NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR 7680-1

Primeira edição
28.01.2015

Válida a partir de
28.02.2015

Versão corrigida
06.02.2015

Concreto — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial

Concrete — Sampling, preparing, testing and result analysis of concrete cores Part 1: Axial compressive strength

ICS 91.100.30

ISBN 978-85-07-05406-1

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 7680-1:2015
24 páginas

© ABNT 2015

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

© ABNT 2015
Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT
Av.Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 3974-2346
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Sumário

Página

Prefácio v
1 Escopo 1
2 Referências normativas 1
3 Campo de aplicação e exigências gerais 2
3.1 Generalidades 2
3.2 Extração de testemunhos de estruturas em execução 2
4 Extração 3
4.1 Equipamento de extração 3
4.2 Amostragem 3
4.2.1 Formação de lotes 3
4.2.2 Escolha dos locais da estrutura para realizar a extração de testemunhos 4
4.2.3 Escolha das dimensões dos testemunhos a serem extraídos 5
4.2.4 Corte e retirada dos testemunhos 5
4.2.5 Integridade dos testemunhos 6
4.3 Documentação do procedimento de extração 6
4.4 Reparo dos locais de extração dos testemunhos 7
4.5 Preparo dos testemunhos 7
4.5.1 Dimensões dos testemunhos 7
4.5.2 Corte dos testemunhos 7
4.5.3 Caracterização dos testemunhos e preparação dos topos 7
4.5.4 Condições de umidade 8
4.6 Determinação da resistência à compressão 8
4.6.1 Procedimentos 8
4.6.2 Relatório da extração e do ensaio 8
5 Análise 9
5.1 Conceitos relevantes 9
5.2 Coeficientes de correção 10
5.2.1 Generalidades 10
5.2.2 Relação h/d (k_1) 10
5.2.3 Efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho (k_2) 11
5.2.4 Direção da extração em relação ao lançamento do concreto (k_3) 11
5.2.5 Efeito da umidade do testemunho (k_4) 11
6 Cálculo dos resultados pelo laboratório 11
6.1 Avaliação da resistência à compressão do concreto da estrutura 11
6.2 Cálculos 12
7 Cálculos e critérios de avaliação para aceitação do concreto e recebimento da estrutura 12
7.1 Recebimento da estrutura ou avaliação da segurança estrutural 12
7.1.1 Recebimento da estrutura 12
7.1.2 Avaliação da resistência do concreto para fins de verificação da segurança estrutural 12

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

7.1.3 Ensaio de prova de carga da estrutura 13
7.1.4 Não conformidade final 13
7.2 Avaliação da resistência do concreto entregue para fins de sua aceitação 13
8 Interpretação dos resultados 14
9 Relatório da análise 14
Anexo A (informativo) Reparo dos locais de extração 15
A.1 Preparo e limpeza de substrato 15
A.2 Preenchimento do furo 16
A.3 Material de reparo 17
A.4 Controle da qualidade 18
Anexo B (normativo) Montagem de corpos de prova para o ensaio à compressão, a partir de testemunhos extraídos de dimensões reduzidas 19
B.1 Condições de uso 19
B.2 Extração de testemunhos 19
B.3 Tipos indicados de montagem 19
B.4 Montagem dos corpos de prova 21
B.5 Cura das argamassas de consolidação 22
B.6 Verificação da resistência da argamassa de consolidação 22
B.7 Informações complementares 22
Bibliografia 23

Figuras

Figura 1 – Fluxograma da análise dos resultados da extração 14
Figura A.1 – Sequência de execução do reparo via *dry pack* 17
Figura B.1 — Esquema de montagem do corpo de prova tipo I 19
Figura B.2 – Esquema de montagem do corpo de prova tipo II 20
Figura B.3 – Esquema de montagem do corpo de prova tipo III 20
Figura B.4 – Esquema de montagem do corpo de prova tipo IV 20
Figura B.5 – Exemplo de guia metálica para montagem de corpos de prova 21

Tabelas

Tabela 1 – Mapeamento da estrutura, formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos 4
Tabela 2 – Valores de k_1 11
Tabela 3 – Valores de k_2 em função do efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho 11

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Ressalta-se que Normas Brasileiras podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os Órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar outras datas para exigência dos requisitos desta Norma, independentemente de sua data de entrada em vigor.

A ABNT NBR 7680-1 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (ABNT/CB-18), pela Comissão de Estudo de Métodos de Ensaios de Concreto (CE-18:300.02). O seu 1º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 10, de 02.10.2013 a 30.11.2013, com o número de Projeto 18:300.02-001/1. O seu 2º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 10, de 16.10.2014 a 15.11.2014, com o número de 2º Projeto 18:300.02-001/1.

Esta versão corrigida da ABNT NBR 7680-1:2015 incorpora a Errata 1 de 06.02.2015.

Esta Norma, sob o título geral "*Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto*", tem previsão de conter as seguintes partes:

— Parte 1: Resistência à compressão axial;

— Parte 2: Resistência à tração na flexão.

Esta Norma cancela e substitui a ABNT NBR 7680:2007.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard (all parts) establishes the requirements for extraction, preparation, testing and analysis of concrete cores from structures.

This Part of the Standard deals specifically with the axial compressive strength.

The results obtained by the procedure set out in this Part 1 can be used:

a) in cases of non-compliance of concrete strength criteria of ABNT NBR 12655;

b) to review the structural safety inspections and analysis of structures submitted to retrofit, renovation, change of use, fire, accidents, partial collapses, and other situations where the compressive strength of the concrete must be known.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Concreto — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto
Parte 1: Resistência à compressão axial

1 Escopo

Esta Norma (todas as partes) estabelece os requisitos exigíveis para os processos de extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto.

Esta Parte 1 da ABNT NBR 7680 trata especificamente das operações relativas à resistência à compressão axial de corpos de prova cilíndricos de concreto.

Os resultados obtidos pelo procedimento estabelecido nesta Parte 1 da ABNT NBR 7680 podem ser utilizados:

a) para aceitação definitiva do concreto, em casos de não conformidade da resistência à compressão do concreto com os critérios da ABNT NBR 12655;

b) para avaliação da segurança estrutural de obras em andamento, nos casos de não conformidade da resistência à compressão do concreto com os critérios da ABNT NBR 12655;

c) para verificação da segurança estrutural em obras existentes, tendo em vista a execução de obras de *retrofit*, reforma, mudança de uso, incêndio, acidentes, colapsos parciais e outras situações em que a resistência à compressão do concreto deva ser conhecida.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5738, *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*

ABNT NBR 5739, *Concreto – Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos*

ABNT NBR 6118, *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*

ABNT NBR 7211, *Agregados para concreto – Especificação*

ABNT NBR 7215, *Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão*

ABNT NBR 7584, *Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio*

ABNT NBR 8802, *Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica*

ABNT NBR 8953, *Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência*

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

ABNT NBR 9479, *Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos de prova*

ABNT NBR 9607, *Prova de carga em concreto armado e protendido – Procedimento*

ABNT NBR 9778, *Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica*

ABNT NBR 12655, *Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento*

ABNT NBR 14931, *Execução de estruturas de concreto – Procedimento*

ABNT NBR 15146-1, *Controle tecnológico de concreto – Qualificação de pessoal – Parte 1: Requisitos gerais*

ABNT NBR NM ISO 3310-1, *Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT)*

3 Campo de aplicação e exigências gerais

3.1 Generalidades

A extração de testemunhos de estruturas se aplica às situações previstas na Seção 1. Em todos os casos, sua realização depende da aprovação prévia de um engenheiro responsável.

Nos casos controversos que envolvam mais de um interveniente, a extração deve ser antecipadamente planejada em comum acordo entre as partes envolvidas (responsável pelo projeto estrutural, pela execução da obra, pela extração dos testemunhos e, quando for o caso, pela empresa de serviços de concretagem, entre outros).

