica se mostraram reativas pelas demais metodologias usuais.**

O CB-18 solicitou, então, a elaboração de um segundo Programa de Trabalho para uma nova etapa de verificações, que se sugerirá aos eventuais colaboradores e interessados em 1992.

A importância do Fenômeno Alcalis-Agregado tem sido notória, tanto que em vários Congressos Internacionais o tema é debatido.

Várias são as abordagens, quer do ponto de vista das metodologias para avaliação do fenômeno, quer do ponto de vista das medidas de combate e minimização dos efeitos da reação, quer da divulgação da avaliação

País - Região	Tipo de Obra	Ano de Construção	Ano de Registro
Canadá	Tabuleiro de Ponte	1935	1942
Canadá - Kingston	Tabuleiro de Ponte	—	—
Etiópia - Deridawa	Viga de Ponte	—	—
EUA - Califórnia	Pavimento	1937	1938
EUA - Kansas	Ponte	1934	1942
EUA - Califórnia	Pavimento	1927	1932
EUA - Washington	Pavimento	1030/31	1939
EUA - Nebraska	Pavimento	1931	1932
EUA - Califórnia	Pavimento	1932	1941
EUA - Virgínia	Prédio	1912	1922/29
EUA - Kansas	Prédio	1938	1940/42
EUA - Idaho	Prédio	1934	1942
EUA - Califórnia	Ponte	1919/20	1940
Dinamarca - Jutland	Ponte	1939	1951
Dinamarca - Funem	Porto	1930	1954
Dinamarca - Sealand	Muro-Pier	1943/47	1952
Dinamarca - Jutland	Ponte	1947	1952

Figura 4 — Estruturas de concreto com evidência de expansões decorrentes da Reação Alcalis-Agregados⁽²⁾⁽¹²⁾.

efetuada em estruturas construídas com agregados reativos.

A divulgação de estruturas danificadas pelo efeito expansivo é mais evidente nos países avançados tecnicamente, como se evidencia pela listagem que se mostra nas Figuras 4 (acima) e 5 (na página seguinte).

Nota-se, pelas informações disponíveis, que desde o final da década de 20, já se observaram evidências dos efeitos expansivos da Reação Alcalis-Agregado, em estruturas de concreto.

Durante esse período que se passou, ficou evidente a preocupação em se aprimorar a metodologia para detectar o fenômeno, bem como a busca de materiais e maneiras para inibir a reação minimizando as expansões.

Por outro lado, a divulgação de um elenco crescente de estruturas de concreto com evidências dos efeitos expansivos apresenta um novo questionamento aos tecnólogos: *a sugestão de buscar uma solução para interromper o processo de reação, e com isso inibir a expansão após o seu início (ou quando da observação de sua evidência).*

Comentários e sugestões

O texto que se apresenta engloba em si próprio algumas sugestões e comentários:

- Há a conveniência das Entidades Técnicas Brasileiras agruparem esforços, principalmente nestas épocas de escassos recursos, com intuito de se estabelecer um mapeamento das regiões com agregados considerados deletérios (nos moldes do citado na Figura 1 (e elaborado há quase 50 anos!))
- Esse mapeamento poderia englobar



Figura 3 — Aspecto de fragmentação de agregados reativos, após a execução do Ensaio Térmico (Ensaio Ossipov).

Barragem	País	Ano de Término	Altura (m)	Comprimento da Crista (m)
Boore Elsber	África do Sul	1968	72	
Churchil	África do Sul	1943	40	
Sttenbras	África do Sul	1954	28	
Poortjieskloof	África do Sul	1955	33	
Keeron	África do Sul	1954	38	
Stompdrif	África do Sul	1965	49	
Paul Sauer	África do Sul	1969	82	
Moxoto	Brasil	1974	34	2.953
Beau Harnois	Canadá			
Lady Evelyn	Canadá	1930		829
New Brunswick	Canadá	1968		
Mactaquail	Canadá	1968		
Salas	Espanha	1970	50	240
Porto de Mouros	Espanha			
San Esteban*	Espanha			
Sewar Mountain	Estados Unidos	1930	65	178
W. B. Oliver	Estados Unidos			
Cooper Basin	Estados Unidos			
Gene Wash	Estados Unidos			
Parker	Estados Unidos			
Drum Afterbay	Estados Unidos			
Friant	Estados Unidos			
Hansen	Estados Unidos			
Lake Spaulding	Estados Unidos			
Matilija	Estados Unidos	1947	58	
Pit 4	Estados Unidos			
New Savannah Bluf	Estados Unidos			
American Falls	Estados Unidos			
Black Foot	Estados Unidos			
Lock and Dam 24	Estados Unidos			
Fontana	Estados Unidos	1947	146	
Hiwassee	Estados Unidos			
Bar Mills	Estados Unidos			
Lock and Dam 26	Estados Unidos			
Cataract	Estados Unidos			
Williams	Estados Unidos			
Center Hill	Estados Unidos			
Chickamauga	Estados Unidos			
Terminus	Estados Unidos			
Coolidge	Estados Unidos			
Buck	Estados Unidos			
Chambon	França			
Castelnau	França			
Mauray	França			
Temple	França			
Bimont	França			
Hirakud	Índia			
Rihand	Índia	1962	92	
Sammara	Índia			
Kamburu	Kenia	1975		
Hunderfossen	Noruega	1963		
Bloy Tjern	Noruega	1950	11	
Skarfoss	Noruega		30	150
Dale	Noruega	1953		
Tarbela	Paquistão			
Itezhi-Tezhi	Zâmbia			

