

ENSAIOS DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA DE CONCRETO E DE EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHO – COMPARATIVO

EMMANUEL INÁCIO DA SILVA*¹, ANELISE KAROLINE DE LIMA²; LUANA RAFAELA SILVA PONTES³;
MARIA RAFAELA DE ALMEIDA PINHEIRO⁴; DIONE LUIZA DA SILVA⁵

¹Graduando em Engenharia civil, UNINASSAU, Recife-PE, emmanuel.is@hotmail.com

²Graduanda em Engenharia civil, UNINASSAU, Recife-PE, anelisekarol@gmail.com

³Tecnóloga em Construção de edifício, UNINASSAU, Recife-PE, luanapontes272@gmail.com

⁴Graduanda em Engenharia civil, UNINASSAU, Recife-PE, m.rafaelapinheiro@yahoo.com.br

⁵Mestranda em Engenharia Civil, UPE, dione_luiza@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Sabe-se que a construção civil é um dos setores mais relevantes para economia brasileira. No entanto, observa-se que este setor apresenta uma série de problemas decorrentes das etapas do processo construtivo e com isso anualmente há um custo considerável para resolução deles. Tem sido verificado com frequência nas obras de construção civil a não conformidade de concretos produzidos para as estruturas, que tem se manifestado por falhas verificadas por parte das construtoras e também das centrais dosadoras. Este trabalho objetiva analisar a não conformidade de concretos produzidos para uma Edificação A localizada no litoral pernambucano. Portanto, observou-se os ensaios de resistência à compressão de corpos de prova e de extração de testemunho para verificar a manifestação da não conformidade do concreto. Os resultados mostraram que 5 (cinco) lotes ensaiados apresentaram a não conformidade aos 28 dias de cura e o projetista solicitou contraprova para 2 (dois) desses lotes. Foi constatado uma disparidade de 33% e 37% entre os corpos de prova moldados que apresentaram uma resistência abaixo do solicitado em projeto e a extração de testemunho com retroação para 28 dias que apresentou uma resistência maior para cada lote avaliado. O setor de Qualidade da construtora foi acionado juntamente com os setores de Produção e Projetos para elaborarem um plano de ação para tratamento da causa raiz da manifestação desse problema.

PALAVRAS-CHAVE: Não conformidade, resistência, plano de ação, melhoria contínua.

BODIES OF COMPRESSION TESTS OF CONCRETE EVIDENCE AND TESTIMONY OF EXTRACTION – COMPARATIVE

ABSTRACT: It is known that the construction industry is one of the most important sectors in the Brazilian economy. However, it is observed that this sector presents a number of problems resulting from the stages of the construction process and this year there is a considerable cost to resolve them. It has been observed frequently in construction works not concrete produced according to the structures, which has been manifested by the shortcomings found by the builders and also the metering stations. This work aims to analyze the non-specific compliance produced for Building A located on the coast of Pernambuco. Therefore, there was strength tests to compression-proof bodies and witness extraction to verify the manifestation of non-conformity of concrete. The results showed that five (5) tested batches showed non-compliance after 28 days of healing and the designer requested rebuttal to two (2) such lots. a disparity of 33% and 37% was observed between the molded test specimens that showed a resistance below the requested project and the testimony of extraction that showed a higher resistance for each evaluated batch. The construction quality sector was driven along with the sectors of production and projects to develop a plan of action to treat the root cause of the manifestation of this problem.

KEYWORDS: Non-compliance, resistance, action plan, continuous improvement.

INTRODUÇÃO

O concreto utilizado nas estruturas da construção civil deve ser produzido com vistas a obter o resultado de resistência a compressão para o qual foi projetado, seguindo as orientações de preparo, controle e recebimento conforme ABNT NBR 12655 (2015). Para verificar se a resistência projetada foi alcançada, os corpos de prova devem ser moldados conforme ABNT NBR 5738 (2015) e ensaiados de acordo com a ABNT NBR 5739 (2007), que trata do ensaio de resistência à compressão do concreto. Se os resultados obtidos neste ensaio estiverem abaixo do solicitado em projeto o lote do concreto em questão será classificado como “não conforme” e deverá ser iniciado imediatamente um plano de ação para tomada de decisão do tratamento mais adequado para esse lote (ABECE, 2015).