Sempre que for considerada necessária, a realização de extração de testemunhos deve ser precedida de estudos com base nos documentos disponíveis (projetos, memórias de cálculo, memoriais descritivos e outros), de forma a balizar a obtenção de informações consistentes e evitar extrações desnecessárias, que podem minorar a capacidade resistente da estrutura em avaliação.

3.2 Extração de testemunhos de estruturas em execução

Aplicável quando a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) não for atingida a partir dos critérios previstos na ABNT NBR 12655 para aceitação automática do concreto no estado endurecido.

Neste caso, para evitar danos desnecessários à estrutura, antes da realização da extração, deve ser solicitado ao projetista estrutural que verifique a segurança estrutural a partir do valor da resistência característica à compressão estimada ($f_{ck,est}$), calculada com base nos resultados obtidos a partir dos ensaios dos corpos de prova moldados, conforme previsto na ABNT NBR 12655. Feita esta análise, tem-se duas possibilidades:

a) o resultado da análise é positivo: os requisitos de avaliação da segurança estrutural são considerados atendidos com a resistência, $f_{ck,est}$, obtida conforme a ABNT NBR 12655, para a estrutura ou parte dela. Neste caso, não é necessária a realização de extrações de testemunhos e o projetista estrutural aceita a nova resistência, $f_{ck,est}$, obtida;

b) o resultado da análise é negativo: deve ser feito um planejamento da extração de testemunhos, considerando os critérios desta Parte 1 da ABNT NBR 7680, em comum acordo com todas as partes envolvidas, conforme 3.1.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

4 Extração

4.1 Equipamento de extração

O equipamento utilizado para realizar a extração de testemunhos deve permitir a obtenção de amostras homogêneas e íntegras do concreto da estrutura.

Para extrair testemunhos cilíndricos, deve ser empregado um conjunto de extratora provido de cálice e coroa diamantada, ou outro material abrasivo equivalente, que possibilite realizar o corte dos testemunhos com as dimensões estabelecidas, sem danificar excessivamente a estrutura.

O equipamento deve possibilitar refrigeração à água do local do corte do concreto e minimizar vibrações, que devem ser evitadas para se obter paralelismo entre as geratrizes dos testemunhos extraídos e evitar ondulações em sua superfície.

4.2 Amostragem

4.2.1 Formação de lotes

4.2.1.1 Estruturas em execução

Este procedimento aplica-se no caso de dúvidas quanto à resistência à compressão axial do concreto aos critérios da ABNT NBR 12655.

O lote a ser analisado deve corresponder ao estabelecido na Tabela 1.

O lote deve abranger um volume de concreto que possibilite decidir sobre a segurança da estrutura, mas a extração de testemunhos deve ser tão reduzida quanto possivel, para evitar maiores danos aos elementos estruturais analisados.

Os lotes não identificados por mapeamento durante a concretagem (lotes sem rastreabilidade) podem ser mapeados por meio de ensaios não destrutivos. Pode ser utilizado qualquer procedimento confiável, sendo adequado empregar a avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão (ABNT NBR 7584) ou a determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica (ABNT NBR 8802).

Os métodos não destrutivos também podem ser utilizados para comprovar a homogeneidade do concreto em um lote identificado por mapeamento.

Todos os ensaios devem ser realizados por equipe competente, pois existem fatores que podem confundir as análises.

NOTA Diferentes alturas de ensaios, diferentes texturas superficiais (devido a formas), diferentes taxas de armaduras, pequenos cobrimentos, ou até mesmo diferenças na umidade interna do concreto, podem alterar os resultados de avaliações de ensaios não destrutivos.

Os requisitos relativos à formação de lotes para extração de testemunhos, em função do tipo de amostragem realizada para o controle de aceitação (ABNT NBR 12655), assim como a quantidade de testemunhos a serem extraídos de cada lote, estão estabelecidos na Tabela 1.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Tabela 1 – Mapeamento da estrutura, formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos

<table>
<tr><th rowspan="2">Tipo de controle (conforme ABNT NBR 12655)</th><th colspan="2">Mapeado (rastreabilidade)</th><th colspan="2" rowspan="2">Formação de lotes</th><th rowspan="2">Quantidade de testemunhos por lote [a]</th></tr>
<tr><th>No lançamento</th><th>Por ensaios não destrutivos</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Amostragem total</td><td rowspan="2">Sim</td><td rowspan="2">opcional</td><td rowspan="2">Cada lote corresponde ao volume de uma betonada ou de um caminhão-betoneira</td><td>Aplicado em um elemento estrutural</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Aplicado em mais do que um elemento estrutural</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Não</td><td rowspan="2">Sim</td><td rowspan="2">Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos [b]</td><td>Até 8 m^3</td><td>3 [c]</td></tr>
<tr><td>Maior que 8 m^3 e menor que 50 m^3</td><td>4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Amostragem parcial</td><td rowspan="2">Indiferente</td><td rowspan="2">Sim</td><td rowspan="2">Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos [b]</td><td>Até 8 m^3</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Maior que 8 m^3 e menor que 50 m^3</td><td>6</td></tr>
<tr><td>Casos excepcionais</td><td colspan="5">Vale o critério de amostragem parcial conforme ABNT NBR 12655 (concreto preparado na obra).</td></tr>
</table>

a Ver seção 6.

b Para o índice esclerométrico e velocidade de propagação de onda ultrassônica, recomenda-se que seja adotado como dispersão máxima do conjunto de resultados o intervalo de ± 15 % do valor médio.

c Em se tratando de um único elemento estrutural, a quantidade de testemunhos deve ser reduzida a dois, de forma a evitar danos desnecessários.

4.2.1.2 Estruturas existentes

Os requisitos relativos ao mapeamento, à formação de lotes e à quantidade de testemunhos a serem extraídos estão estabelecidos na Tabela 1. No caso de estruturas sem histórico do controle tecnológico, estas devem ser divididas em lotes, identificados em função da importância dos elementos estruturais que as compõem e da homogeneidade do concreto, que deve ser avaliada por meio de ensaios não destrutivos, conforme 4.2.1.1.

4.2.2 Escolha dos locais da estrutura para realizar a extração de testemunhos

O local para a extração de testemunhos em uma estrutura deve ser determinado por consenso entre o tecnologista de concreto, o construtor e o projetista da estrutura, de forma a reduzir os riscos de extração em locais inadequados. Devem ser obedecidas as seguintes condições:

a) a estrutura deve ser dividida em lotes, conforme 4.2.1;

b) os testemunhos devem ser extraídos a uma distância maior ou igual ao seu diâmetro com relação às bordas do elemento estrutural ou a juntas de concretagem;

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

c) a distância mínima entre as bordas das perfurações não pode ser inferior a um diâmetro do testemunho;

d) não podem ser cortadas armaduras. Para evitar este risco, deve ser usado um detector de metais (pacômetro), ou procedimento equivalente, ou prospecção por retirada do cobrimento;

e) em pilares, paredes e elementos verticais passíveis de sofrerem com maior intensidade o fenômeno de exsudação, deve-se realizar a extração dos testemunhos pelo menos 30 cm distante dos limites superior e inferior da etapa de concretagem do elemento estrutural e acima da região de traspasse das barras longitudinais;

NOTA Caso seja necessário estimar a resistência do concreto no topo do pilar, quando de concretagens realizadas em duas etapas, em conjunto com vigas e lajes, recomenda-se que a extração seja realizada na viga contigua, em local sugerido pelo autor do projeto estrutural.

f) quando da extração de mais de um testemunho no mesmo pilar, estes devem ser retirados na mesma prumada, obedecendo à distância mínima entre furos. Recomenda-se que a redução da seção transversal de um pilar pelo furo deixado pelo testemunho extraído seja sempre inferior a 10 %. A segurança estrutural deve ser assegurada em todas as etapas (antes, durante e após a extração) e, quando necessário, com o uso de escoramentos.

