De 24/06/2026 a 27/06/2026
São Paulo
https://doi.org/10.67775/w969rk04

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

AVANÇOS NO DIAGNÓSTICO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: REVISÃO DA LITERATURA

Diogo Britto[1]*, Nicole Nascimento[2]*; Camila Silva[3]; Hildo Santiago Filho[4]; Marcelo Medeiros[5] e Antônio Acácio de Melo Neto[6]

*Autor de contato: nicolenascimentoeng@gmail.com

[1, 2, 3 e 4] Centro de Tecnologia e Comunicação, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil
[5] CESEC-UFPR e LaME-DCC-UFPR, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil
[2 e 6] Laboratório de Tecnologia dos Aglomerantes - LabTag, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

RESUMO

A durabilidade das estruturas de concreto armado depende da prevenção e do adequado tratamento das manifestações patológicas. Entre elas destaca-se a Reação Álcali-Agregado (RAA), resultante da interação entre agregados reativos, álcalis do cimento e umidade (além de outros fatores intervenientes), que gera um gel expansivo responsável pela fissuração do concreto. No Brasil, diversos casos foram identificados a partir dos anos 2000, especialmente em blocos de coroamento de edifícios, com manifestações ocorrendo poucos anos após a construção. Esse cenário impulsionou pesquisas e a elaboração da ABNT NBR 15577, voltada à prevenção da reação. Entretanto, ainda não há consenso sobre o diagnóstico em estruturas já afetadas. Assim, este trabalho propõe um fluxograma de análise e diagnóstico da RAA, baseado em revisão bibliográfica, organizando ensaios segundo as informações fornecidas sobre mineralogia, composição química, fissuração, expansão e propriedades mecânicas do concreto. A proposta busca contribuir para diagnósticos mais claros e decisões mais seguras na avaliação de estruturas afetadas.
Palavras-chave: reação álcali-agregado; reação álcali-sílica; diagnóstico; ensaios; microestrutura.

ABSTRACT

The durability of reinforced concrete structures depends on the prevention and proper treatment of pathological manifestations. Among these, the Alkali-Aggregate Reaction (AAR) stands out, resulting from the interaction between reactive aggregates, cement alkalis, and moisture (among other contributing factors), which produces an expansive gel responsible for concrete cracking. In Brazil, several cases have been identified since the 2000s, especially in building pile caps, with manifestations occurring only a few years after construction. This scenario has stimulated research and led to the development of ABNT NBR 15577, aimed at preventing this reaction. However, there is still no consensus regarding the diagnosis of structures already affected. Thus, this study proposes a flowchart for the analysis and diagnosis of AAR, based on a literature review, organizing tests according to the information they provide on mineralogy, chemical composition, cracking, expansion, and mechanical properties of concrete. The proposal aims to contribute to clearer diagnoses and safer decision-making in the assessment of affected structures.
Keywords: alkali-aggregate reaction; alkali-silica reaction; diagnosis; tests; microstructure.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material de construção mais utilizado no mundo, e sua durabilidade é um requisito fundamental de projeto, com vida útil mínima geralmente estimada em 50 anos. Para garantir esse desempenho, é necessário prevenir mecanismos de deterioração, como lixiviação, carbonatação, ataque por sulfatos, reação álcali-agregado (RAA), entre outros. Essa reação deletéria pode ocorrer em diversas estruturas, como usinas, barragens, pontes, pavimentos e blocos de fundação, gerando expansões internas e elevados custos de manutenção e reforço estrutural.

A reação álcali-agregado foi identificada na década de 1940 nos Estados Unidos por Holden e Stanton, sendo posteriormente estudada no Brasil por Heraldo Gitahy. Inicialmente associada a grandes obras, como barragens, o colapso do edifício Areia Branca em Recife, em 2004, intensificou as inspeções em fundações, revelando diversos casos da reação em edificações. Diferentemente de ocorrências típicas de evolução lenta, algumas estruturas na cidade apresentaram fissuração atribuída à RAA cerca de três anos após a construção (COUTO, 2008; SANCHEZ, 2008).

