



Concreto para Estruturas Alcali Agregado



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene
*Diretor PhD Engenharia
Diretor Técnico IBRACON
Conselheiro Permanente IBRACON
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Presidente de Honra ALCONPAT Internacional
Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design
Conselheiro da CNTU e SEESP*

SENAI CIMATEC 24 de julho de 2018 Salvador/BA

1

AAR Reação Álcali Agregado

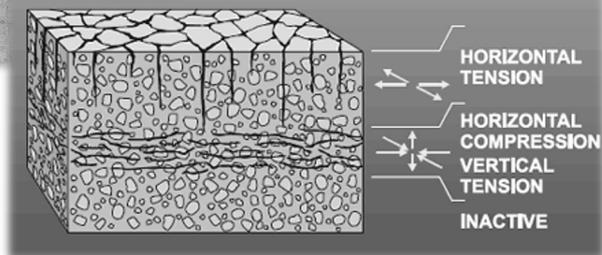
- ✓ Reações químicas entre os álcalis (sódio e potássio) presentes no cimento e os agregados de características reativas;
- ✓ geram produtos sílico-cálcico-alcálicos (gel expansivo ou cristais);
- ✓ causam fissuras, deslocamentos na estrutura e diminuem sua capacidade resistente.

2

Sintomatologia



Fissuração disseminada
(mapeamento)



3

Ponte Paulo Guerra

Recife PE → 2002

inaugurada 1980 22 anos

blocos de fundação $f_{ck} = 15 \text{ MPa}$

Tabuleiro de concreto armado

$f_{ck} = 22 \text{ MPa}$

sobre rio, junto ao mar, fora de respingos

4



5



6



7

IMPORTANTE

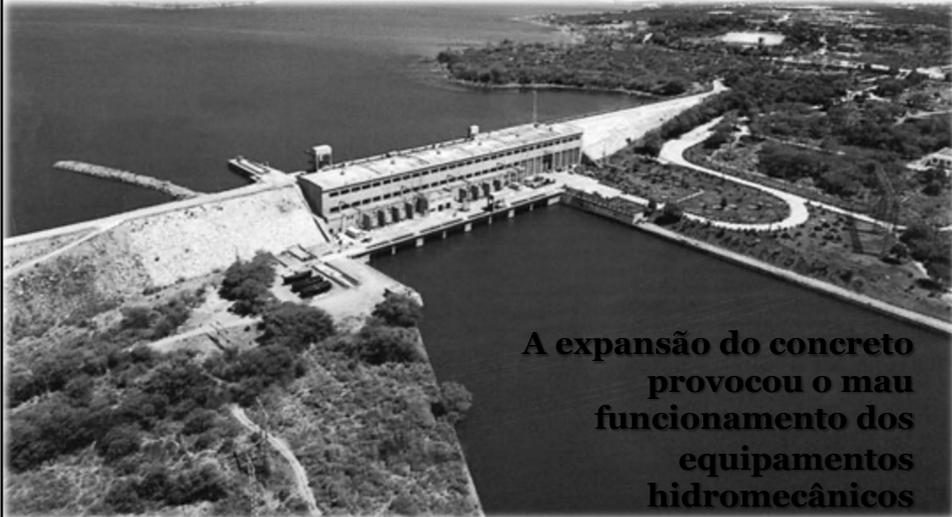
A maioria dos casos mais graves de AAR ocorrem em barragens. Entretanto, também há registros dessa manifestação em pontes, túneis, portos, ferrovias e fundações de edifícios.

No Brasil:

- Barragem de Moxotó
- Metro de São Paulo
- Barragem Joanes
- Barragem de Paulo Afonso
- Barragem de Sobradinho
 - Barragem da Pedra
 - Túneis da Ecovias
 - Rodovia AUTOBAN
- Ampliação da Barragem de Tucuruí
 - Fundações de varios edificios
 - ETAs & ETES
- Dormentes de estradas de ferro