4.2.3 Escolha das dimensões dos testemunhos a serem extraídos

O diâmetro de um testemunho cilíndrico utilizado para determinar a resistência à compressão deve ser pelo menos três vezes a dimensão máxima característica do agregado graúdo contido no concreto e preferencialmente maior ou igual a 100 mm. No caso de elementos estruturais cuja concentração de armaduras torne inviável a extração de testemunho de diâmetro igual ou superior a 100 mm, sem danificar a armadura, permite-se a extração de testemunho com diâmetro igual a 75 mm.

A relação altura/diâmetro dos testemunhos cilíndricos deve ser o mais próxima possível de dois, após preparo (conforme 4.2.4), obedecendo sempre a seguinte condição:

$$1 \leq h/d \leq 2$$

onde

h é a altura do testemunho;

d é o diâmetro do testemunho.

Em casos específicos, podem ser utilizados testemunhos de diâmetro menor que 75 mm e igual ou maior que 50 mm, desde que acordado entre as partes envolvidas. Neste caso, o número mínimo de testemunhos deve ser o dobro do estabelecido na Tabela 1.

4.2.4 Corte e retirada dos testemunhos

Na data da extração, o concreto deve ter resistência que permita a retirada do testemunho mantendo sua integridade, conforme 4.2.5.

A extração deve ser precedida de uma verificação experimental do posicionamento das armaduras, como, por exemplo, com a utilização de um detector de metais (pacômetro), concomitantemente com o estudo do projeto estrutural. Caso ocorra o corte involuntário de armaduras, este fato deve ser imediatamente informado ao projetista estrutural.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

A operação de extração deve ser realizada considerando as recomendações gerais de uso da aparelhagem previstas pelo fabricante do equipamento de extração.

A retirada do testemunho após o corte deve ser feita de forma que se provoque um esforço ortogonal ao eixo do testemunho, em seu topo, rompendo o concreto em sua base. Este esforço pode ser provocado pela introdução de uma ferramenta nas interfaces entre o testemunho e o orifício, em posições alternadas, usando a ferramenta como alavanca, com o necessário cuidado para não romper as bordas do testemunho.

4.2.5 Integridade dos testemunhos

Os testemunhos devem ser íntegros, isentos de fissuras, segregação, ondulações, e não podem conter materiais estranhos ao concreto, como pedaços de madeira. Testemunhos que apresentem defeitos como os citados devem ser descartados.

Podem ser aceitos testemunhos que contenham barras de aço em direção ortogonal (variando de 80° a 100°) desde que estas tenham diâmetro nominal máximo de 10 mm. Devem ser descartados testemunhos que contenham barras de armaduras cruzadas, na mesma seção, dentro do terço médio da altura do testemunho, ou falta de aderência da barra de aço ao concreto.

Sempre que possível, devem ser eliminadas as eventuais barras de armadura presentes nos testemunhos destinados ao ensaio de compressão.

Para comprovação da inexistência de corpos estranhos dentro dos testemunhos, pode ser utilizado ensaio não destrutivo tipo ultrassom, além da observação visual cuidadosa após ruptura e desagregação do testemunho. Quando da verificação de heterogeneidade do concreto e existência de alterações internas nos testemunhos, os resultados destes devem ser descartados.

Testemunhos que apresentam alterações internas (descontinuidades) e concreto heterogêneo indicam deficiências nas operações de concretagem da estrutura, que devem ser identificadas e relatadas, e podem servir ao objetivo de verificar a qualidade da execução, mas não servem ao propósito de medir a resistência à compressão do concreto.

4.3 Documentação do procedimento de extração

Cabe ao responsável pela extração dos testemunhos:

a) documentar com fotos o processo de extracão, identificando:

   — o testemunho extraído;

   — o posicionamento dos furos no elemento estrutural;

   — registrar e fotografar sinais de segregação na região da extração;

b) fazer um croqui de localização das extrações, identificando:

   — o elemento estrutural;

   — a distância entre furos, no caso de haver mais de um furo por elemento estrutural;

   — a locação do furo em planta e elevação.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

4.4 Reparo dos locais de extração dos testemunhos

A extração não pode prejudicar o desempenho estrutural e a durabilidade da construção.

A reconstituição do local da extração deve no mínimo restabelecer as condições iniciais da estrutura. Para tanto, o local da extração deve ser preenchido com concreto compatível com o especificado para o elemento estrutural e devem ser tomados os cuidados necessários para que o procedimento de reparo seja eficiente (ver Anexo A).

4.5 Preparo dos testemunhos

4.5.1 Dimensões dos testemunhos

Para a realização do ensaio de ruptura à compressão axial, os testemunhos a serem ensaiados não podem apresentar razão de esbeltez h/d superior a dois ou inferior a um, após a preparação das superfícies de ensaio, conforme 4.5.2. O diâmetro deve corresponder ao previsto em 4.2.3.

Quando o elemento estrutural que estiver sendo examinado apenas possibilitar a retirada de testemunhos com altura (h) menor que o diâmetro (d), permite-se adotar o que estabelece o Anexo B, registrando no relatório do ensaio o procedimento utilizado e a resistência à compressão da argamassa usada.

4.5.2 Corte dos testemunhos

Antes de caracterizar os testemunhos a serem ensaiados, estes devem ser cortados, utilizando serra diamantada dotada de refrigeração à água, ou equipamento equivalente, para:

a) correção da relação altura/diâmetro, conforme 4.2.3;

b) retirada de materiais estranhos, conforme previsto em 4.2.5, quando for o caso;

c) obtenção de paralelismo entre os topos e sua ortogonalidade com as geratrizes, conforme 4.5.3.

4.5.3 Caracterização dos testemunhos e preparação dos topos

Os testemunhos devem ter sua massa determinada e os topos preparados como previsto a seguir:

a) quando os topos dos testemunhos forem regularizados por retífica (conforme ABNT NBR 5739), a determinação de sua massa deve ser feita após o corte do testemunho e a retífica dos topos;

b) quando os topos dos testemunhos forem regularizados por capeamento (conforme ABNT NBR 5739), a determinação da massa deve ser feita após o corte dos testemunhos e antes do capeamento.

O diâmetro utilizado para o cálculo da área da seção transversal deve ser a média de duas medidas ortogonalmente opostas, realizadas na metade da altura do testemunho, com exatidão de 0,1 mm. O comprimento do testemunho deve ser a média de três determinações, realizadas com exatidão de 0,1 mm, em geratrizes aproximadamente equidistantes entre si. Essas medidas devem ser tomadas após a retífica dos topos. O volume dos testemunhos deve ser calculado a partir das medidas médias do diâmetro e da altura.

A massa dos testemunhos deve ser determinada por meio de balança com resolução mínima de 1 g.

Calcular a massa específica do concreto com aproximação de 1 kg/m^3, dividindo-se a massa do testemunho por seu volume, obedecendo os critérios de 4.2.3 durante a caracterização.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

NOTA É possível analisar a qualidade do processo de vibração (adensamento) do concreto pela diferença entre a massa específica do testemunho e a massa específica do concreto fresco, medida quando do recebimento ou informada a partir do estudo de dosagem, ou, ainda, determinada no concreto endurecido do corpo de prova moldado; caso essa diferença seja significativa, pode-se inferir que o concreto não foi adensado adequadamente, denotando deficiências na qualidade da execução da estrutura, que alteram significativamente a resistência à compressão do concreto. Nestes casos, convêm que sejam realizados ensaios complementares, como a determinação da porosidade, do índice de vazios e da massa específica do concreto, conforme a ABNT NBR 9778, pois pesquisas têm demonstrado que 1 % a mais no índice de vazios é responsável pela redução de 5 % a 7 % nos valores de resistência à compressão do concreto.

4.5.4 Condições de umidade

Quando o concreto da região da estrutura que está sendo examinada não estiver em contato com água, os testemunhos devem ser mantidos expostos ao ar, em ambiente de laboratório, por no mínimo 72 h, obedecendo aos critérios de temperatura da ABNT NBR 5738, e ensaiados no estado de equilíbrio que se encontrem.

