



CONSIDERAÇÕES SOBRE A REAÇÃO ÁLCALIS AGREGADO E O CONHECIMENTO DO MERCADO IMOBILIÁRIO DO RECIFE ACERCA DO TEMA

SILVA, CRISTIANE SANTANA (1); AGUIAR, ROBERTO (2); RAMOS, JOÃO LUIZ DE MELO (3); MONTEIRO, ELIANA BARRETO (4)

01. Universidade Católica de Pernambuco, cristiane_santana@msn.com; 02. Universidade Católica de Pernambuco, eng.robortoaguilar@yahoo.com.br; 03. Universidade Católica de Pernambuco, j114@hotmail.com; 04. Universidade Católica de Pernambuco e Universidade de Pernambuco, eliana@poli.br

RESUMO

A Reação Álcalis-Agregado (RAA) foi descoberta há cerca de oitenta anos, em estruturas rodoviárias, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos. Com o passar dos anos, a reação foi sendo diagnosticada em vários países ao redor do mundo, em diversas estruturas, como as estruturas hidráulicas, as de pontes e viadutos, as estruturas de edifícios, com destaque para as fundações, dentre outras. No Brasil, os primeiros diagnósticos da RAA ocorreram em estruturas hidráulicas, isto é, em barragens e usinas hidroelétricas. Só a partir da metade da década passada, começaram a ser diagnosticados e relatados casos em fundações de edifícios residenciais e comerciais, particularmente na Região Metropolitana do Recife (RMR). Esse trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura acerca da Reação Álcalis-Agregado, assim como apresentar o resultado de uma pesquisa acerca do conhecimento de empresas e profissionais do mercado imobiliário do Recife sobre a avaliação. Participaram da pesquisa 29 construtoras, 05 calculistas e 05 concreteiras atuantes no mercado da construção, os quais foram convidados a responder um questionário elaborado pelos autores. Através desse estudo foi possível observar que os entrevistados tomavam várias medidas preditivas, tais como a utilização de adições na utilização de seus concretos e a utilização de ensaios para verificação da reatividade potencial dos agregados.

Palavras-chave: Concreto. Reação Álcali-Agregado. Fundações.

ABSTRACT

The Alkali-Aggregate Reaction (RAA) was discovered some eighty years ago in road structures in the state of California in the United States. Over the years, the reaction has been diagnosed in several countries around the world, in various structures, such as hydraulic structures, bridges and viaducts, structures of buildings, especially foundations, among others. In Brazil, the first diagnoses of RAA occurred in hydraulic structures, that is, in dams and hydroelectric power plants. It is only in the middle of the last decade that cases of foundations of residential and commercial buildings began to be diagnosed and reported, particularly in the Metropolitan Region of Recife (RMR). This work aimed to review the literature on the Alkali-Aggregate Reaction, as well as present the results of a survey about the knowledge of companies and professionals in the real estate market in Recife on the evaluation. Twenty-nine constructors, 05 calculators and 05 concrete workers in the construction market participated in the survey, who were invited to answer a questionnaire prepared by the authors. Through this study it was possible to observe that the interviewees took several predictive measures, such as the use of additions in the use of their concretes and the use of tests to verify the potential reactivity of the aggregates.

Keywords: Concrete. Alkali-Aggregate Reaction. Foundation.

1 INTRODUÇÃO

A Reação Álcalis-Agregado (RAA) é uma patologia passível de ocorrer em qualquer estrutura de concreto, desde que existam as condições favoráveis ao seu aparecimento. Constatam-se relatos na literatura de sua ocorrência na década de 1930 e, apenas na década seguinte, foi publicado o primeiro trabalho científico por Staton. No Brasil, os primeiros relatos desta patologia foram datados na década de 1960 e 1970 em barragens como Peti, Apolônio Sales (Moxotó) e Pedras. Especificamente na Região Metropolitana do Recife (RMR), o primeiro caso diagnosticado e divulgado no meio acadêmico de RAA foi em 2000, nos blocos de fundação da Ponte Paulo Guerra, que interliga os bairros do centro e da zona norte de Recife ao bairro de Boa Viagem. Apesar desse diagnóstico, o caso não foi difundido no meio técnico da engenharia pernambucana, não sendo objeto de alerta para a possibilidade de outras fundações de obras d'arte e edificações também apresentarem o mesmo problema. (ANDRADE, 2006)