8

Barragem Moxotó



**A expansão do concreto
provocou o mau
funcionamento dos
equipamentos
hidromecânicos**

<http://www.sbbengenharia.com.br/links/raa.php>

9

História

- ✓ Foi descoberta nos anos 30 na Califórnia EUA, por Thomas Stanton. *Expansion of concrete through the reaction between cement and aggregate. Proceedings ASCE, n. 66, 1940. p. 1781-1811*
- ✓ Na mesma época o *USA Bureu of Reclamation* registrou a reação nas barragens Parker Dam (Colorado) e Stewart Mountain Dam, especificando $\text{Na}_2\text{O} < 0,6\%$
- ✓ Os primeiros estudos foram realizados nos anos 60 → Barragem de Jupia
- ✓ Primeiro caso: Barragem UHE Apolonio de Sales Oliveira (Moxotó)

10

História



Thomas Stanton, Caltrans - CA

11

Terapia

12

Terapia

- **Reduzir o acesso da água;**
- **Injeção de resinas;**
- **Confinar;**
- **Prever juntas**

13



14



15



16

Profilaxia

17

Geral **Referencias** **Status**

Código : NBR15577-1
Dados resumidos da Norma

Código Secundário :
Data de Publicação : 14/04/2008 **Válida a partir de :** 14/05/2008

Título : Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto

Título em Inglês : Aggregates - Alkali reactivity of aggregates - Part 1: Guide for the evaluation of potential reactivity of aggregates and preventive measures for its use in concrete

ISBN : 978-85-07-00619-0

Objetivo : Estabelece os requisitos para o uso de agregados em concreto, tendo em vista as medidas necessárias para evitar a ocorrência de reações expansivas deletérias devidas à reação álcali-agregado, e prescreve a amostragem e os métodos de ensaios necessários à verificação desses requisitos.

Comitê Atual : ABNT/CB-18 - CIMENTO, CONCRETO E AGREGADOS

Origem : Projeto 18:200.01-001/1:2007

nº de Páginas : 11

Organismo : ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Preço(R\$) : 46.00 (Norma Impressa)
46,00 (NormaNet - Norma Eletrônica impressão sob demanda)

18

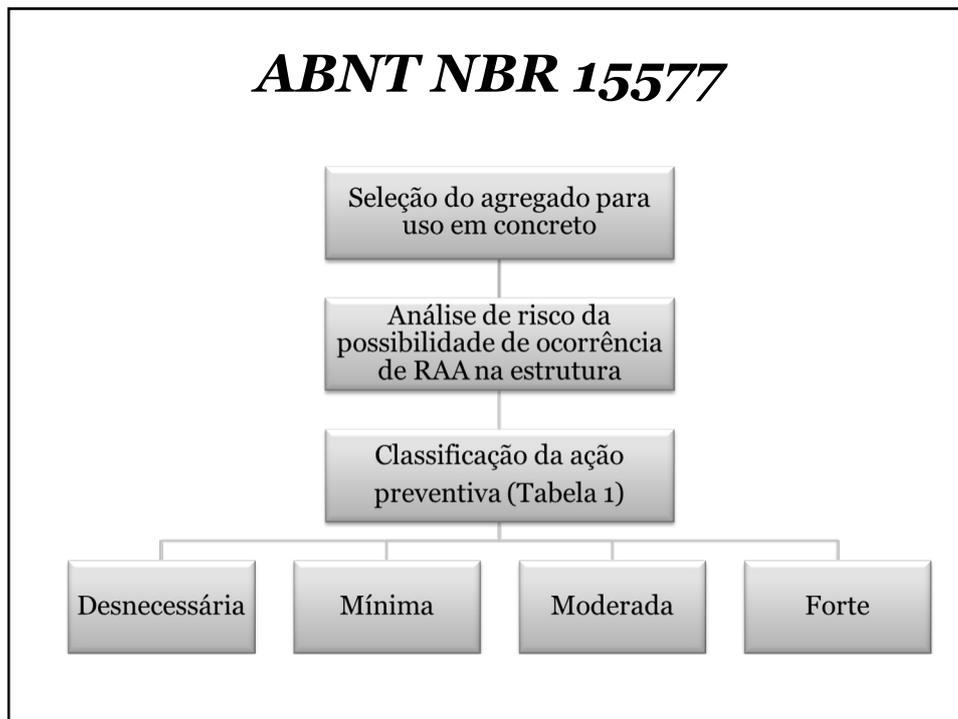
NBR 15577-1	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto
NBR 15577-2	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto
NBR 15577-3	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto

19

NBR 15577-4	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado
NBR 15577-5	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 5: Determinação da mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado
NBR 15577-6	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 6: Determinação da expansão em prismas de concreto

20

ABNT NBR 15577



21

Como prevenir?