Quando o concreto da região da estrutura que está sendo examinada estiver em contato com água, os testemunhos devem ser acondicionados em tanque de cura ou câmara úmida (ABNT NBR 9479), por no mínimo 72 h, sendo rompidos saturados, obedecendo aos critérios de temperatura da ABNT NBR 5738.

Caso essas condições não sejam cumpridas, o fato deve ser informado no relatório do ensaio.

4.6 Determinação da resistência à compressão

4.6.1 Procedimentos

Os testemunhos devem ser ensaiados de acordo com o estabelecido na ABNT NBR 5739, sendo determinada sua resistência de ruptura à compressão axial.

Testemunhos que não atendam ao previsto em 4.2.5 não podem ser ensaiados, pois não podem ser considerados para fins de avaliação da resistência à compressão do concreto. O fato deve ser registrado no relatório do ensaio.

Cada testemunho deve ser detalhadamente observado antes e após a ruptura, sendo carregado até sua total desagregação. Devem ser anotadas e documentadas com fotos todas as eventuais irregularidades observadas.

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão axial dos testemunhos extraídos devem ser identificados por $f_{ci,ext,inicial}$.

Esses resultados devem ser corrigidos pelos coeficientes k_1 a k_4, conforme as Seções 5 e 6, e os resultados obtidos, após essas correções, devem ser informados como $f_{ci,ext}$.

NOTA Recomenda-se que os ensaios e procedimentos descritos nesta Norma (todas as Partes) sejam realizados por laboratórios acreditados pelo Inmetro e seus profissionais qualificados conforme a ABNT NBR 15146-1.

4.6.2 Relatório da extração e do ensaio

O relatório da extração e do ensaio deve conter todas as informações especificadas na ABNT NBR 5739 e as seguintes:

a) indicação da localização dos testemunhos e dos elementos da estrutura;

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

b) data da extração;

c) data do ensaio;

d) dimensões do testemunho;

e) tempo e condição de estocagem do testemunho (4.5.4), até o momento do ensaio;

f) fotos do processo de extração;

g) croqui com locação do testemunho no elemento estrutural;

h) massa específica aparente dos testemunhos;

i) massa específica do concreto, quando for o caso;

j) fotos dos testemunhos;

k) existência de descontinuidades ou materiais estranhos ao concreto, conforme 4.2.5;

l) informação com relação a montagem do testemunho (Anexo B);

m) resultado de resistência obtido na ruptura de cada testemunho extraído ($f_{ci,ext,inicial}$);

n) resolução da escala da prensa utilizada na ruptura;

o) coeficientes de correção utilizados (k_1 a k_4), conforme 5.2.2 a 5.2.7;

p) resultado corrigido de resistência obtido na ruptura de cada testemunho extraído ($f_{ci,ext}$) (após correção pelos coeficientes k_1 a k_4, arredondado ao décimo mais próximo, expresso em megapascal (MPa).

5 Análise

5.1 Conceitos relevantes

Para a aceitação do concreto a partir dos resultados de testemunhos extraídos de uma estrutura, é necessário estabelecer critérios de comparação que corrijam as interferências dos processos construtivo (da estrutura) e de extração (do testemunho). As principais diferenças entre corpos de prova moldados e testemunhos a serem consideradas nessa correção são as seguintes:

a) as dimensões de testemunhos e de corpos de prova moldados podem não ser as mesmas;

b) o testemunho pode refletir deficiências do processo executivo;

c) o processo de extração gera o que se denomina de “efeito de broqueamento”, que ocorre em todos os casos de extração e é mais acentuado em testemunhos de menor diâmetro;

d) a direção da moldagem dos corpos de prova é a mesma da direção de aplicação da carga no ensaio de ruptura. Em testemunhos extraídos, a relação entre a direção do lançamento do concreto (vertical por gravidade) e a direção da aplicação da carga no ensaio de ruptura (normal à extração) pode não ser a mesma. No caso de testemunhos extraídos de pilares e vigas,

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

por exemplo, a aplicação da carga (no ensaio) é ortogonal à direção do lançamento do concreto (na estrutura), o que implica na correção dos resultados do ensaio, devido à orientação da rede capilar ser diferente no testemunho em cada um dos sentidos de extração;

e) na moldagem, o corpo de prova é adensado de forma enérgica e homogênea, o que nem sempre ocorre em todos os pontos da estrutura, havendo diferenças de adensamento entre os dois;

f) os resultados dos testemunhos são mais representativos da resistência real da estrutura;

g) a retirada precoce de escoramentos, em elementos submetidos a flexão, gera microfissuração no concreto, o que não se verifica em corpos de prova moldados e curados em condições ideais de preparação para o ensaio;

h) há locais na estrutura onde há risco de segregação do concreto por problemas de lançamento ou adensamento inadequado;

i) a cura dos corpos de prova moldados é realizada em câmara úmida ou estes são imersos em água e mantidos à temperatura controlada; já o concreto dos testemunhos pode ter sido retirado de um elemento estrutural que não recebeu cura adequada após a concretagem e que também foi submetido a um regime de temperatura diferente do ideal de laboratório;

j) a idade da ruptura dos corpos de prova moldados e dos testemunhos extraídos pode ser diferente, e testemunhos rompidos em idades mais avançadas podem apresentar resistência mais elevada que a do concreto ensaiado a 28 dias.

Com base no exposto, os resultados de resistência à compressão obtidos em ensaios de testemunhos devem ser corrigidos pelos coeficientes previstos em 5.2. Adicionalmente, para avaliação da resistência potencial do concreto, deve ser considerado o disposto em 7.2, e para verificação da segurança da estrutura, deve ser considerado o disposto em 7.1.2.

5.2 Coeficientes de correção

5.2.1 Generalidades

Os coeficientes previstos nesta Norma, quando aplicáveis, devem ser utilizados para corrigir as interferências nos resultados obtidos nos ensaios de resistência de testemunhos extraídos de estruturas devido aos fatores relacionados em 5.2.2 a 5.2.5 e aplicam-se aos resultados de testemunhos de estruturas de concreto de massa específica normal, compreendida no intervalo de 2 000 kg/m^3 a 2 800 kg/m^3, do grupo I de resistência (C20 a C50) e do grupo II de resistência (C55 a C100), conforme classificação da ABNT NBR 8953.

NOTA Recomenda-se manter os critérios desta Norma para estruturas existentes cujo grupo de resistência seja inferior a C20.

5.2.2 Relação h/d (k_1)

Quando a relação $h/d = 2$ não se verifica, o resultado de resistência à compressão do testemunho deve ser corrigido, sendo utilizado o coeficiente definido na Tabela 2. Esta correção deve ser informada no relatório do ensaio.

Para valores da relação altura/diâmetro compreendidos entre os constantes na Tabela 2, os coeficientes de correção podem ser obtidos por interpolação linear.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Tabela 2 – Valores de k_1

h/d	2,00	1,88	1,75	1,63	1,50	1,42	1,33	1,25	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00
k_1	0,00	–0,01	–0,02	–0,03	–0,04	–0,05	–0,06	–0,07	–0,08	–0,09	–0,10	–0,11	–0,12	–0,13	–0,14

5.2.3 Efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho (k_2)

O efeito deletério do broqueamento deve ser considerado em todos os casos e é maior quanto menor for o diâmetro do testemunho. Para levar em conta o efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho, emprega-se k_2 de acordo com a Tabela 3, sendo permitida interpolação dos valores. Esta correção deve ser aplicada sobre o resultado de ruptura de cada testemunho e informada no relatório do ensaio.

Tabela 3 – Valores de k_2 em função do efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho

Diâmetro do testemunho (d_t) mm	≤ 25	50[a]	75	100	≥ 150
k_2	Não permitido	0,12	0,09	0,06	0,04

[a] Neste caso, o número de testemunhos deve ser o dobro daquele estabelecido na Tabela 1.