De acordo com Andrade (2006), só a partir de 2004, com a queda do Areia Branca, edifício residencial de 12 pavimentos no Bairro de Piedade, começaram a ocorrer inspeções sistemáticas em fundações de edifícios na RMR, evidenciado o problema em uma intensidade elevada. Destaca-se que a causa do desabamento desse edifício não teve nenhuma correlação com a reação Álcali-Agregado. Com o descobrimento desta manifestação patológica em muitas fundações de estruturas de edifícios, pontes e viadutos, as informações começaram a ser disseminadas no meio técnico, constatando-se que o fenômeno não estava restringido apenas em obras hidráulicas de grande porte. Nas Figuras 1, 2 evidenciam-se um quadro fissuratório nas fundações de edifícios residências e público na RMR.

Figura 1. Bloco de fundação



Fonte: (ANDRADE, 2006)

Figura 2. Trinca horizontal.



Fonte: (ANDRADE, 2006)

Esse trabalho objetivou realizar uma revisão da literatura acerca da reação álcalis-agregado e de apresentar os resultados de uma pesquisa com construtoras e profissionais (calculistas e 05 concreteiras atuantes no mercado

imobiliário do Recife com o propósito de identificar que medidas preventivas estão sendo utilizadas para inibir o aparecimento desta reação. Elaborou-se um questionário próprio para cada grupo descrevendo-se as mudanças ocorridas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico da Reação Álcalis-Agregado

Ao final da década de 1930, Thomas Edison Stanton encontrou registros da reação no Sul da Califórnia (EUA) sobre os pavimentos de uma rodovia, com muitas fissuras e um processo de expansão. As patologias não estavam relacionadas à ação do congelamento e degelo causado por baixas temperaturas ou a corrosão das armaduras. Só em 1940, foram publicados estudos através da American Society of Civil Engineers, que deixaram a comunidade científica preocupada (ANDRADE, FIGUEIRÔA, 2007). Investigaram-se suas ocorrências em diversas situações como obras hidráulicas, blocos de fundações, pavimentos, dormentes, estruturas de pontes, muros de concreto. Muitos países ao longo de todo o mundo relataram ocorrências do fenômeno e muitas pesquisas foram realizadas, destacando-se os Estados Unidos, que estabeleceram a maioria dos princípios básicos que norteiam a RAA. Ainda podem ser citados o Canadá, alguns países europeus, Japão, China e Índia, como países em que estudos sobre RAA vêm sendo desenvolvidos. No Brasil, as primeiras informações relatadas sobre a reação foram citadas nas décadas de 1960 e 1970 em três barragens nos estados de Minas Gerais, entre os estados da Bahia e Alagoas e no estado de São Paulo, juntamente com duas barragens do sistema de abastecimento de água em Recife e Salvador. Em Recife, o primeiro fato da ocorrência foi descoberto na Ponte Paulo Guerra, mais conhecido como ponte do Pina. Construída em 1977 verificou-se que durante as variações da maré visualizava-se que os dezesseis blocos da fundação estavam com fissuras intensas e que evidenciava-se ser da RAA.

2.2 Definição da Reação

A reação Álcali-Agregado é uma reação química e desenvolve-se entre os hidróxidos alcalinos (normalmente proveniente do cimento), minerais reativos (agregados graúdos ou miúdos) e a presença da água. Reagem entre si produzindo um gel, causando um quadro fissuratório na estrutura de concreto.

2.3 Condições e fatores para seu Aparecimento

Fatores distintos interagem influenciando no mecanismo da RAA. Para o desenvolvimento desta reação deverá haver a presença simultânea de um agregado reativo, de álcalis em concentração suficiente, da água, do meio ambiente fornecendo umidade e de temperaturas altas que irão atuar na cinética da reação (SILVA, 2009). Esses fatores são os condicionantes principais para o desenvolvimento da reação e serão descritos resumidamente mais à frente.

