



Associação
Brasileira de
Cimento Portland



Comunidade
da Construção
Sistemas à base de cimento

SEMINÁRIO

DESAFIOS DO PROJETO, PRODUÇÃO
E APLICAÇÃO DO **CONCRETO:**

O MAIOR ENCONTRO SOBRE TENDÊNCIAS, PRÁTICAS E TECNOLOGIA DO CONCRETO

HOTEL PULLMAN • SÃO PAULO • 15 DE OUTUBRO • 9H ÀS 18H

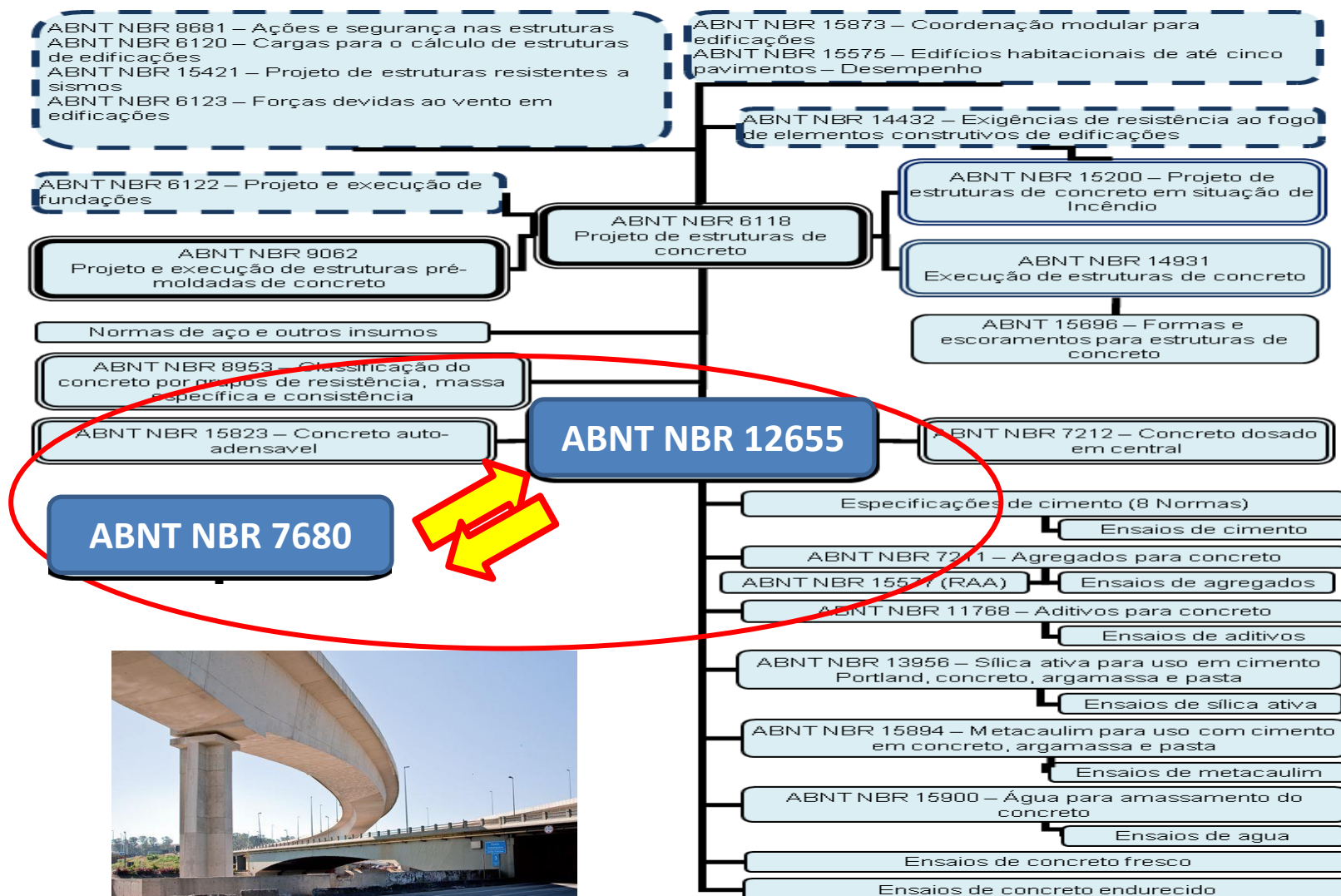


A Nova Norma ABNT NBR12655 de Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação do Concreto e sua Interação com a ABNT NBR 7680-1

Eng. Rubens Curti

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND

Visão simplificada das normas de tecnologia do concreto como garantia da segurança e vida útil das estruturas