A NBR 7680 (2015) orienta que seja realizada a extração do testemunho para avaliação da segurança estrutural, porém que seja bem planejada em alinhamento com os setores envolvidos no processo e o engenheiro civil que detém a responsabilidade técnica frente aos projetos e cálculos da estrutura da obra. De forma a evitar extrações desnecessárias deve-se utilizar do projeto executivo da estrutura concretada e elaborar um mapa de rastreabilidade do concreto que auxilie na identificação do lote. É indicado que o laboratório responsável pelo o controle tecnológico da obra não seja o mesmo que fará a análise de contraprova (ABECE, 2015).

A resistência pode ser definida como a habilidade de um material a resistir a determinados esforços sem que haja a ruptura. Tensões de compressão e tração são aplicadas sobre moldes de concreto para verificar sua resistência final. Quando essa tensão alcança seu valor máximo sem que haja a ruptura é determinada a resistência do material. Comumente, antes de expor o corpo de prova do concreto aos ensaios, ele já apresenta microfissuras, porém não são representativas, pois, possivelmente, são decorrentes da retração por secagem (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Esse trabalho visa analisar os resultados não conformes obtidos através dos ensaios de compressão de corpo de prova de concreto aos 28 dias e compará-los com os resultados das extrações da mesma peça onde o concreto, possivelmente não conforme, foi lançado. Utilizando os métodos de desvio máximo e retroação faz uma breve introdução sobre ação corretiva da causa-raiz da não conformidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um estudo de caso numa Edificação A localizada na Região Metropolitana do Recife (RMR), a região é classificada com nível de agressividade IV, segundo ABNT NBR 6118 (2014). A Edificação A é composta por 13 pavimentos e foi projetada para uso residencial, sendo 4 apartamentos por pavimento. O sistema estrutural escolhido para Edificação A foi o concreto armado de 40MPa. O estudo de caso teve enfoque no processo de recebimento do concreto usinado na obra e moldagem dos corpos de prova. Posteriormente, após resultados insatisfatórios quanto ao solicitado em projeto a respeito da resistência à compressão, foram extraídos testemunhos das peças concretadas de acordo com a NBR 7680 (2015), para análise de contraprova solicitada pelo o projetista responsável.

Um plano de concretagem foi utilizado antes da solicitação do concreto à central dosadora a fim de evitar desperdício e garantir o fornecimento da quantidade ideal estrutura, conforme orienta a NBR 12655 (2015). Cada caminhão betoneira transportava 8m³ de concreto, exposto a Tabela 1.

Tabela 1. Volume de concreto utilizado na obra durante o período em que foi realizado o estudo.

Total de Betoneiras no Período	Volume (m ³) / Betoneira	Volume (m ³) Total no Período
120	8	960

Um total de 960m³ de concreto foi utilizado em parte da superestrutura da Edificação A, durante os meses de março e abril de 2016, período em que foi realizado o estudo.

A amostragem retirada de cada caminhão-betoneira era o equivalente para o ensaio de abatimento e moldagem dos corpos de prova cilíndricos que, como determina a ABNT NBR 5738 (2015) devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro utilizado nos moldes para essa obra

foi de 10cm. As medidas diametrais têm tolerância de 1 % e a altura de 2 %. Para cada recebimento foram moldados dois corpos de prova para submetê-los a cura submersa por 28 dias, totalizando 240 unidades. Passado o período de cura, o maior dos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão era utilizado como referencial para tomada de ação, conforme orienta a ABNT nas NBR's 12655 (2015) e 5738 (2015).

O responsável pela a execução elaborou um mapa de rastreabilidade do concreto lançado a fim de registrar a peça que estava sendo concretada, o tipo do concreto entregue, identificação do caminhão-betoneira, data e hora da entrega do concreto, a resistência solicitada em projeto, o valor obtido através do ensaio de abatimento, nome do responsável que recebeu o concreto e número da nota fiscal. Esta identificação tem por objetivo garantir a correspondência inequívoca entre projetos, produtos, serviços e registros gerados, evitando erros (PBQP-H SIAC NÍVEL A, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período em que a obra foi acompanhada foram analisados 23 relatórios cedidos pelo setor de qualidade da construtora, sendo constatadas 5 não conformidades nos ensaios, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade de corpo de prova conforme, não conforme e solicitações do calculista.

CP Referencial Conforme	CP Referencial Não Conforme	Solicitação de Contraprova
120	5	2

O concreto que apresentou não conformidade foi lançado em mais de uma peça estrutural. A NBR 7680 (2015) determina que, nesse caso, sejam extraídos 3 testemunhos de cada lote. O engenheiro calculista responsável pelo projeto foi consultado e solicitou extração para 2 desses resultados, um total de 6 testemunhos. Foi utilizado o detector de armaduras para que a mesma não fosse danificada no momento da extração. O concreto do Lote 1 foi lançado em pilares, vigas e lajes e o Lote 2 em pilares e lajes. Os testemunhos foram extraídos com diâmetro de 75mm, sendo 4 (quatro) em dois pilares de 1,20m x 0,35m x 2,80m e 2 (dois) em duas lajes maciças de 15cm de espessura, não foram extraídos testemunhos das vigas devido a grande densidade da armação disposta na peça.