5.2.4 Direção da extração em relação ao lançamento do concreto (k_3)

Cabe ao responsável pela extração informar ao laboratório de ensaio sobre a direção de extração com relação ao lançamento do concreto. Os corpos de prova devem ser ensaiados sempre que possível no sentido do lançamento do concreto. Para extrações realizadas no sentido ortogonal ao lançamento (como pilares, cortinas e paredes moldados no local), $k_3 = 0{,}05$. Para extrações realizadas no mesmo sentido do lançamento (como lajes), $k_3 = 0$.

5.2.5 Efeito da umidade do testemunho (k_4)

Antes do ensaio de ruptura, os testemunhos devem ser preparados conforme 4.5. Os corpos de prova devem ser rompidos saturados (neste caso, $k_4 = 0$). No caso de ensaio do testemunho seco ao ar, $k_4 = -0{,}04$. Esta correção deve ser aplicada ao resultado de ruptura e informada no relatório do ensaio.

NOTA Considera-se que o testemunho está saturado, quando for mantido em tanque de cura ou câmara úmida, e que está seco ao ar, se for mantido em ambiente de laboratório; essas duas situações estão detalhadas em 4.5.4.

6 Cálculo dos resultados pelo laboratório

6.1 Avaliação da resistência à compressão do concreto da estrutura

Considerando os coeficientes estabelecidos na Seção 5, é possível obter a resistência corrigida dos testemunhos extraídos, que, para os efeitos desta Parte 1 da ABNT NBR 7680, corresponde à resistência do concreto à compressão e pode, na maior parte dos casos, ser comparada ao resultado obtido em corpos moldados a partir do concreto no estado fresco, visando:

a) à sua aceitação no estado endurecido;

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

b) à comprovação dos resultados obtidos a partir dos corpos de prova moldados;

c) ao conhecimento da resistência real do concreto da estrutura, na idade do ensaio.

6.2 Cálculos

Cabe ao laboratório responsável pelo ensaio informar os resultados individuais de cada testemunho, corrigidos pelos coeficientes k_1 a k_4, de acordo com a equação a seguir:

$$f_{ci,ext} = [1+(k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] \times f_{ci,ext,inicial}$$

Para verificar a uniformidade dos resultados, calcular a média aritmética com os resultados individuais corrigidos. Caso os resultados tenham divergência em relação à média maior do que ± 15 %, este valor deve ser analisado com mais rigor, pois pode indicar que o testemunho não faz parte do lote examinado. Nesse caso, pode ser recomendável repetir a extração ou estudar uma nova subdivisão de lotes (ver Tabela 1). Este critério também pode ser utilizado para descartar resultados espúrios.

7 Cálculos e critérios de avaliação para aceitação do concreto e recebimento da estrutura

7.1 Recebimento da estrutura ou avaliação da segurança estrutural

7.1.1 Recebimento da estrutura

Esta Parte 1 da ABNT NBR 7680 não se aplica ao recebimento definitivo da estrutura. Para tanto, devem ser consultadas as ABNT NBR 6118, ABNT NBR 14931 e normas específicas em cada caso, considerando o previsto em 7.1.2 a 7.1.4.

7.1.2 Avaliação da resistência do concreto para fins de verificação da segurança estrutural

Para a avaliação da resistência do concreto a ser usada na verificação da segurança estrutural, devem ser considerados todos os resultados emitidos pelo laboratório de ensaios, já corrigidos pelos coeficientes k_1 a k_4.

A avaliação dos valores a serem considerados para comprovação da segurança estrutural deve ser realizada por profissional habilitado para tal.

A estimativa da resistência característica do lote para fins de verificação da segurança estrutural é dada pela média dos resultados individuais daquele lote, conforme a equação a seguir:

$$f_{ck,ext,seg} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_{ci,ext}}{n}$$

A resistência de projeto f_{cd} a ser usada na verificação da estrutura deve ser calculada, utilizando-se a minoração de γ_c prevista na ABNT NBR 6118.

Caso não se comprove a segurança estrutural a partir dos resultados dos testemunhos extraídos, podem ser realizadas novas avaliações com metodologias apropriadas, como prova de carga conforme previsto em 7.1.3, ou qualquer outro ensaio especial, em comum acordo entre as partes envolvidas, para aprimorar a análise da segurança estrutural e verificar a possibilidade de recebimento da estrutura. Caso não seja possível realizar novas avaliações com outra metodologia, devem ser tomadas as ações para restrição quanto ao uso, recuperação ou reforço da estrutura.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

7.1.3 Ensaio de prova de carga da estrutura

Quando indicada, a prova de carga deve ser realizada coforme a ABNT NBR 9607 e deve ser planejada procurando representar a combinação de carregamentos que se determinou na verificação analítica da não conformidade. No caso de não conformidade que indique a possibilidade de ruptura frágil, a prova de carga não é um recurso recomendável. Nesse ensaio, deve ser feito um monitoramento continuado do carregamento e da resposta da estrutura, de modo que esta não seja desnecessariamente danificada durante a execução do ensaio.

7.1.4 Não conformidade final

Constatada a não conformidade final de parte ou do todo da estrutura, deve ser escolhida e aplicada uma das seguintes alternativas:

a) determinar as restrições de uso da estrutura;

b) providenciar o projeto de reforço;

c) decidir pela demolição parcial ou total da estrutura.

7.2 Avaliação da resistência do concreto entregue para fins de sua aceitação

Para a avaliação da qualidade do concreto entregue, devem ser considerados todos os resultados emitidos pelo laboratório de ensaios, já corrigidos pelos coeficientes k_1 a k_4, conforme a equação a seguir:

$$f_{ci,ext,pot} = f_{ci,ext}$$

Para efeitos de aceitação do concreto, nos casos de não conformidade com os critérios da ABNT NBR 12655, deve ser considerado para comparação com f_{ck} o maior valor de resistência dos testemunhos extraídos de cada lote, $f_{c,ext,pot}$, corrigidos pelos coeficientes estabelecidos nesta Norma.

O concreto deve ser aceito quando se obedecer à seguinte relação:

$$f_{c,ext,pot} \geq f_{ck}$$

sendo $f_{c,ext,pot}$ o maior valor de $f_{ci,ext,pot}$ de cada lote.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

8 Interpretação dos resultados

O fluxograma da Figura 1 ilustra as etapas para obtenção dos resultados corrigidos a partir da ruptura dos testemunhos extraídos.