As novidades

**Esclarecimentos e
informações
complementares**

**Alterações
conceituais**

Sumário da ABNT NBR 12655

Prefácio

1. Escopo
 2. **Referências normativas**
 3. **Termos e definições**
 4. Atribuições de responsabilidades
 5. Requisitos para o concreto e métodos de verificação
 6. **Ensaio de controle de recebimento e aceitação**
 7. Aceitação do concreto
- Anexo A (informativo) Concreto sujeito a meios agressivos**

Mudanças no título

ABNT NBR 12655:2006

**Concreto de cimento Portland –
Preparo, controle e recebimento**

ABNT NBR 12655:2015

**Concreto de cimento Portland –
Preparo, controle, recebimento e aceitação**

Mudanças nas referências normativas

Controle tecnológico para os componentes : deixa de referenciar a ABNT NBR 12654

Passa a referenciar as normas específicas de materiais : normas de cimento, metacaulim, sílica ativa, outros materiais pozolânicos, água de amassamento, etc.

Mudanças nas definições

Recebimento do concreto: verificação da conformidade das propriedades especificadas para o estado fresco, efetuada durante a descarga da betoneira e, no caso do concreto dosado em central, abrange também a aprovação da documentação correspondente ao pedido do concreto

Aceitação do concreto: verificação do atendimento a todos os requisitos especificados para o concreto

Mudanças nas definições

Resistência característica do concreto: valor estabelecido no projeto estrutural conforme ABNT NBR 6118.

Resistência característica estimada do concreto: valor obtido estatisticamente a partir de ensaios para estimar a resistência característica do concreto estabelecida no projeto estrutural. Esse valor é calculado por meio de expressões matemáticas distintas em função do tipo adotado de controle estatístico da resistência do concreto.

Atribuição de incumbências: nada muda....



**projetista
estrutural**



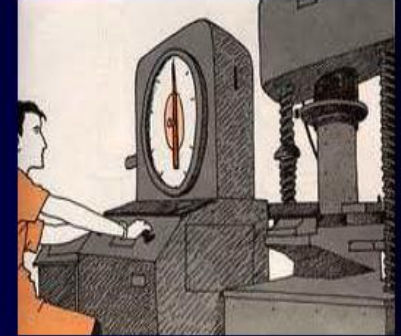
**serviços de
concretagem (execução)**



**construtora
(execução)**



**tecnologista
(consultor)**



**laboratório
(controle)**

Requisitos do concreto para garantia da durabilidade geral: nada muda....

Tabela 2 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
Consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360
CA	Componentes e elementos estruturais de concreto armado.				
CP	Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.				

Mudanças conceituais importantes

Recomendações complementares de durabilidade :

Inclusão de anexo para concreto em contato com águas e solos agressivos (obras enterradas).

CrITÉRIOS de amostragem:

Rastreabilidade e resultados de todos os lotes pelo critério da amostragem total.

Aceitação do concreto:

O que fazer no caso de $f_{ck,est} < f_{ck}$? (ABNT NBR 7680-1).

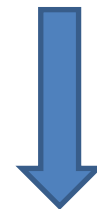
Valores limites em função das classes de exposição ao ataque químico da água e do solo

NOVIDADE

Condições de exposição em função da agressividade	pH	CO ₂ agressivo mg/L	Íon magnésio mg/L	Íon Amonia mg/L	Resíduo sólido mg/L	Sulfato solúvel (SO ₄) mg/L
						0 a 150
						150 a 1 500
						Acima de 1 500
Fraca	7 a 6	< 30	< 100	< 100	> 150	0 a 150
Moderada	6 a 5,5	30 a 45	100 a 200	100 a 150	150 a 50	150 a 1 500
Severa	< 5,5	> 45	> 200	> 150	< 50	Acima de 1 500

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa					
	0,00 a 0,10					
	0,10 a 0,20					
	Acima de 0,20					

Recomendações para o concreto em obras enterradas frente aos ambientes agressivos



N
O
V
I
D
A
D
E

Condições de exposição em função da agressividade	pH	CO ₂ agressivo mg/L	Íon magnésio mg/L	Íon Amonia mg/L	Residuo sólido mg/L	a/c Máx	f _{ck} Mín MPa
Fraca	7 a 6	< 30	< 100	< 100	> 150	Ver Tabela 2	
Moderada	6 a 5,5	30 a 45	100 a 200	100 a 150	150 a 50	0,50	35
Severa	< 5,5	> 45	> 200	> 150	< 50	0,45	40

Exigências para o concreto em obras enterradas frente aos sulfatos: nada muda

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO_4) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO_4) presente na água Ppm	Máxima relação água/cimento ^a	Mínimo f_{ck} MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa ^c	Acima de 0,20	Acima de 1 500	0,45	40

a Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

b A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO_4 seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.

c Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

ESTUDO DA DOSAGEM DO CONCRETO

A resistência de dosagem deve atender as condições de variabilidade durante o preparo do concreto e construção, que é medida pelo desvio padrão e levado em conta no cálculo da resistência da dosagem, segundo a equação:

$$f_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times s_d$$

onde:

$f_{cm,j}$ = resistência média do concreto à compressão prevista para a idade de j dias, expressa em MPa

$f_{ck,j}$ = resistência característica do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em MPa

s_d = desvio padrão da dosagem, prevista para a idade de j dias, expressa em MPa. O desvio padrão depende das condições de preparo do concreto e deve ser fixado com um mínimo de 20 resultados obtido num prazo máximo de 30 dias.