Na Tabela 3 é possível identificar os resultados dos ensaios dos CP's não conformes em que o projetista solicitou contraprova e os valores obtidos através dos ensaios de compressão dos testemunhos extraídos com idade de 61 dias calculados individualmente utilizando os coeficientes de correção encontrados no item 6.1 da NBR 7680 (2015), bem como a média dos resultados para verificar o desvio máximo. Os ensaios de contraprova foram realizados por laboratório externo acreditado pelo Inmetro, não sendo o mesmo que realizou os ensaios dos corpos de prova, tendo em vista uma análise comparativa eficaz para a ação corretiva.

Tabela 3 – Análise do desvio máximo entre os resultados dos ensaios de resistência à compressão das extrações de testemunho.

Lote	Fck do CP de 28 dias	Fck de Extração aos 61 dias	Média dos resultados individuais de extração (MPa)	Desvio máximo
1	33,5	57,6	56,3	10%
		50,8		
		60,4		
2	33,6	62,2	60,1	7%
		62,4		
		55,7		

Os testemunhos referentes ao lote 1 alcançaram a média de 56,3MPa e um desvio máximo de 10%, resultado abaixo do que a NBR 7680 (2015) prescreve, um desvio de até 15% dos resultados individuais. Acima desse percentual é indicado o descarte dos resultados e uma análise detalhada do lote e do mapa de rastreabilidade para que uma nova extração seja realizada.

De posse dos relatórios emitidos pelo o laboratório externo de controle tecnológico do concreto, o engenheiro calculista descartou a ação corretiva na peça concretada. Porém, identificou uma disparidade no lote 2 de 37% entre os resultados de retroação de contraprova aos 28 dias e o corpo de prova moldado no momento do recebimento do concreto e rompido aos 28 dias expressos na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparativo entre os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova aos 28 dias e de retroação para 28 dias dos testemunhos extraídos aos 61 dias.

Lote	Fck do CP de 28 dias	Retroação dos resultados de extração para 28 dias (MPa)	Média de retroação para 28 dias	Percentual de disparidade - Fck CP de 28 dias x Fck retroação para 28 dias
1	33,5	50,9	49,8	33%
		45		
		53,4		
2	33,6	55,1	53,2	37%
		55,2		
		49,3		

O setor de Qualidade da construtora foi acionado juntamente com os setores de Produção e Projetos para elaborarem um plano de ação para tratamento da causa raiz da não conformidade. Utilizando o método de diagrama de Ishikawa, foram identificadas possíveis causas e efeitos, a saber: falha no processo de moldagem, insuficiência na câmara úmida ou no processo de cura no tanque da obra, transporte indevido dos corpos de prova ou a prensa do laboratório responsável pelos ensaios de resistência à compressão estava fora dos padrões de calibração.

CONCLUSÃO

É visto que a resistência real obtida através de extração de testemunho foi representativa e a não conformidade detectada no ensaio de resistência à compressão do corpo de prova permitiu uma ação corretiva no processo de recebimento do concreto e moldagem do CP e uma ação de melhoria no que diz respeito ao acompanhamento mensal do técnico de qualidade da construtora no laboratório responsável pelo o controle tecnológico do concreto, de forma a reduzir o risco de ocorrer falhas.

Cabe ressaltar que quanto maior o controle no processo de execução da estrutura, desde a produção do concreto na usina até o acompanhamento dos ensaios, maior será a garantia de que a resistência solicitada em projeto será atendida e evitará impactos no custo final da obra com ações corretivas e manifestações patológicas.

Esse trabalho traz o registro da rotina de uma obra que pode servir de parâmetro para trabalhos futuros, bem como oferece índices para análise de indicadores quanto ao comportamento do concreto e suas não conformidades.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE). Recomendação ABECE 001:2015: Análise de Casos de Não Conformidade de Concreto. 2015.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR-12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. 2015.
- _____. NBR-5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. 2015.

- ____NBR-7680-1: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial. 2015.
- ____NBR-6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 2014.
- ____NBR-5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. 2007.
- Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 2008.
- Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade – Habitat (PBQP-H). SIAC nível A: Sistema de avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras da construção civil. Brasília: 2012.