2.4 Álcalis no Cimento

Segundo Helene (2012), a reação que mais ocorre no Brasil, é a reação entre a

sílica reativa contida nos agregados, a cal liberada pelo cimento, e os álcalis (sódio e potássio) da pasta de cimento. Os vários tipos de sílica presentes nos agregados reagem com os íons hidroxila. A água absorvida pelo gel pode ser parte da que não foi usada para a hidratação do cimento, água existente no local (reservatório, por exemplo), água de chuva e, até mesmo, água condensada da umidade do ar. Se o gel estiver confinado pela pasta de cimento, seu inchamento implica a introdução de tensões internas que, eventualmente, podem causar fissuras no concreto.

2.5 Agregado Reativo

Ainda de acordo com Helene (2012), a denominada reação álcali-sílica-silicato, englobada na chamada reação álcali-sílica, consiste na reação entre os álcalis disponíveis do cimento e/ou outras fontes e alguns tipos de silicatos que possam estar presentes em certas rochas sedimentares, rochas metamórficas e ígneas. É uma reação que está ligada à presença de quartzo tensionado, de sílica amorfa ou de minerais expansivos. O gel pode ser mais ou menos expansivo em função dos teores de álcalis e cal presentes. A Figura 3 exemplifica um testemunho com a presença do gel expansivo.

Figura 3. Face fraturada do testemunho



Fonte: (ANDRADE, 2006)

2.5.1 Presença da Água

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a água é o agente principal de deterioração física e química do concreto, pois além de ter grande facilidade em se mover através dos poros do concreto, devido ao tamanho de suas moléculas, é um excelente solvente, com capacidade de dissolver muitas espécies químicas, tornando-a rica em íons e gases capazes de causar a deterioração. Dois fatores estão diretamente ligados ao fator água/cimento e são bastante relevantes ao concreto a permeabilidade e a compacidade. Quando o fator água/cimento é diminuído o concreto ganha uma melhor resistência e sua permeabilidade é diminuída, esses fatores são importantíssimos para dirigirem a velocidade de penetração de agentes deletérios.

3 MEDIDAS MITIGADORAS

Com o aumento do histórico das ocorrências de RAA em estruturas correntes no Brasil, no ano de 2006 foram iniciados, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os estudos para o desenvolvimento de normas específicas sobre RAA. Em 14 de Maio de 2008, a norma foi promulgada, com foco voltado para a prevenção, através da eliminação de pelo menos um dos fatores condicionantes para o aparecimento da reação. Nesta norma foi estabelecido um guia para avaliação da reatividade potencial e o emprego de medidas preventivas para o uso de agregados reativos. Verificou-se que a recuperação das estruturas tem um alto custo e determinou-se uma avaliação do grau de risco da ocorrência da reação, considerando os seguintes fatores de condições de exposição da estrutura de concreto no ambiente, dimensões da estrutura ou do elemento do concreto e responsabilidade estrutural (estruturas provisórias, correntes ou especiais). Com estas determinações, a ABNT criou a NBR 15577 (ABNT, 2008) que preconiza o grau de risco e quais as ações preventivas necessárias para o tipo de estrutura a ser construída.

3.1 Medidas Preventivas

A reação Álcalis-Agregado trata-se de uma patologia que ao instaurar-se no concreto, ocorrerá até que todos os álcalis presentes nos poros dos concretos e/ou as fases reativas dos agregados tenham reagido, pois é muito difícil eliminar a água do processo. Verificou-se que as recuperações de fundações afetadas eram muito onerosas, solicitando vultuosas cifras no processo de recuperação. Em função das várias fundações afetadas de grande e menor porte, concluiu-se que a prevenção seria o melhor caminho para evitar as deteriorações pela reação. A seguir serão demonstrados os cuidados a serem tomados para prevenção da RAA, enfatizando-se sobre a necessidade do conhecimento quanto à reatividade dos agregados graúdos e miúdos, bem como o tipo do cimento utilizado.

3.1.1 Avaliação do Agregado

Para mitigar o aparecimento da reação o primeiro passo será a identificação quanto à reatividade do agregado graúdo e miúdo. Os agregados reativos possuem em sua composição fases mineralógicas silicosas suscetíveis à reação com os álcalis solúveis no concreto.