Esse mecanismo deletério ocorre devido à reação química entre os hidróxidos alcalinos Na^+, K^+ e o hidróxido OH^-, encontrados principalmente no cimento, agregados reativos contendo sílica amorfa ou metaestável (ou também tensionada, certos tipos de vidros vulcânicos e artificiais), e a presença de umidade, resultando na fissuração do elemento e o comprometimento de sua função estrutural, devido à redução de seu módulo de elasticidade, resistência e estanqueidade, o que facilita a entrada de agentes agressivos e acelera o processo de deterioração da estrutura (HASPARYK, 2005; SANCHEZ, 2008; ANDRADE, 2008; LANGARO, 2023).

Há dois tipos principais de RAA, a reação álcali-sílica (RAS), mais comum, e a reação álcali-carbonato, que ocorre entre álcalis e certos calcários dolomíticos argilosos, formando brucita expansiva. A NBR 15577-1 (ABNT, 2018) também menciona a reação álcali-silicato, semelhante à RAS, porém de desenvolvimento mais lento. Essas reações podem ocorrer simultaneamente devido à presença de diferentes minerais reativos nos agregados, o que dificulta seu diagnóstico (Hobbs, 1998 apud COUTO, 2008; FRARE, 2022; MASCIOSKY, 2023).

Foi possível constatar que o desenvolvimento e a intensidade da RAA são influenciados por diversos fatores, como o teor de álcalis no cimento, umidade, temperatura, composição mineralógica e dimensão dos agregados, além do fator água/cimento, presença de adições e condições de carregamento do elemento estrutural (GLASSER, 1992 apud HASPARYK, 2005; TAYLOR, 1997; HASPARYK, 2005; COUTO, 2008).

Estima-se que cerca de 60% das obras no Brasil não realizam ensaios laboratoriais para prevenção da reação álcali-sílica (RAS), enquanto cresce o número de estruturas jovens, entre 5 e 10 anos, diagnosticadas com essa degradação. Além disso, ainda não há consenso sobre os métodos mais adequados de análise e recuperação, devido à dificuldade de correlacionar os sintomas observados com a evolução da reação nas estruturas (MACIOSKI, 2023; SANCHEZ, 2016; MARANHÃO, 2021; LANGARO, 2023).

O diagnóstico da reação álcali-sílica (RAS) inicia-se com inspeção visual em campo, identificando manifestações como fissuras em padrão de mapa, fissuras orientadas em concreto armado, deslocamentos, deformações, desplacamentos e coloração amarronzada próxima às fissuras. A exsudação de gel esbranquiçado nas fissuras é considerada o único indicativo definitivo da reação (SANCHEZ, 2008; FIGUEIRA et al., 2019; FHWA-HIF-12-022, 2012; HASPARYK, 2022).

Segundo Mizumoto (2009), a presença da reação álcali-agregado pode ser verificada em campo por métodos complementares, destacando-se o método das manchas com cobaltonitrito de sódio e rodamina B, que permite identificar a reação e diferenciá-la de outros processos, como

carbonatação e etringita tardia. Esse método pode ser aplicado diretamente na estrutura ou em testemunhos, facilitando a avaliação local da reação (SANCHEZ, 2008; MIZUMOTO, 2009).

De acordo com Figueira et al. (2019), quando a inspeção visual indicar suspeita de reação álcali-sílica (RAS) devem ser retirados testemunhos de diferentes regiões da estrutura e coletadas informações relevantes, como idade da obra, origem dos agregados, composição do concreto, histórico de manutenção, projetos estruturais e data de surgimento dos primeiros sinais de degradação.

Métodos não destrutivos, como o ensaio de propagação de ondas, permitem identificar microfissurações internas no concreto e estimar o módulo de elasticidade dinâmico, auxiliando em avaliações rápidas da rigidez do material, embora apresentem menor precisão que métodos estáticos (SILVA et al., 2023; RIBEIRO et al., 2022).

Barreto (2019) observou que o ensaio de velocidade de onda ultrassônica possui baixa sensibilidade para detectar a reação álcali-agregado, enquanto a técnica de ressonância forçada se mostrou mais eficaz, pois a frequência de ressonância diminui mesmo sem sinais visíveis de expansão.

O ensaio NIRAS (Nonlinear Impact Resonance Acoustic Spectroscopy) também tem sido utilizado como método não destrutivo, apresentando capacidade de detectar quantitativamente fissurações iniciais e heterogeneidades no concreto (FHWA-HRT-13-085).