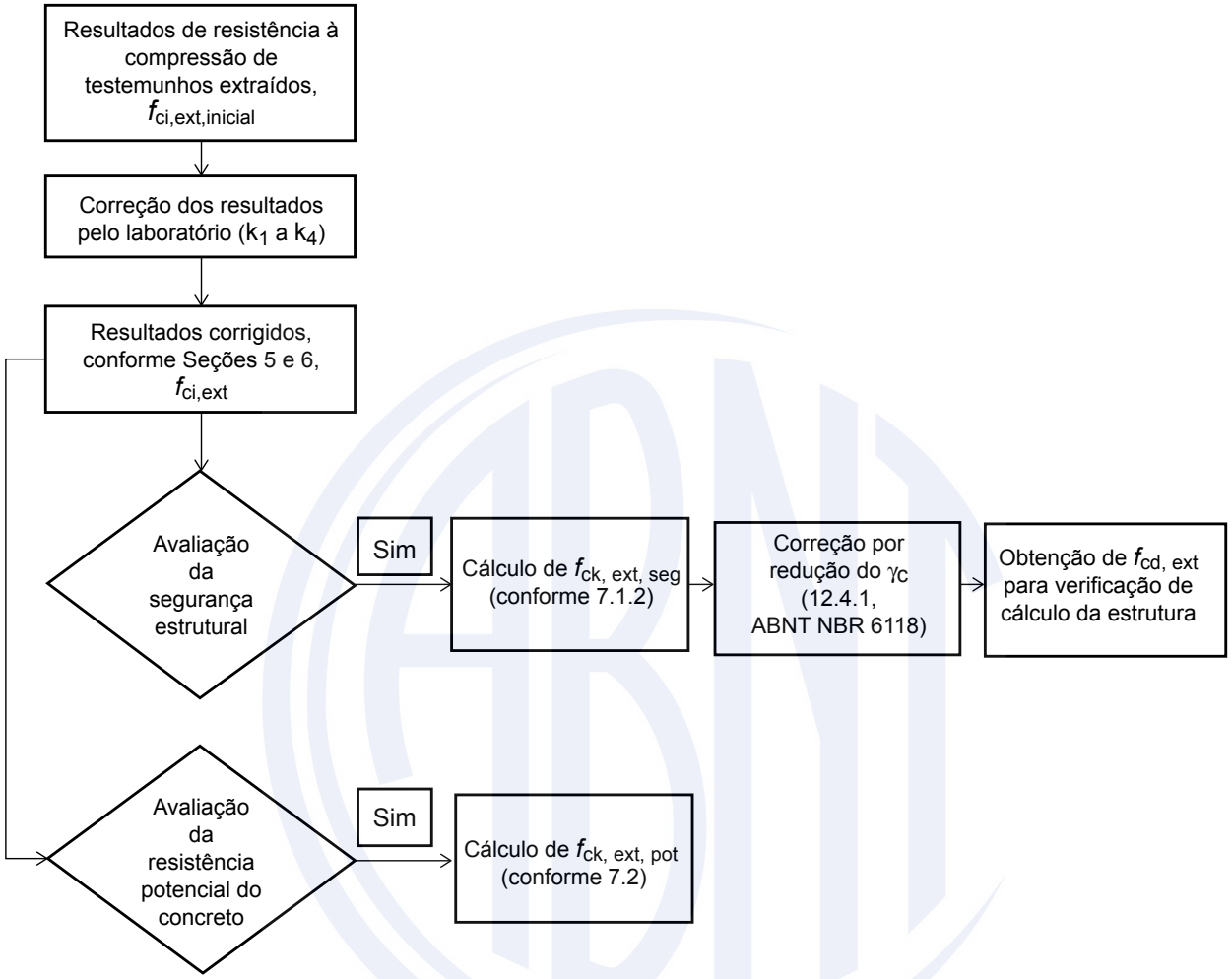


Figura 1 – Fluxograma da análise dos resultados da extração

9 Relatório da análise

O relatório final da análise dos resultados dos testemunhos deve ser elaborado por profissional habilitado e capacitado para tal e deve conter:

a) as informações da extração e do ensaio (ver 4.6.2);

b) o resultado de resistência de ruptura à compressão de cada um dos testemunhos extraídos, corrigidos conforme as Seções 6 e 7;

c) os coeficientes de correção aplicados (conforme Seção 5);

d) indicação de aceitação ou rejeição do lote de concreto examinado;

e) indicação de medidas complementares, quando necessárias.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Anexo A
(informativo)

Reparo dos locais de extração

Para garantir o desempenho estrutural e a durabilidade esperada da estrutura, deve-se realizar o fechamento e a recomposição adequada de todos os locais onde foram efetuadas a extrações de testemunhos de concreto por meio da recuperação da área afetada pelo furo.

Sempre que possível, o reparo do elemento estrutural, ou seja, o fechamento do furo da extração, deve ser feito o mais breve possível, evitando, desta forma, o ataque da estrutura por agentes danosos presentes no ambiente.

O procedimento apresentado neste Anexo é informativo e, portanto, outros procedimentos podem ser utilizados, desde que seja possível garantir que conduzem a resultados satisfatórios.

O reparo dos locais da extração e o procedimento a ser adotado devem ser realizados sempre com a anuência do projetista da estrutura e do responsável pela execução da obra ou preposto indicado por eles.

Este anexo não prevê a recomposição das armaduras de aço, que podem ter sido atingidas durante o processo de extração do testemunho, e tem como premissa que a região a ser reparada relaciona-se única e exclusivamente com a área atingida pelo processo de extração.

No caso da armadura ter sido seccionada pelo processo de extração, é necessário recuperar o elemento estrutural afetado por meio da emenda da barras de aço por traspasse, por emenda por solda, por luvas de pressão ou por ancoragem de novas barras. Em todos os casos o processo deve ser orientado por um projetista estrutural e pelo responsável pela execução da obra; além disso é necessário avaliar a área a ser recuperada para que o elemento ou a estrutura consiga atender aos objetivos previamente propostos na fase de concepção e cálculo.

A.1 Preparo e limpeza de substrato

A qualidade do reparo depende do adequado preparo e limpeza do substrato. Assim, esse processo deve ser executado com o maior cuidado possível, utilizando materiais e equipamentos apropriados e a melhor técnica possível, no intuito de eliminar detritos, poeiras e afins que podem atrapalhar no desempenho mecânico ou na durabilidade final do elemento estrutural reparado.

Entre as várias metodologias possíveis de serem executadas para o preparo do substrato, recomenda-se que pelo menos o preparo da superfície seja realizado com a limpeza do furo. Deve-se efetuar o lixamento com auxílio de lixa apropriada para concreto, ou escova de aço giratória, de modo a promover rugosidade no interior do furo para melhorar a aderência do concreto velho com o concreto a ser aplicado no fechamento do furo.

Em alguns casos, é preciso retirar o concreto remanescente anterior ao preparo do substrato; neste caso, recomenda-se o uso de técnicas que causem o menor dano possível à estrutura, como a escarificação manual. Não é aconselhável a utilização de procedimentos que não permitam o controle cuidadoso da área ou da profundidade da escarificação.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Antes de se iniciar o preenchimento do furo, sua superfície interna deve estar limpa e previamente saturada com água, até a condição de "*saturado superfície seca*", visto que esta condição propicia melhor aderência entre o concreto existente e o material de reparo.

A.2 Preenchimento do furo

A.2.1 Para recomposição dos furos horizontais de testemunhos extraídos, recomenda-se a utilização do procedimento de socamento de argamassa seca, também conhecido como *dry pack*. Para execução deste procedimento, são necessários os seguintes materiais:

a) cimento Portland;

b) agregado miúdo: conforme a ABNT NBR 7211;

c) agregado graúdo: com dimensão máxima característica variando entre 9,5 mm e 25,0 mm, conforme ABNT NBR 7211;

d) dosadores graduados;

e) balde metálico ou plástico;

f) luvas de borracha;

g) soquete cilíndrico de aproximadamente 25 mm de diâmetro;

h) desempenadeira metálica;

i) água.

É recomendável que, quando possível, sejam utilizadas argamassas pré-dosadas, de linha industrial, com adição de agregado graúdo, que atendam características de desempenho superiores às do concreto especificado.

A.2.2 O procedimento de recomposição consiste nas seguintes etapas:

a) preparo e saturação do substrato, conforme descrito em A.1;

b) dosagem da argamassa seca com utilização de cimento Portland e agregado miúdo na proporção de duas partes de cimento para uma de agregado miúdo, ou outra proporção definida pelo tecnologista de concreto. A água total da mistura deve equivaler a cerca de 10 % do volume de cimento, de modo a se obter uma argamassa de consistência seca, e com trabalhabilidade adequada para o seu manuseio;

c) a dosagem deve ser efetuada em balde metálico ou plástico, com auxílio das mãos devidamente protegidas por luvas de borracha;

d) após a dosagem da argamassa, em quantidade suficiente para se preencher o furo, deve-se realizar o preenchimento deste em camadas alternadas, sendo uma camada com espessura menor que 5 cm de argamassa seguida de uma camada de agregado graúdo, sendo este colocado de modo a se preencher toda seção do furo.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Depois de colocadas as primeiras camadas de argamassa e agregado graúdo, com auxílio do soquete cilíndrico, deve-se socar as camadas de modo que a camada de agregado graúdo seja empurrada para dentro da camada de argamassa.

Repetir este procedimento até que todo o furo seja preenchido, conforme ilustrado na Figura A.1.