3.1.2 Limitar o teor de Álcalis do Concreto

O cimento é a principal fonte fornecedora de álcalis, porém outros fatores devem ser considerados, como águas superficiais ou subterrâneas e a dissolução dos componentes alcalinos nos agregados, pozolanas e escórias. Estudos indicam que cimentos com baixo teor de álcalis são aqueles com menos de 0,60% de equivalente alcalino. A RAA pode ser reduzida ou prevenida utilizando cimento

com baixo teor de álcalis ou limitando o teor de álcalis total por m³ de concreto. Um limite recomendável 3,0 kg/m³ de Na₂O no concreto.

3.1.3 Adições Ativas

Muitos estudos estão sendo desenvolvidos por todo o mundo em busca de respostas e soluções preventivas e definitivas para o fenômeno. Conclui-se que as utilizações de adições ativas podem reduzir as expansões com o uso de cimentos CPIII e CPIV, reduzindo a permeabilidade em função da finura dos poros do concreto e a redução do pH através da diminuição do Hidróxido de Cálcio.

3.1.3.1 Adições ao Cimento

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido através de uma mistura de calcário e argila que passam pelo processo de britagem, moagem, mistura e queima para obtenção do clínquer. Este, juntamente com uma pequena quantidade de gipsita, passa por um processo de moagem, sendo o produto final denominado de cimento Portland. Na maioria dos clínqueres são encontrados, inevitavelmente, o sódio e o potássio em quantidades suficientes para desencadear RAA, caso as condições sejam favoráveis, sendo o sódio o mais comum. Estes dois elementos participam do grupo 1A na tabela periódica e são denominados de metais alcalinos ou álcalis. Os principais componentes do clínquer que reagem com a água são: C₃S (silicato tricalcico), C₂S (silicato bicálcico), C₃A (aluminato tricálcico), C₄AF (ferroaluminato tetracálcico). Os cimentos nacionais que possuem maior eficiência no combate a reação álcali-agregado são os que além de possuírem clínquer mais gesso, tem adições minerais ativas em elevado percentual. Os dois cimentos nacionais com essas adições são os de alto forno, denominados de CP III e o pozolânico, denominados de CP IV. Porém, esses cimentos ainda são produzidos em baixa escala no mercado. Os cimentos CP II, de maior utilização no mercado imobiliário, possuem baixa eficiência no combate a reação. Na ausência de um cimento Portland adequado à minimização da RAA, pode-se fazer o emprego de adições minerais como o metacaulim e a sílica ativa conforme a NBR 12655 de 2006.

3.1.3.2 Adições ao Concreto

Muitas pesquisas e estudos estão sendo desenvolvidas no sentido de diminuir a ocorrência da reação e com foco no aumento de sua durabilidade das estruturas. As pesquisas são para adições químicas minerais e orgânicas nas dosagens de concretos convencionais. A utilização de materiais pozolanicos naturais e artificiais, cinzas volantes, escoria de alto forno e a utilização de cimentos especiais, tem ajudado na diminuição dos poluentes resultantes dos processos de industrialização de alguns materiais e com isso ajudando na diminuição dos consequentemente impactos ambientais. Estas adições vêm contribuindo significativamente na preservação das propriedades do concreto, bem como o aumento de sua durabilidade. Na RMR, as adições mais utilizadas são as pozolanas e sua utilização transmite benefícios tecnológicos, econômicos e ecológicos ao concreto. Existem dois tipos de Pozolanas: as naturais e as

artificiais. pozolanas naturais são aquelas de origem ígnea sedimentar. São resultantes de atividades vulcânicas, uma vez que sua fase vítrea é formada por resfriamento brusco do material fundido, como exemplo tem-se o Metacaulim. As pozolanas artificiais são provenientes do tratamento térmico de determinadas argilas ou subprodutos industriais, com atividade pozolânica. Como, exemplo, tem-se a cinza volante, sílica ativa, cinza de casca de arroz, argila calcinada.

4 PESQUISA COM AS CONSTRUTORAS, CALCULISTAS E CONCRETEIRAS.

Após os vários relatos do aparecimento da reação, envolvendo fundações de edifícios residências ou comerciais de grande ou pequeno porte, em sistemas hidrelétricos e de abastecimento de água, fundações de pontes e muitos outros, verificou-se a relevância de realizar uma pesquisa, que estudasse o conhecimento de empresas e profissionais do mercado imobiliário recifense acerca da reação. Assim, realizou-se uma entrevista com engenheiros residentes, gerentes e diretores de empresas da construção civil. Foram entrevistados profissionais que representavam 29 construtoras.