Técnicas microscópicas, especialmente o ensaio petrográfico em microscópio óptico, são fundamentais para o diagnóstico da RAA, pois permitem identificar minerais reativos e visualizar o gel da reação na zona de transição pasta-agregado e nos poros do concreto. E ao utilizar lupa estereoscópica é possível verificar a colmatação dos poros e as bordas da reação (SANCHEZ, 2008; MACIOSKI, 2023; SILVA et al., 2023).

Embora o ensaio petrográfico seja representativo para identificação da reação álcali-agregado, técnicas complementares como MEV/EDS e DRX são utilizadas para caracterizar a microestrutura e os componentes da reação. O MEV permite obter imagens de alta resolução da superfície da amostra, enquanto o EDS possibilita identificar a composição química das fases analisadas por meio do espectro de energia dos elementos presentes (ANDRADE et al., 2006; HASPARYK, 2005).

A resistência à compressão não é um parâmetro confiável para identificar a reação álcali-agregado, pois a formação inicial de gel pode colmatar poros e até aumentar temporariamente a resistência. Em contrapartida, o módulo de elasticidade pode sofrer reduções significativas devido à microfissuração interna, sendo um indicador mais sensível da deterioração do concreto (HASPARYK, 2005; SANCHEZ, 2008; NASCIMENTO, 2020; MACIOSKI, 2023; RIBEIRO et al., 2022).

Estruturas reais afetadas pela reação álcali-agregado apresentam restrições à expansão devido ao confinamento estrutural, presença de armaduras e carregamentos atuantes. Ensaios experimentais mostram que elementos confinados podem apresentar maior resistência à compressão que corpos de prova livres, evidenciando a influência do confinamento e a dificuldade de avaliar os efeitos reais da reação em estruturas de concreto (FIGUEIROA e ANDRADE, 2007; MAJLESI et al., 1994 apud BARRETO, 2019).

A expansão residual de testemunhos pode ser avaliada por adaptações dos ensaios AMBT (barras de argamassa) ou CPT (prismas de concreto). O AMBT, normatizado pela ABNT NBR 15577-4 (2018), é acelerado e amplamente utilizado, mas apresenta controvérsias devido à possibilidade de falsos positivos ou negativos decorrentes das condições agressivas do ensaio (SANCHEZ, 2008). Em relação ao CPT possui maior confiabilidade por utilizar condições menos severas, embora exija maior tempo de execução. Estudos também indicam que fatores como posição de extração dos testemunhos e condições de umidade podem influenciar os resultados de expansão (PEDERSEN, 2016; RIBEIRO et al., 2022; MULTON et al., 2008).

Outra técnica que contribui para o diagnóstico da reação é o SDT (Stiffness Damage Test, ou Teste de Dano da Rigidez) avalia a deterioração do concreto causada por reações expansivas, identificando a perda de rigidez e o aumento de descontinuidades internas decorrentes da fissuração provocada pela RAA conforme estudado por Sanchez et al. (2017 e 2018) e estudo de FURNAS (2021). Já o Damage Rating Index (DRI) ou Índice de Classificação de Danos, realiza análise microscópica da fissuração em seções polidas de concreto, permitindo estimar o grau de deterioração interna e identificar padrões de dano associados à reação (MACIOSKY, 2023; LANGARO, 2023; FURNAS, 2021).

Diante da complexidade da reação álcali-agregado, seu diagnóstico exige a integração de diferentes métodos, como inspeção visual, ensaios laboratoriais, técnicas não destrutivas e análises microestruturais. Nesse contexto, este trabalho apresenta uma sistematização das principais metodologias de análise e diagnóstico da RAA em estruturas de concreto.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica aprofundada, com foco na identificação e análise das principais técnicas de diagnóstico aplicáveis a estruturas de concreto afetadas pela reação álcali-agregado (RAA). As buscas foram realizadas nas bases de dados Google Acadêmico, ScienceDirect, Scielo, além dos periódicos especializados da Alconpat e ICAAR, e das normas técnicas da ABNT, especialmente a série NBR 15577.

As chaves de busca foram estruturadas utilizando o operador booleano AND para a interseção de termos e OR para sinônimos. Foram pesquisados, nos idiomas português e inglês, termos como: "Reação álcali-agregado", "Reação álcali-sílica", "Reações expansivas", "Concreto", "Diagnóstico", "Análise", "Ensaios não destrutivos", entre outros.