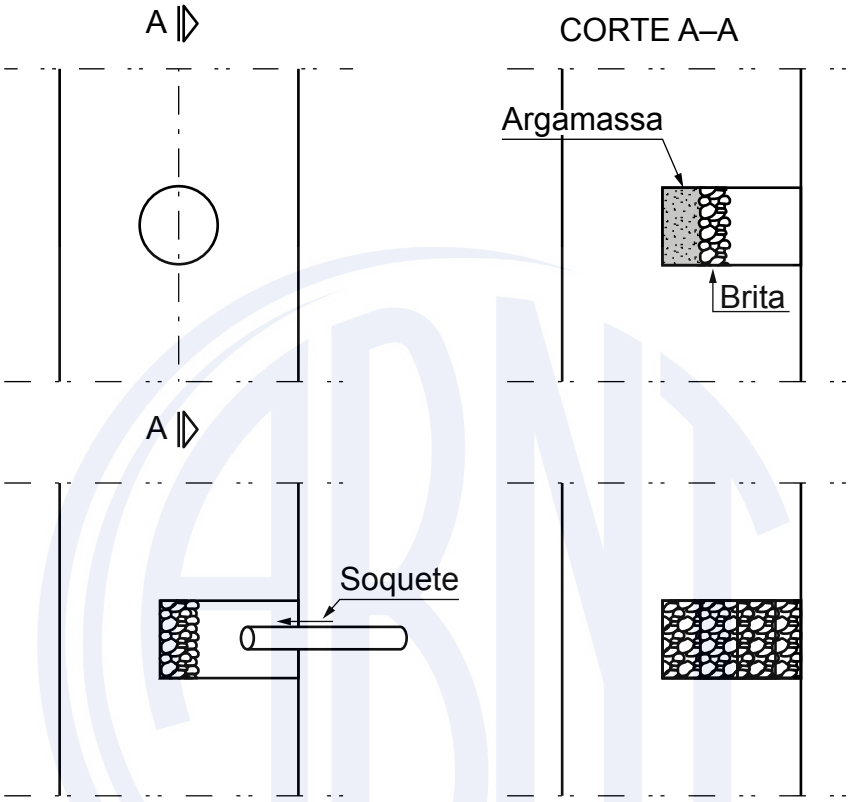


Figura A.1 – Sequência de execução do reparo via *dry pack*

Após a última camada, deve ser dado acabamento com auxílio da desempenadeira metálica, uniformizando o reparo com a face do elemento estrutural.

Após uniformização do reparo, deve-se promover a sua cura por meio, por exemplo, da aspersão de água e utilização de espuma ou manta, que ajudem a manter a superfície do reparo úmida, evitando assim o destacamento das bordas.

No caso de furos de extrações realizadas na direção vertical, podem ser utilizados em seu preenchimento graute industrializado ou concreto autoadensável. Nestes casos, recomenda-se que, após o preenchimento total do furo, o material seja extravasado para se evitar a exsudação e destacamento das bordas do reparo.

Para os casos de furos que extravasem o elemento estrutural (furos passantes), recomenda-se a utilização de fôrmas para auxiliar seu preenchimento.

A.3 Material de reparo

Para a definição do material utilizado no reparo dos furos causados pela extração de testemunhos da estrutura, todas as condições de serviço que envolvem a estrutura devem ser consideradas.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Isso inclui as condições ambientais às quais a estrutura estará exposta, as cargas suportadas pelo elemento estrutural, os contaminantes que podem atacar a estrutura, as condições de aplicação do reparo e a resposta esperada do material aos requisitos do projeto.

A resistência do material de reparo deve ser no mínimo igual à resistência especificada no projeto da estrutura ou do elemento estrutural.

A.4 Controle da qualidade

Para garantir que o reparo do local da extração atenda aos requisitos do projeto, é recomendável o acompanhamento do desempenho do material utilizado no reparo por ensaios normalizados, como forma de garantir a conformidade técnica do material com as especificações do projeto.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Anexo B
(normativo)

Montagem de corpos de prova para o ensaio à compressão, a partir de testemunhos extraídos de dimensões reduzidas

B.1 Condições de uso

O uso dos cilindros montados deve ser aceito somente no caso de comprovada impossibilidade de obtenção de testemunhos cilíndricos com altura mínima especificada nesta Parte 1 da ABNT NBR 7680, devido à exiguidade de dimensões ou à presença de defeitos no componente estrutural de concreto em estudo.

B.2 Extração de testemunhos

Devem ser extraídos testemunhos cilíndricos, de acordo com esta Parte 1 da ABNT NBR 7680, para montagem de corpos de prova, respeitando-se as condições estabelecidas neste Anexo.

B.3 Tipos indicados de montagem

Podem ser utilizados os tipos de montagens definidos nas Figuras B.1 a B.4.

Os tipos I e II (Figuras B.1 e B.2, respectivamente) são relativos a testemunhos com diâmetro de 150 mm. Os tipos III e IV (Figuras B.3 e B.4, respectivamente) são relativos a testemunhos com diâmetros de 100 mm. Para testemunhos com diâmetros diferentes destes, seguir a orientação estabelecida nas Figuras B.1 a B.4 para definição das dimensões das partes do testemunho, de forma que o corpo de prova montado tenha relação altura/diâmetro no intervalo de $1,5 \leq h/d \leq 2$.

Dimensões em milímetros

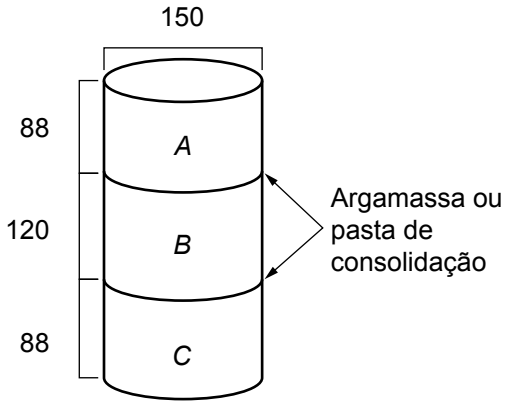


Figura B.1 — Esquema de montagem do corpo de prova tipo I

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Dimensões em milímetros

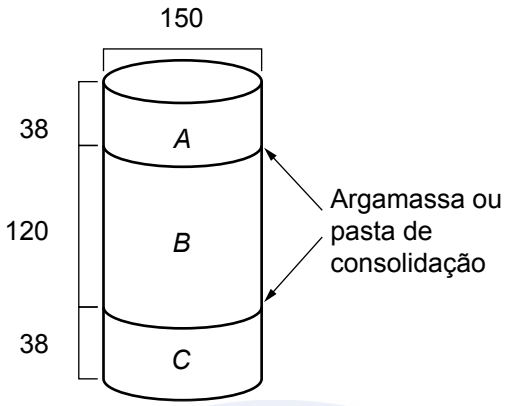


Figura B.2 – Esquema de montagem do corpo de prova tipo II

Dimensões em milímetros

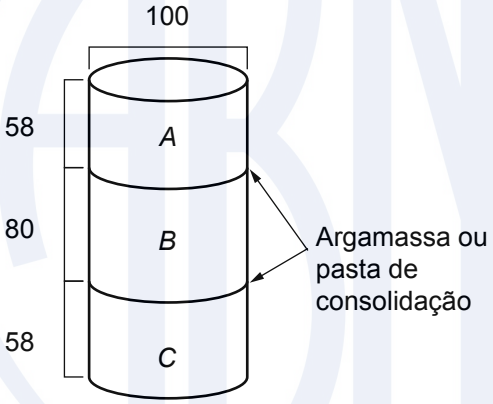


Figura B.3 – Esquema de montagem do corpo de prova tipo III

Dimensões em milímetros

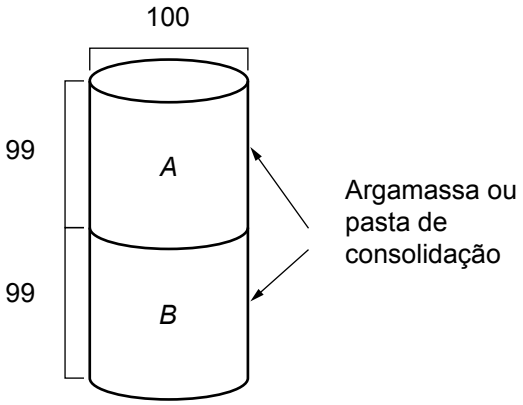


Figura B.4 – Esquema de montagem do corpo de prova tipo IV

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

B.4 Montagem dos corpos de prova

Preferencialmente, devem ser montados cilindros que resultem em relação altura/diâmetro igual a 2,0 (considerando, inclusive, a espessura das camadas de consolidação). É permitido adotar os coeficientes de correção (Tabela 2) para no caso de corpos de prova montados que tenham a relação $1,5 \leq h/d \leq 2$.

