

Recomendação ABECE 001:2011 Análise de Casos de Não Conformidade de Concreto



40.000m³ de Concreto Conforme
Edifício Eco Berrini
Construtora: HOCHTIEF do Brasil
Projeto Estrutural: JKMF

Avaliação da Segurança de Peças Construídas com Lotes de Concreto Não Conforme

As premissas básicas para as quais são válidas as recomendações deste texto são:

- *Controle por amostragem total;*
- *Mapeamento do lançamento do concreto;*
- *Obras convencionais de edificação;*
- *Recomendações válidas unicamente para verificação da segurança (questões comerciais requerem tratamento diferenciado do aqui apresentado).*

Tendo ocorrido lotes não conformes, ou seja com $f_{ck,est} < f_{ck}$, de acordo com a NBR 12655:2006, deverá ser feita a verificação do projeto para determinar se a parte da estrutura executada com esse lote pode ser considerada aceita, levando em conta os valores obtidos nos ensaios de controle.

Em caso negativo, deverá ser feita uma nova análise estrutural pelo engenheiro responsável pelo projeto da estrutura, com o objetivo de verificar o atendimento dos estados limites último e de serviço das peças estruturais construídas com esse lote, levando em conta as resistências obtidas por meio de ensaio de testemunhos extraídos da estrutura de acordo com a NBR 7680 (atualmente em revisão).

Deve-se evitar extrair testemunhos de lajes. Sempre que houver necessidade de investigar a resistência do concreto de lajes, deve-se procurar fazer a extração de alguma viga que foi concretada junto com a laje.

Não há necessidade de se extrair testemunhos de todas as peças estruturais em estudo.

Não há motivo para se extrair mais de um testemunho de um mesmo local, pois eventuais defeitos dos testemunhos extraídos serão visíveis e, quando houver dúvidas, sempre poderá ser extraído um novo testemunho nas imediações daquele que possa estar sob suspeição.

Os equipamentos empregados para extração deverão estar bem calibrados evitando vibrações excessivas, falta de paralelismo das faces e outros defeitos nos testemunhos. Além disso, as armaduras deverão ser preservadas por meio da correta locação com uso de pacômetro de precisão ou, eventualmente, remoção parcial do cobrimento para identificar o real posicionamento das barras.

No caso de pilares, se houver a necessidade da retirada de mais de um testemunho, os mesmos deverão estar no mesmo prumo, para não reduzir exageradamente uma seção da peça, e afastados entre si pelo menos um diâmetro do testemunho, dando preferência a extrair do terço médio logo acima do fim das barras de traspasse.

Recomenda-se que o laboratório responsável pelas extrações faça parte da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio.

De cada betonada (caminhão) sob suspeição deverá ser extraído o número mínimo de 3 testemunhos homogeneamente distribuídos. A resistência característica de cada betonada para efeitos de verificação da segurança estrutural pode então ser estimada por:



$$f_{ck,est}^* = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot f_{cm,ext}$$

Onde:

$f_{ck,est}^*$ = resistência característica estimada para verificação da segurança.

$f_{cm,ext}$ = resistência média dos testemunhos extraídos da betonada lançada.

C_1 = Coeficiente que leva em conta a eventual variabilidade do concreto de uma betonada. Não existe consenso sobre o valor a ser adotado. As discussões situam o valor entre 0,8 e 1,0.

A ABECE recomenda aos seus associados que sigam o especificado nas normas técnicas brasileiras, entretanto, como nas mesmas não há menção a este coeficiente, que seja adotado $C_1 = 1$.

Espera-se que o assunto seja discutido com possível revisão das normas pertinentes, por entender que este coeficiente deva ter um valor inferior a 1. Assumindo um coeficiente de variação das resistências na betoneira de 4% e transportando a resistência média para a correspondente ao quantil 5%, resulta $C_1 = 0,93$.

C_2 = Coeficiente que leva em conta os danos provocados no testemunho durante a extração e que tendem a diminuir a sua resistência. Não existe consenso sobre o valor a adotar, estando entre 1,0 e 1,15.

A ABECE recomenda aos seus associados que sigam o especificado nas normas técnicas brasileiras, entretanto, como nas mesmas não há menção a este coeficiente, que seja adotado $C_2 = 1$.

Espera-se que o assunto seja discutido com possível revisão das normas pertinentes por entender que este coeficiente deva ter um valor superior a 1 (da ordem de 1,06 em função dos trabalhos de pesquisa e normas estrangeiras existentes).