Com o questionário, objetivou-se também identificar as medidas preventivas realizadas pelas empresas para mitigar a reação. Nesse sentido, com as construtoras o questionário buscava evidenciar as medidas e os materiais utilizados para a prevenção. Com os calculistas, o propósito foi visualizar as mudanças que ocorreram nos projetos estruturais e, por sua vez, com as concreteiras buscou-se identificar as medidas preventivas adotadas para verificação da reatividade dos agregados.

4.1 Construtoras

As respostas para os questionários estão apresentadas a seguir, abordando a categoria do estudo (construtora, projetista e concreteira).

Com relação ao conhecimento acerca da reação Álcali-agregado, todos os envolvidos referiram ter ciência sobre sua existência. Já em relação às medidas mitigadoras utilizadas para a sua prevenção, 100% das construtoras entrevistadas fazem uso das adições de metacaulim ou sílica ativa. Com relação aos agregados, verificou-se que 7,5% das entrevistadas solicitam das usinas a avaliação dos agregados graúdos quanto a sua reatividade e também ensaiam os agregados utilizados nos concretos in loco. Sobre as fundações concretadas verificou-se que 67% das entrevistadas fazem uso de materiais a base de emulsão asfáltica ou materiais cimentícios como proteção externa.

4.2 Projetistas Estruturais

Com perguntas distintas, foram entrevistados alguns calculistas atuantes na RMR, em busca de informações sobre as mudanças que ocorreram nos projetos estruturais e quais as medidas mitigadoras foram tomadas para as concreteiras

no fornecimento dos concretos.

As ações desenvolvidas nos cálculos e detalhamento dos projetos estruturais, após o descobrimento da RAA em blocos de fundações foi indicando no projeto de fundação, a contratação de um especialista na área de tecnologia do concreto para orientar sobre ações de prevenção para que o concreto. Descreveu-se segundo sua composição e a relação a/c, quais os percentuais de adições de metacaulim ou sílica ativa seriam satisfatórios para o nível de exposição do concreto. No caso do projeto, houve a alteração no detalhamento das armaduras de fundação, principalmente nos blocos de coroamento das estacas por terem elevados volumes de concreto. Através da disposição de armaduras mais fortes nas laterais e na parte superior (com malhas formando uma gaiola), a fim de evitar ou minimizar possíveis fissuras devido a algum processo de expansão do concreto. Sobre o parecer investigatório em se tratando da reatividade dos agregados e cimento utilizado nos concretos é de grande importância o conhecimento de adições que mitiguem o aparecimento da reação. E de continuar a aprofundar os estudos de combinações do uso das várias britas reativas de nossa região, com os cimentos mais usuais, a fim de aperfeiçoar as dosagens com produtos cada vez mais eficientes e econômicos. Sobre o ponto de vista dos Calculistas sobre sua responsabilidade no sentido de combater esta manifestação patológica conclui-se que os grandes avanços foram obtidos em nossa região no entendimento e visão do comportamento das estruturas atacadas pela RAA. Entretanto todos os calculistas devem estar conscientes da grande responsabilidade em adotar medidas preventivas para evitar ou reduzir ao máximo os efeitos danosos do aparecimento futuro da RAA nas novas fundações e é importante que as decisões sejam tomadas nas fases iniciais de projeto.

4.3 Concreteiras

As concreteiras entrevistadas responderam o questionário que buscava descrições sobre os processos aquisitivos dos agregados.

No processo de aquisição dos agregados miúdo e graúdo verificou-se que 100% das concreteiras citadas solicitam do fornecedor um ensaio de reatividade do agregado e em algumas fornecedoras de concreto novos ensaios são elaborados antes da utilização do agregado. Visualizou-se que com a chegada dos agregados miúdo e graúdo na usina 50% das fornecedoras executam um segundo ensaio e a periodicidade é sempre que muda a jazida. Com o aparecimento da reação Álcali-Agregado as medidas mitigadoras tomadas com 100% dos concretos fornecidos aos clientes são à adição da sílica ativa ou metacaulim. No caso de clientes que solicitam adições em seus concretos e não especificam seus percentuais o critério considerado é a verificação da área de exposição e após um estudo prévio as orientações são repassadas pela fornecedora quanto à sua importância e os respectivos percentuais. Sobre o ponto de vista da responsabilidade das concreteiras no sentido de combater esta manifestação patológica conclui-se 100% reconhecem a sua responsabilidade quanto ao processo produtivo do concreto. E a preocupação no fornecimento deste material, amplamente utilizado nas construções, tem levado as concreteiras a acompanharem as mudanças das jazidas, e executarem