O processo metodológico envolveu a seleção de artigos e documentos normativos publicados nos últimos vinte anos, com base na leitura crítica de títulos, resumos e palavras-chave relacionadas à RAA, ensaios de diagnóstico e patologias do concreto. Os trabalhos selecionados foram organizados em uma planilha para extração de dados relevantes, categorizados por tipo de método (visual, físico, químico, microscópico ou mecânico) e sua aplicação prática. A partir dessa sistematização, foi elaborado um fluxograma e uma tabela síntese com os métodos analisados, seguidos de uma discussão sobre sua aplicabilidade em diferentes contextos estruturais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão bibliográfica permitiu identificar e organizar os principais métodos utilizados para o diagnóstico da reação álcali-agregado em estruturas de concreto. As técnicas foram classificadas conforme sua abordagem (visual, física, química, microscópica, mineralógica e mecânica) evidenciando que o diagnóstico confiável geralmente depende da combinação de diferentes métodos complementares.

Com base nesse levantamento, apresenta-se, a seguir, o Quadro 1 que sintetiza os métodos analisados e um fluxograma representativo do processo investigativo recomendado na literatura.

Quadro 1 - Síntese dos métodos analisados

Método	Tipo	Indicador	Comentário
Inspeção Visual	Visual	Fissuras em padrão de mapa, desplacamento, coloração amarronzada, exsudação de gel esbranquiçado	A presença de gel é um sinal inequívoco da reação
Método da Mancha	Químico/ Visual	Coloração diferencial entre regiões reativas e inertes após aplicação de reagentes	O método da mancha é o mais recomendado quando comparado a outros métodos colorimétricos
Ensaios Não Destrutivos Acústicos	Físico	Módulo de elasticidade dinâmico abaixo do esperado ou não linearidade do concreto	Indica a redução da rigidez devido a descontinuidades e fissuração interna
Ensaio Petrográfico	Microscópico/Mineralógico	Presença de fases minerais reativas, bordas de reação, colmatação dos poros, gel esbranquiçado	Fundamental para confirmar a reação
Expansão Residual	Expansivo	Expansão acima do limite do ensaio	Ensaios de expansão adaptados
MEV com EDS	Microscópico	Identificação de gel com elementos como Na, K, Si e Ca	Permite confirmação microestrutural da presença do gel de sílica alcalina
DRX	Mineralógico	Identificação de minerais reativos (opala, quartzo deformado etc.)	Complementar ao ensaio petrográfico
Módulo de Elasticidade Estático	Mecânico	Módulo de elasticidade estático abaixo do esperado	Quantifica a perda de rigidez mecânica total no estado atual do concreto
SDT - Stiffness Damage Test	Mecânico	Índices de dano por rigidez (SDI) e deformação plástica (PDI) elevados	Indica a perda de rigidez e a deformação permanente acumulada
DRI - Damage Rating Index	Microscópico	Índices elevados	Baseado na contagem de fissuras e manifestações típicas em amostras polidas