C_3 = Correção em função do crescimento da resistência considerado no coeficiente 0,85 empregado na NBR 6118 (ver tabela 1). Em casos específicos nos quais o concreto ensaiado foi expressivamente pré-carregado deve ser feita análise mais completa.



Tabela 1: Coeficiente C_3 para correção em função do crescimento da resistência considerado no coeficiente 0,85 empregado na NBR 6118:2003 e da idade de ensaio do testemunho.

Idade de Ensaio do Testemunho (dias)	Coeficiente C_3 de Correção em Função da Idade
28	1,00
29 a 35	0,98
36 a 42	0,96
43 a 49	0,95
50 a 63	0,94
64 a 70	0,93
71 a 84	0,92
85 a 105	0,91
106 a 140	0,90
141 a 182	0,89
183 a 252	0,88
253 a 365	0,87

Tabela 1

Resultados com discrepância superior a 10% em relação à média dos resultados ($f_{cm,ext}$) deverão ser estudados com cuidado especial. A critério do responsável pela análise, poderão ser ensaiados testemunhos suplementares, realizados ensaios não destrutivos comparativos ou considerada uma nova subdivisão do concreto lançado.

Deverá ser feita a verificação das peças considerando o seu $f_{ck,est}^*$ e dividindo ainda o coeficiente de minoração da resistência do concreto γ_c por 1,1 de acordo com o item 12.4.1. da NBR 6118:2003, ou seja, para combinações normais $\gamma_c = 1,27$.

Na avaliação de segurança de pilares, nos casos nos quais não exista confinamento total da seção na região das vigas

e lajes, deve-se considerar a menor das resistências entre a obtida na concretagem do lance do pilar e a de seu trecho superior, normalmente concretado juntamente com as vigas e lajes.

Caso o responsável pela análise julgue aplicável poderão ser empregadas as reduções de sobrecarga de uso e outras previstas nas normas brasileiras.

O Projetista de estrutura deverá alertar a construtora para a necessidade de uma investigação e análise das implicações da não conformidade na vida útil da estrutura, devendo, para isto, ser contratado um parecer de um consultor especializado.

O projetista deverá também recomendar à construtora a contratação de um tecnólogo de concreto para acompanhar e validar todo o trabalho de obtenção e ensaio dos testemunhos.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- ABNT NBR 5738 - Moldagem e cura de corpo-de-prova de concreto - Procedimento
- ABNT NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto - Procedimento
- ABNT NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento
- ABNT NBR 6120 - Cargas para cálculo de estruturas de edificações - Procedimento
- ABNT NBR 7680 - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Procedimento
- ABNT NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
- ABNT NBR 12655 - Concreto de Cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento
- ABNT NBR NM 33 - Concreto - Amostragem de concreto fresco
- ACI 214.4 R-10 - Guide for obtaining cores and interpreting compressive strength results
- ACI 318 M-08 - Building code requirements for structural concrete
- ACI 437 R-03 - Strength evaluation of existing concrete buildings
- CALAVERA, J. R. Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado. Intemac.
- CANOVAS, M. F. Patologia y Terapêutica Del Hormigón Armado. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Eurocode II. EN 1992. Design of Concrete Structures. General rules for buildings
- fib bulletin 2 v.2 - Structural concrete, updating CEB/FIP model code 90
- fib bulletin 54 v.4 - Textbook on Behavior, Design and Performance. Structural Concrete
- Helene, P. R. L. Análise da Resistência à Compressão do Concreto em Estruturas Acabadas com Vistas à Revisão da Segurança. Revista ALCONPAT n.1.
- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08, Real Decreto 1247/2008.
- REVUELTA, C. D. Resistencia a Compresión del Hormigón Mediante Probetas Testigo. Revista Cemento-Hormigón n. 935.
- FUSCO, P. B. . Estruturas de Concreto - Fundamentos Estatísticos da Segurança das Estruturas. Universidade de São Paulo, MCGRAW-HILL.
- Neville, A.M. Properties of Concrete. Longman.



REGIONAIS

- Belém/PA
- Belo Horizonte/MG
- Brasília/DF
- Curitiba/PR
- Fortaleza/CE
- Goiânia/GO
- Manaus/AM
- Natal/RN
- Porto Alegre/RS
- Recife/PE
- Rio de Janeiro/RJ
- Salvador/BA
- São Paulo/SP
- SC/Leste
- SP/Central

Av. Brig. Faria Lima, 1993
6º and. Conj. 61
CEP 01452-001 - São Paulo - SP
Tel.: (11) 3938-9400
Fax: (11) 3938-9407
abece@abece.com.br
www.abece.com.br
http://twitter.com/abece_abece