principalmente os ensaios preliminares a fim de conhecer o produto final fornecido aos seus clientes, pensando sempre na durabilidade e na sustentabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em geral verificou-se com esta pesquisa o conhecimento do problema e as medidas mitigadoras destinadas aos concretos de fundações da RMR. A utilização de adições, a busca por ensaios sobre a reatividade do agregado é uma realidade prevista nos processos de qualidade das construtoras, assim como também, a proteção externa nos elementos de fundação, através do uso de materiais cimentícios ou a base de emulsões.

Observou-se por parte das Construtoras o conhecimento acerca da reação RAA, o comportamento das fundações afetadas e seu comprometimento quanto a proteção de seus elementos de fundação. No caso dos calculistas verificou-se uma preocupação intensa principalmente no tocante a proteção e prevenção na busca por fundações saudáveis e isentas desta manifestação patológica. E nas concreteiras a preocupação é na orientação e no fornecimento de concretos destinados a fundações contendo adições e com agregados comprovadamente isentos da reatividade para evitar esta reação deletéria.

Baseado neste trabalho citam-se algumas ideias com o objetivo focado na eficiência de cada processo envolvido na cadeia construtiva fazendo-se necessário algumas mudanças, tais como:

- A partir da concepção dos projetos estruturais, haver a participação direta de um profissional habilitado na determinação da composição dos concretos e de posse da relação a/c, analisar e determinar sobre os percentuais das adições em função do tipo da fundação e em função dos tipos de cimentos utilizados pelas concreteiras;
- Inserir a exigência dos ensaios de reatividade dos agregados graúdos e miúdos, pelas construtoras e concreteiras, para conhecimentos dos materiais que estão sendo empregados na construção, considerando que nossa região possui várias jazidas de agregados reativos, já constatados;
- Prevê em projeto, durante sua concepção, locais de inspeções, que permitam a verificação das fundações, quanto ao aparecimento de reações deletérias como a RAA.

A busca por concretos de qualidade e com durabilidade tem sido uma necessidade constante. Constata-se que o combate à reação Álcalis-Agregado, assim como outras reações deletérias é de responsabilidade de Calculistas, Tecnólogos, Concreteiras e Construtores.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T.; FIGUEIRÔA, J. P. **O Ataque da Reação Álcali Agregado sobre as Estruturas de Concreto. A descoberta pioneira da ocorrência do problema em fundações de pontes e edifícios na Região Metropolitana do Recife.** Recife: Universitária- UFPE, 2007.

ANDRADE, T.; SILVA, J. J. R.; ALMEIDA R.; FIGUEIRÔA, J. P.; KIHARA, Y.; PECCHIO, M. **Diagnóstico de Reação Álcali-Agregado em Blocos de Fundação de um Edifício Público situado na Cidade do Recife/PE.** In: II SIMPÓSIO SOBRE RAA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO. IBRACON, 2006.

ANDRADE, T. **Histórico de Casos de RAA Ocorridos Recentemente em Fundações de Edifícios na Região Metropolitana do Recife.** In: II SIMPÓSIO SOBRE RAA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO. IBRACON , 2006.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577/2008:** Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro.

HELENE, P. 30 perguntas, especialistas respondem a questões sobre tecnologia de concretos e argamassas. *Téchne Tecnologia*. São Paulo: PINI, Edição 185.p70, junho2012.

MEHTA, P.K., MONTEIRO, J.M. **Concreto, Propriedades, Estruturas e Materiais.** São Paulo: Pini, 2008.

SILVA, C. F. C. **Análise de métodos de prevenção da reação álcali agregado: Análise Petrógrfica e Método Acelerado de Barras de Argamassa.** 2009. 109f.Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.