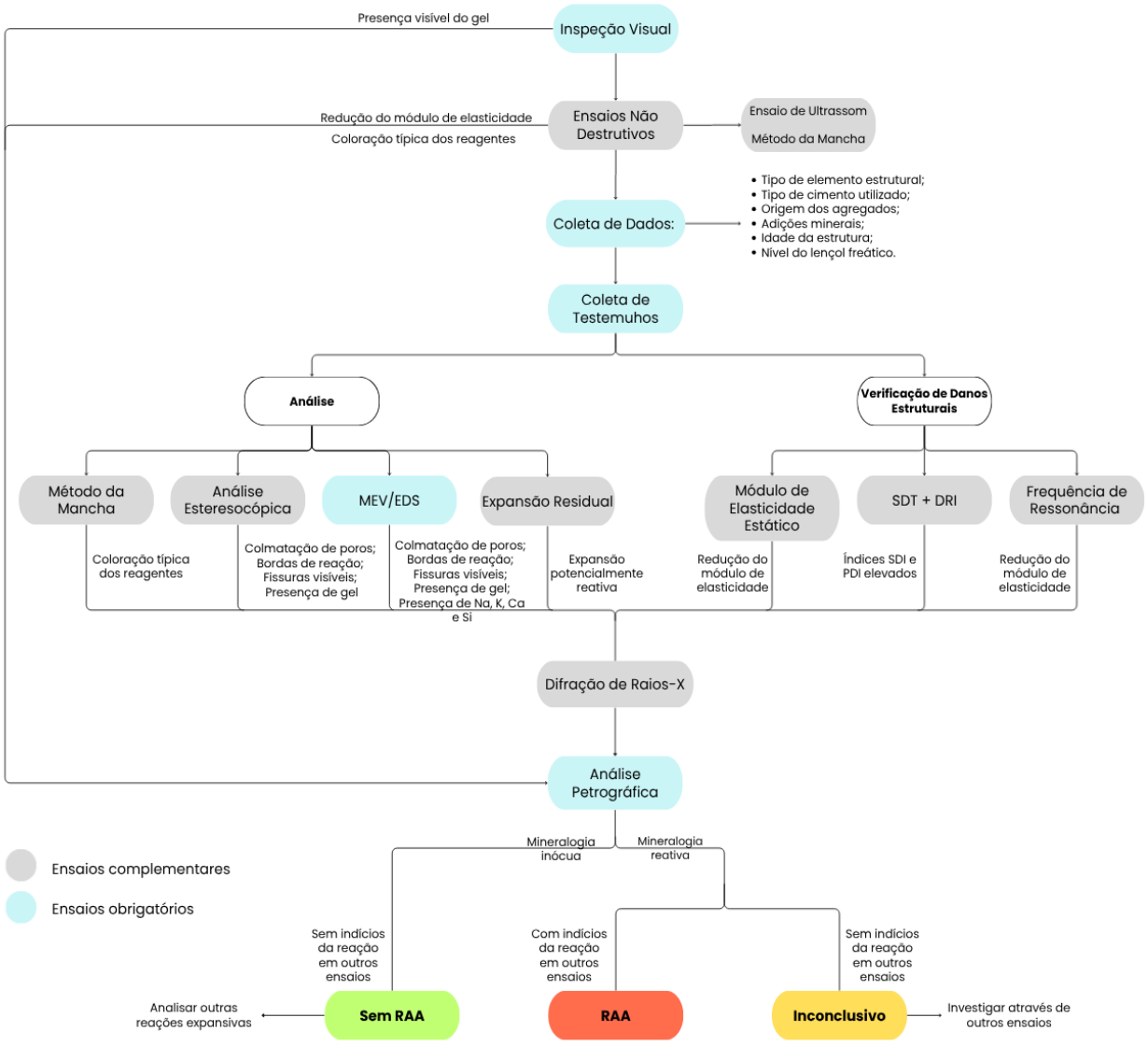
Fonte: Os autores (2026).

3.1 Fluxograma de diagnóstico

Com base na revisão bibliográfica das principais metodologias de diagnóstico da reação álcali-agregado (RAA) em estruturas de concreto, foi possível organizar um fluxograma representativo do processo investigativo recomendado pela literatura (Figura 7). Esse esquema visa facilitar a

compreensão do encadeamento lógico entre a inspeção visual, os métodos de análise laboratorial e a verificação de danos estruturais, auxiliando na classificação final do quadro patológico.

Figura 1 - Fluxograma de Diagnóstico da Reação Álcali-Agregado (RAA) em estruturas de concreto



Fonte: Os autores (2026).

3.2 Recomendações para o diagnóstico

Com base nos fatores econômicos, não é pertinente utilizar todos os métodos estudados para obter a certeza do diagnóstico da reação. Logo, como não existe até o momento desse trabalho uma metodologia normatizada, faz-se questão de um profissional experiente para a correta avaliação do caso, com base nos conhecimentos técnicos difundidos pela comunidade científica. A seguir foram elencadas algumas convergências entre os autores:

- A inspeção visual é fundamental, pois pode indicar instantaneamente possíveis manifestações da RAA, como fissuras em padrão de mapa, exsudação de gel e

desplacamentos superficiais. Em campo, o método das manchas, como descrito por Mizumoto (2009), pode ser empregado para evidenciar a presença de produtos da reação. Apesar de ser um método qualitativo e complementar, ele é útil como ferramenta orientativa e pode ser aplicado sem a extração de testemunhos. No entanto, ele não substitui análises microestruturais;