1. Controlando álcalis no cimento;

Na_2O equivalente < 0,6%

Total álcalis < 3kg/m³

2. Controlando reatividade nos agregados

Método químico ASTM C 289 (24h)

Análise visual ASTM C 294 (24h)

Análise petrográfica ASTM C 295 (24h)

22

Como prevenir?

3. Controle da reatividade no concreto

Método de barras adição mineral ASTM C441 (6 meses)

Método das barras de argamassa ASTM C227 (6 meses)

Método carbonato → ASTM C586

Método álcali carbonato → ASTM C1105

Método acelerado das barras ASTM C1260 (16d e 28d)

Método dos prismas de concreto ASTM C1293 (1 ano)

23

Como prevenir?

4. Uso de adições

Método de barras adição mineral ASTM C 441 (6 meses)

Eficácia de adições ASTM C 1567

microsílica, metacaulim, cinzas volantes, escória

5. Impermeabilização

silicone, epóxi, poliuretano, cimento+latex, betume, drenar, etc.

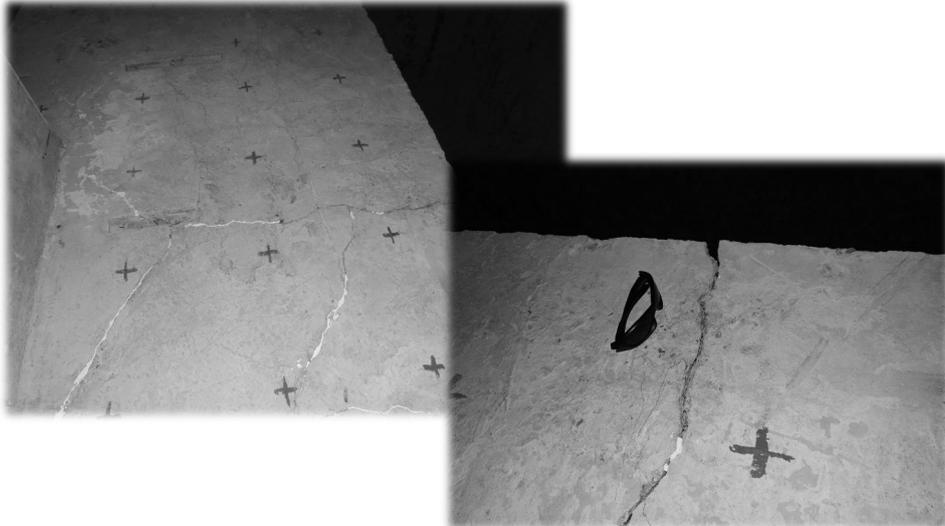
24

Edifício Comercial

- 24 andares
- Idade: 1 ano
- estacas tipo raiz
- altas cargas nos blocos de fundação;
- $f_{ck} = 35$ MPa.

25

AAR?