A argamassa de consolidação deve ser previamente dosada com as seguintes características:

a) composição:

— cimento;

— areia peneirada na peneira com abertura de malha de 2,36 mm (conforme a ABNT NBR NM ISO 3310-1);

— água.

b) resistência à compressão (verificada conforme B.6) maior ou igual à resistência à compressão do concreto do testemunho. A espessura da camada de argamassa para a consolidação não pode ser maior do que 3 mm. Para a montagem dos corpos de prova, deve ser utilizada uma guia equivalente à apresentada na Figura B.5.

A pasta de cimento de consolidação deve ser previamente dosada com relação água/cimento menor ou igual a 0,40.

Dimensões em milímetros.

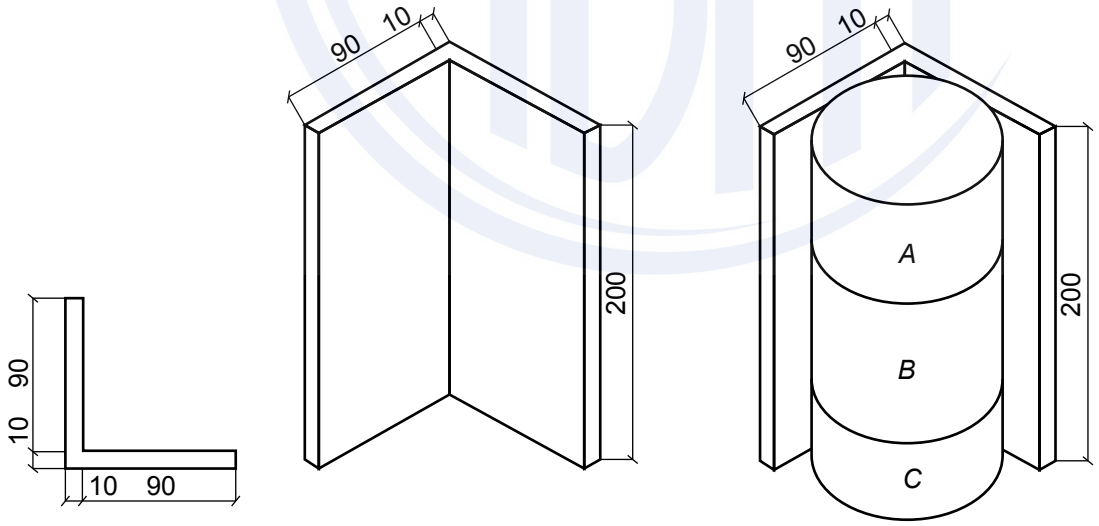


Figura B.5 – Exemplo de guia metálica para montagem de corpos de prova

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

B.5 Cura das argamassas de consolidação

O tempo de cura deve ser compatível com a data prevista para o ensaio e igual ao tempo de cura indicado pela dosagem experimental da respectiva argamassa.

As condições de umidade e temperatura devem estar de acordo com 4.5.4.

B.6 Verificação da resistência da argamassa de consolidação

Devem ser moldados, de acordo com o que estabelece a ABNT NBR 7215, ao menos dois corpos de prova, com diâmetro de 5 cm e altura de 10 cm, representativos da argamassa de consolidação. Os corpos de prova devem ser curados nas mesmas condições e rompidos à compressão conforme ABNT NBR 7215.

A resistência da argamassa a ser considerada no ensaio deve ser a média dos dois corpos de prova ensaiados.

B.7 Informações complementares

Deve ser informado no relatório de extração e ensaio:

a) se houve necessidade de realizar a montagem de corpos de prova;

b) resistência média da argamassa de consolidação na idade do ensaio;

c) tipo de esquema adotado para a montagem dos corpos de prova.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

Bibliografia

[1] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results**. Report ACI Committee 214. Farmington Hills, USA, 2010.

[2] _____. **ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary**. Report ACI Committee 318. Farmington Hills, USA, 2008.

[3] _____. **ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings**. Report ACI Committee 437. Farmington Hills, USA, 2003.

[4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C642-13 Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete**. Philadelphia, Estados Unidos, 2013.

[5] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **UNE-EN 13791 Evaluación de la resistencia a compresión in-situ en estructuras y elementos prefabricados de hormigón**. Madri, Espanha, 2009.

[6] COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO, CEN. **Eurocode 2 (EN 1992). Design of concrete structures**. Brussels, 2004.

[7] CREMONINI R. A.. **Análise de estruturas acabadas: contribuição para a determinação da relação entre resistências potencial e efetiva do concreto**. São Paulo, EPUSP, 1994 (Tese de Doutorado).

[8] DINIZ, H. A. A.; OLIVEIRA, S. S.; GOMES, V. L. L.; SOUZA, N. S. L. **Análise comparativa de resistência à compressão de concreto com cura por imersão em água e com cura ao ar livre**. Natal, VI CONNAPI, 2011.

[9] EHE-08 **Instrucción del Hormigón Estructural**. Madrid: Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 2008.

[10] fib(CEB-FIP) **Model Code 2010. Draft Model Code**. March 2010. Bulletin 55. v.1

[11] HELENE, P.R.L. **Análise da resistência à compressão do concreto em estruturas acabadas com vistas à revisão da segurança estrutural**. Revista ALCONPAT, Volumen 1, Número 1, Enero - Abril 2011.

[12] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1920-6 Testing of concrete — Part 6: Sampling, preparing and testing of concrete cores**. Geneva, Switzerland, 2004.

[13] _____. **ISO 13822 Bases for Design Structures. Assessment of Existing Structures**. Geneva, Switzerland, 2010.

[14] Joint Committee CEB-CIB-FIP-RILEM. **Probabilistic Assessment of Existing Structures.** JCSS Report, 2001.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados

NTBNET – Licença de uso exclusivo para o Sistema Petrobras

[15] VIEIRA FILHO, J. O. **Avaliação da Resistência à Compressão do Concreto através de Testemunhos Extraídos: Contribuição à Estimativa do Coeficiente de Correção devido aos Efeitos do Broqueamento**. São Paulo, EPUSP, 2007 (Tese de Doutorado).

[16] Henao, L. M. R. **Ensayos de inflrmación y extracción de probetas testigo em hormigones autocompactantes**. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 2012 (Tesis Doctoral).

[17] BILESKY, P. C.; TANGO, C. E. S. **Avaliação do concreto de peças estruturais pequenas pelo método dos cilindros montados**. Téchne: Revista de Tecnologia da Construção (São Paulo), v. 121, p. 92-98, 2007.

[18] BILESKY, P. C.; TANGO, C. E. S. **Utilização de cilindros montados para ensaios mecânicos de concreto**. In: 46º. Congresso do Instituto Brasilieiro do Concreto, 2004, Florianópolis. Anais do 46º. Congresso Brasileiro do Concreto, 2004.

[19] CRESPO, D. R.; JIMÉNEZ, J.P.G. **Ensayos de información complementaria del hormigón: Evaluación de la resistencia a compresión del hormigón mediante probetas testigo**. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, C.S.I.C. Revista Hormigón y Acero, Nº 935, p. 34-46, Madri, Diciembre 2009.

Impresso por REGINALDO ARGEMIRO PAVAN em 30/10/2015

© ABNT 2015 - Todos os direitos reservados