- De acordo com Silva et al. (2023) e Barreto (2019), os métodos não destrutivos acústicos se apresentam como uma verificação rápida e eficaz do estado de conservação e dos danos sofridos pela matriz do concreto. Entretanto, sua capacidade de diagnosticar a reação álcali-agregado ainda está sendo debatida, sendo o método de ressonância forçada o mais eficaz entre os ensaios citados. Em síntese, cada ensaio oferece vantagens específicas: o ultrassom é rápido, a ressonância forçada é sensível à RAA e o NIRAS destaca-se na detecção precoce de microdanos em diferentes configurações de ensaio;
- O resultado da mineralogia do agregado é um dos fatores necessários à análise da reação, e a petrografia se mostrou essencial para o diagnóstico preciso. Como comprovado por Maciosky (2024) ao realizar uma comparação às técnicas de análise termogravimétrica (ATG), análise térmica diferencial (DTA), espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) e difração de raios X (DRX), o ensaio petrográfico demonstrou o maior potencial de identificação de fases minerais reativas. Devido a isso, diversos autores, assim como Maranhão (2021), consideram que a combinação entre o ensaio petrográfico e o MEV/EDS já configura um resultado seguro da reação;
- Os ensaios de expansão adaptados, embora bastante utilizados, ainda geram discussões na comunidade científica. Para a rápida obtenção do resultado, o AMBT adaptado é muitas vezes escolhido para o diagnóstico, porém, cada vez mais estudos, como os de Langaro (2023) e Sanchez (2008) demonstram divergências de resultados quando comparados com testes de maior duração e confiabilidade, como o CPT. Mizumoto (2009) aponta que o CPT a 60 oC é uma boa solução, pois apresenta mais precisão dos resultados em menos tempo que o CPT tradicional;
- Por fim, Sanchez (2016), Langaro (2023) e Maciosky (2023) demonstraram que os ensaios de SDT e DRI tem apresentado resultados satisfatórios na confirmação da RAS e na avaliação do grau de degradação do concreto.

Os resultados evidenciam que, apesar dos avanços no entendimento dos mecanismos da reação e no desenvolvimento de técnicas de investigação, ainda não existe um protocolo único e amplamente normatizado para o diagnóstico da RAA em estruturas existentes. Nesse contexto, observa-se um consenso crescente na literatura quanto à necessidade de combinar diferentes métodos de análise, de modo a aumentar a confiabilidade do diagnóstico e reduzir a possibilidade de interpretações equivocadas decorrentes da análise isolada de um único ensaio.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo criar um guia de análise e diagnóstico de estruturas de concreto armado deterioradas pela reação álcali-agregado com base em revisão de literaturas dos últimos 20 anos. Apesar de não existir uma só metodologia adotada devido às discordâncias entre pesquisadores sobre certos mecanismos da reação deletéria, o guia foi criado com base nos padrões que já foram aceitos e comprovados por um grande número de trabalhos.

A partir da sistematização das informações obtidas, foi possível propor um fluxograma de diagnóstico que organiza de forma lógica e sequencial as etapas de investigação da reação, iniciando-se pela inspeção visual e avançando para métodos laboratoriais e análises

microestruturais quando necessário. Essa ferramenta busca facilitar a tomada de decisão técnica durante processos de inspeção e avaliação estrutural, contribuindo para a identificação mais precisa da reação e para o planejamento de intervenções adequadas.

Dessa forma, o guia proposto constitui uma contribuição prática para profissionais da área de patologia e durabilidade do concreto, oferecendo uma referência estruturada para a condução de investigações em estruturas potencialmente afetadas pela RAA.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T.; SILVA, J. J. R.; ALMEIDA, R.; FIGUIERÔA, J. P.; KIHARA, Y.; PECCHIO, M., 2006. **Diagnóstico de reação álcali-agregado em blocos de fundação de um edifício público situado na Cidade de Recife/PE**, IBRACON, RAA-2006.

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: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15577-3:2018: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15577-4:2018: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15577-6:2018: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 6: Determinação da expansão em prismas de concreto.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM C856-04**. Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete**. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2004.

BARRETO, A. M. **Técnicas não destrutivas para detecção da reação álcali-agregado em prismas de concreto**, 2019.

COUTO, T. A. **Reação álcali-agregado: estudo do fenômeno em rochas silicosas**. 2008. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **Alkali-Silica Reactivity Field Identification Handbook**. Washington, D.C.: FHWA, 2012. FHWA-HIF-12-022.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **Accelerated Determination of ASR Susceptibility During Concrete Prism Testing Through Nonlinear Impact Resonance Ultrasonic Spectroscopy**. Washington, D.C.: FHWA, 2013. FHWA-HRT-13-085.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **Methods for Evaluating and Treating ASR-Affected Structures: results of field application and demonstration projects**. Washington, D.C.: FHWA, 2014. FHWA-HIF-14-002.