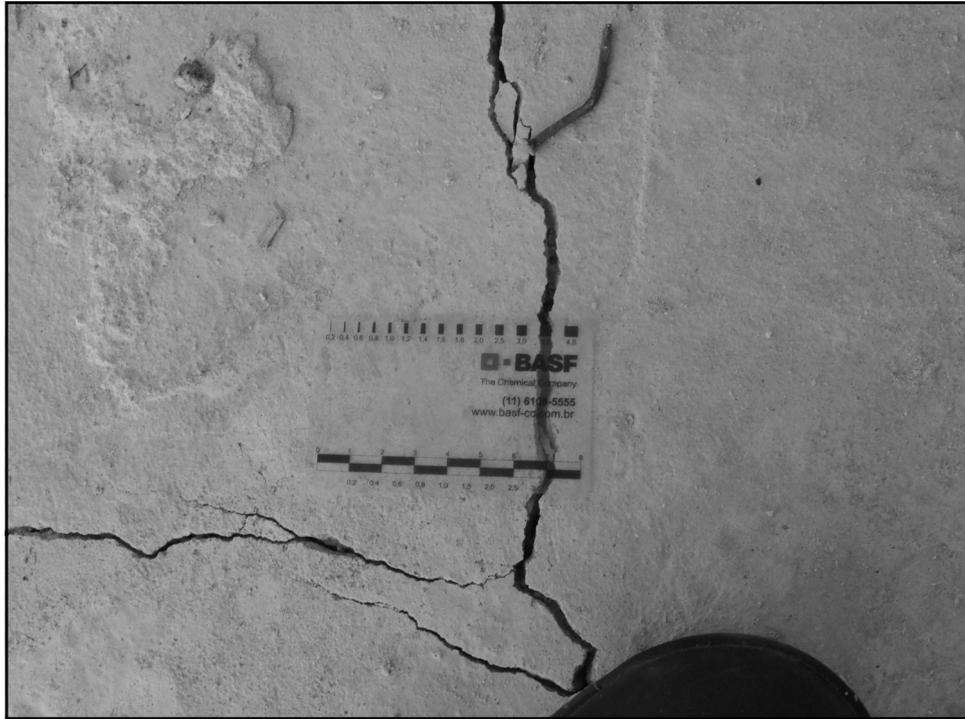
26



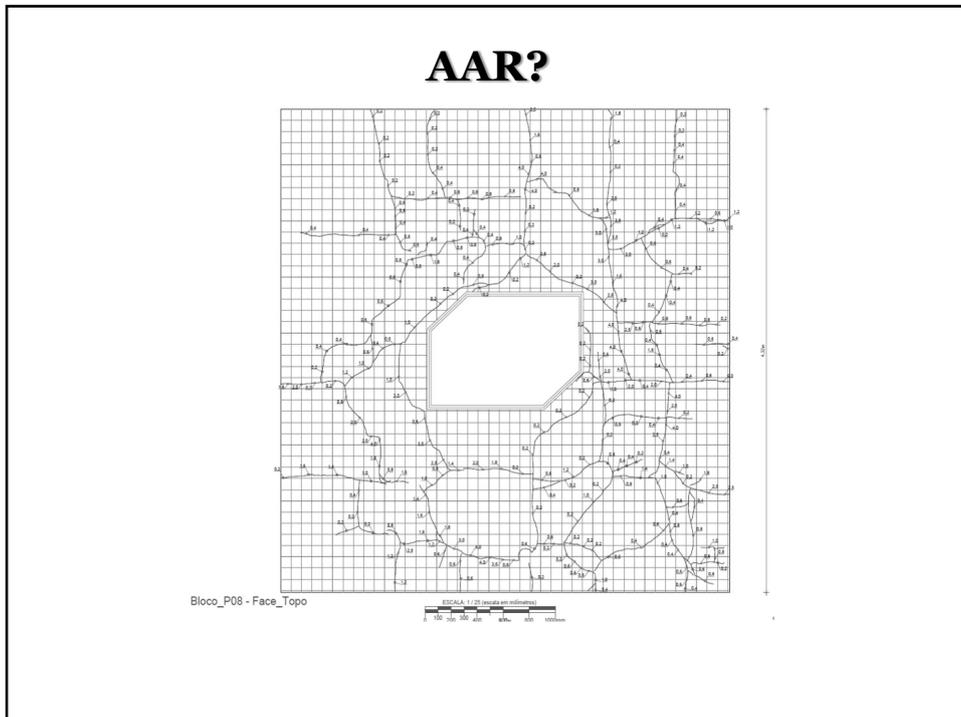
27



28

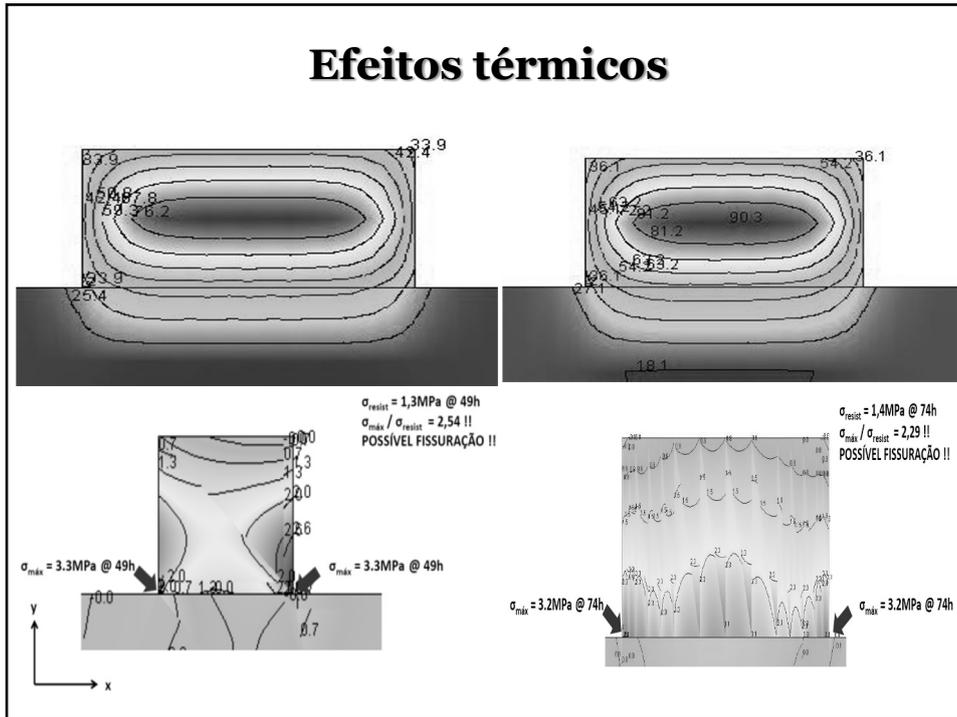


29



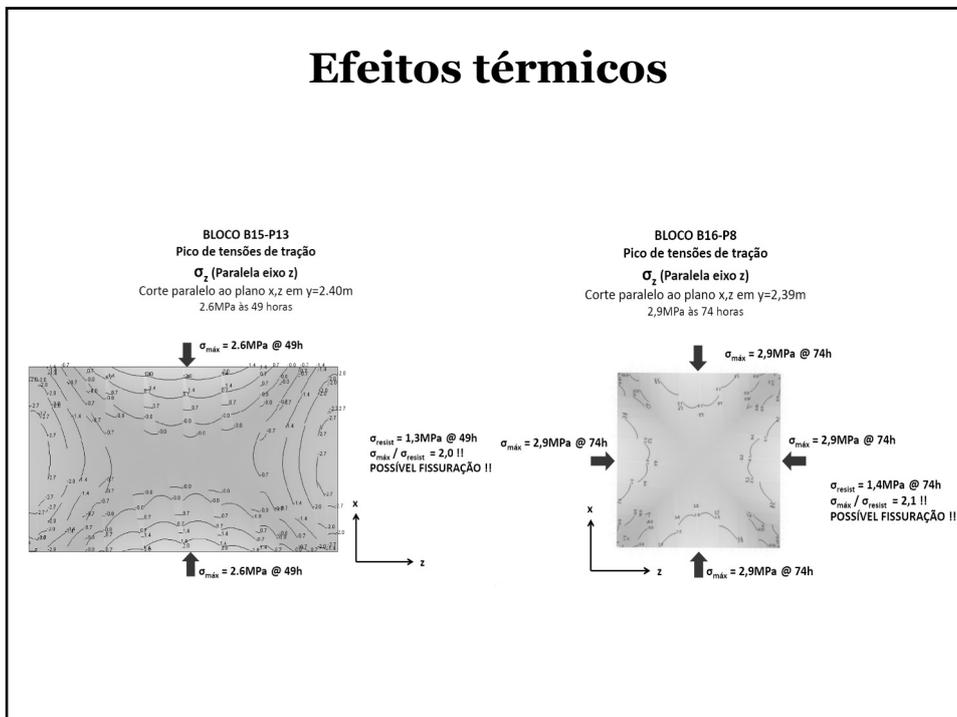
30

Efeitos térmicos



31

Efeitos térmicos



32

Solução

Injeção das fissuras e
reforço por confinamento
dos blocos de fundação

33



34



35



36



37



38



39



40

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11.2501.4822 / 23
11.9.5045.4940