Figura 5 — Barragens de concreto com evidências de expansão devido a Reação Alcali-Agregados (13)(14).

estruturas com evidências de expansões nocivas;

- Continuar as pesquisas com objetivo de conhecer mais profundamente as reações alcalis-sílica, alcalis-carbonato e decorência;
- Prosseguir na busca de alternativas e materiais para inibir o início das reações deletérias;
- Iniciar a busca de caminhos para estancar as reações após o seu início (a partir da época de sua observação ou evidência), tendo em vista o conhecimento crescente de estruturas de concreto com evidências de expansividade. Isso pode parecer um pouco de futurologia, mas não se pode esquecer que

várias estruturas foram construídas no Brasil, até a década de 70, com agregados basálticos, "admitidos" até então como "inócuos", e sem o emprego de materiais pozzolânicos. E ainda, pelos exemplos divulgados, há evidências que, em várias oportunidades, as expansões podem ser notadas após um período razoavelmente longo.

Referências

- (1) T. E. Stanton; O. J. Porter; L. C. Meder; A. Nicol — *California Experience With the Expansion of Concrete Through*

Reaction Between Cement and Aggregate — Proc. ACI-38; 209-36 (1942).

- (2) P. Bredsdorff; G. M. Idorn; A. Kjaer; N. M. Plum; E. Poulsen — *Chemical Reactions Involving Agregate* — Proc. National Bureau of Standards — Fourth International Symposium (1960).
- (3) R. C. Mielenz; K. T. Greene; E. J. Benton — *Chemical Tests for Reactivity of Aggregates With Cement Alkalies: Chemical Processes in Cement Aggregate Reaction* — Proc. ACT-44; 193-221 (1947).
- (4) T. E. Stanton — *Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate* — ASCE-107; Paper 2129, 53-126 (1942).
- (5) R. F. Blanks; H. S. Meissner — *The Expansion Test as a Measure of Alkali-Aggregate Reaction* — ACI-42; 517-39 (1946).
- (6) W. C. Hanna — *Unfavorable Chemical Reactions of Aggregates in Concrete and a Suggested Corrective* — ASCE-47; 986-999 (1947).
- (7) H. S. Gitahy — *O Problema dos Agregados para os Concretos da Barragem de Jupia* — IPT/CELUSA (1963).
- (8) F. R. Andriolo; B. C. Sgarbosa — *The Use of Pozolan From Calcined Clays in Preventing Excessive Expansion Due To The Alkali-Aggregate in Some Brazilian Dams* — 7th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction — Canada (1986).
- (9) P. J. R. Oliveira; F. M. Salles — *Algumas Considerações Sobre a Reatividade de Basaltos com os Alcalis do Cimento* — Seminário Nacional de Grandes Barragens — Aracajú (1991).
- (10) F. R. Andriolo — *Reatividade de Agregados com Alcalis do Cimento* — Sugestão para Normalização de Metodologia Rápida para a Avaliação da Reatividade de Agregados com os Alcalis dos Cimentos — CB-18-ABNT (novembro 1990).
- (11) J. A. Bracal; L. C. Rosario; F. F. Neto — *Ensaio Ossipov, um Método Simples e Rápido para Avaliação da Reatividade Potencial de Agregados* — XIX Seminário Nacional de Grandes Barragens — Aracajú (1991)
- (12) G. M. Idorn — *Desintegration of Field Concrete* — The Danish National Institute of Building Research and The Academy of Technical Sciences — Committee on Alkali Reactions in Concrete — Progress Report (1956).
- (13) *Anais do XVII ICOLD* — VIENA (1991)
- (14) *Bulletin - 79* — "Alkali Aggregate Reaction in Concrete Dams" (1991) •