FIGUEIRA, R. B. et al. **Alkali-silica reaction in concrete: Mechanisms, mitigation and test methods. Construction and building materials**, v. 222, p. 903-931, 2019.

FIGUEIRÔA, J. P. e ANDRADE, T. W. C. O. **O ataque da reação álcali-agregado sobre as estruturas de concreto**, p. 228. 2007.

FRARE, A. et al. **Revisão sistemática sobre reação álcali-agregado: panorama comparativo dos estudos realizados no Canadá e no Brasil**. Revista ALCONPAT, v. 13, n. 1, p. 1-27, 2022.

FURNAS - CENTRAIS ELÉTRICAS, S. A. **SDT - Método de ensaio para determinação do Índice de dano de rigidez (SDI) e Índice de deformação plástica (PDI) em concretos: Instrução Técnica ITDSBE001**. Rio de Janeiro: FURNAS, 2021.

HASPARYK, N. P.; KUPERMAN, S. C. **Reações expansivas deletérias no concreto**. CONCRETO & Construções, v. XLIX, n. 102, p. 49-55, 2021.

HASPARYK, N.P. **Investigação de concretos afetados pela reação álcali-agregado e caracterização avançada do gel expansivo**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

LANGARO, E. A. **Estudo de diagnóstico e inibição da reação álcali-sílica utilizando cinza volante e proteção de superfície com silicatos**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2023.

MACIOSKI, G. **Aplicação de sensores em fibra ótica com rede de Bragg na avaliação da reação álcali-sílica**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, 2023.

MACIOSKI, G. et al. Reação álcali-sílica: ensaios complementares na identificação do potencial reativo de agregados. 65. Congresso Brasileiro do Concreto, 8 nov. 2024.

MARANHÃO, A.G.D. **Reação álcali-agregado: proposta para método de inspeção em edifícios prontos e diagnóstico rápido em elementos de fundação**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco, 2021.

MATOS, A. M. et al. **Alkali-reactivity of Pernambuco east shear zone coarse concrete aggregates: An experimental discussion**. Construction and Building Materials, v. 344, p. 128239, 27 jun. 2022.

MIZUMOTO, C. **Investigação da Reação Álcali-Agregado (RAA) em Testemunhos de Concreto e Agregados Constituintes**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, 2009.

MULTON, S.; BARIN, F. X.; GODART, B.; TOUTLEMONDE, F. **Estimation of the Residual Expansion of Concrete Affected by Alkali Silica Reaction**, 2008. Journal of Materials in Civil Engineering - J MATER CIVIL ENG. 20. 10.1061/(ASCE)0899-1561(2008)20:1(54).

NASCIMENTO, N. P. S. **Diagnostic of concrete samples extracted from pile caps affected by internal swelling reactions**. 2020. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco, 2020.

PEDERSEN, B. M.; WIGUM, B. J.; LINDGÅRD, J. **Influence Of Aggregate Particle Size On The Alkali-Silica Reaction - A Literature Review**. In: *Conference Paper*. 2016.

RIBEIRO, A. **Estudo Da Reação Álcali-Agregado Em Estruturas De Concreto**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá FUPAC, Ubá, 2021.

RIBEIRO, D. V. et al. **Proposta de avaliação da expansão residual proveniente da reação álcali-agregado (RAA) e do ataque por sulfatos em testemunhos de concreto**. CONCRETO & Construções, v. L, n. 106, p. 56-61, 2022.

SANCHEZ, L. F. **Contribuição Ao Estudo Dos Métodos De Ensaio Na Avaliação Das Reações Álcali-Agregado Em Concretos**. 170 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 2008.

SANCHEZ, L. et al. **The Use Of The Damage Rating Index (DRI) For The Condition Assessment Of Aging Distressed Concrete.** 2016.

SILVA, R.R.C.; SALA, G. A.; ZANOVELLO, D. F. **Investigação e mitigação em blocos de fundações afetados pela reação álcali-agregado em edificação na Cidade de São Paulo**. ScientiaTec, v. 10, n. 1, 2023.

TAYLOR, H.F.W. **Cement Chemistry**. Book. 2nd edition Thomas Telford. 1997.