CONDIÇÕES DE PREPARO DO CONCRETO

No início da obra, ou em qualquer outra circunstância em que não se conhece o desvio padrão, deve-se adotar, para cálculo da resistência de dosagem, os valores tabelados abaixo:

**Desvio padrão a ser adotado
em função das condições de preparo do concreto**

Condição de Preparo	Desvio Padrão	Classe do concreto	Como medir as matérias primas			Correção da umidade
			Cimento	Agregados	Água	
A	$s_d = 4,0 \text{ MPa}$	Todas	Massa	Massa	Massa ou volume	Sim
B	$s_d = 5,5 \text{ MPa}$	C10 a C20	Massa	Volume	Volume	Sim
C	$s_d = 7,0 \text{ MPa}$	C10 e C15	Massa	Volume	Volume	Estimada

Em hipótese alguma admite-se $s_d < 2,0 \text{ MPa}$

CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DO CONCRETO

Há 2 tipos de controle da resistência do concreto ($f_{ck,est}$) :

- Controle por amostragem total
 - ✓ Consiste na amostragem 100%, ou seja, todas as betonadas são amostradas e representadas por um exemplar que define a resistência à compressão daquele concreto naquela betonada.
- Controle por amostragem parcial
 - ✓ Moldagem de corpos de prova de betonadas alternadas e de modo aleatório, para a formação dos lotes. Cada lote deve ser composto por no mínimo 6 exemplares por idade para $f_{ck} \leq 50$ MPa e 12 exemplares para $f_{ck} > 50$ MPa

Nota: cada exemplar deve ser composto por no mínimo 2 corpos de prova, e toma-se como resistência do exemplar **o maior dos valores obtidos no ensaio** **resistência** à compressão do exemplar.

Formação de lotes – Amostragem Parcial

ABNT NBR 12655:2015 – nada muda

Valores máximos para formação dos lotes de concreto

Identificação (o mais exigente para cada caso)	Solicitação principal dos elementos estruturais	
	Compressão ou Compressão + Flexão	Flexão simples
Volume de concreto	50 m ³	100 m ³
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	3 dias de concretagem, podendo ocorrer em 7 dias com eventuais interrupções	

Controle estatístico – Amostragem Parcial

ABNT NBR 12655:2015 – nada muda

Para lotes com exemplares entre $6 \leq n < 20$ o cálculo da resistência característica estimada ($f_{ck,est}$) é dado por:

$$f_{ck,est} = 2\left(\frac{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{m-1}}{m-1}\right) - f_m$$

onde:

- ✓ n = nº de exemplares
- ✓ $m = n/2$
- ✓ $f_1, f_2, f_3, \dots, f_{m-1}, f_m$ = valor de resistência dos exemplares em ordem crescente

Não se tomara para valor de $f_{ck,est}$ valor menor que $\Psi_6 \times f_1$

Valores de Ψ_6

Desvio Padrão	Número de exemplares										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02

Os valores de n entre 2 e 5 são utilizados para casos excepcionais

Controle estatístico – Amostragem Parcial

ABNT NBR 12655:2015 – nada muda

Para lotes com mais com $n \geq 20$ o valor estimado da resistência característica é dado por:

$$f_{ck,est} = f_{cmj} - 1,65 sd$$

onde:

- ✓ f_{cmj} = resistência média dos exemplares do lote, na idade de j dias;
1,65 = valor da variável reduzida “t” de Student, correspondente à probabilidade de 5% dos resultados ocorrerem abaixo da resistência característica f_{ck} ;
- ✓ sd = o desvio padrão do lote, para n-1 resultados;

$$sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Controle estatístico – Amostragem Total

ABNT NBR 12655:2015

Consiste na amostragem de 100%, ou seja, todas as betonadas são amostradas e representadas por 1 exemplar que define a resistência à compressão daquele concreto naquela betonada. Neste caso o valor da resistência característica à compressão estimada $f_{ck,est}$ é dada por :

$$f_{ck,est} = f_{c,betonada}$$

onde:

$f_{c,betonada}$ é o valor da resistência à compressão do exemplar que representa o concreto da betonada

Não há o que estimar, pois todo lote (população) é conhecido

Aceitação do concreto

ABNT NBR 12655 : O concreto deve ser aceito desde que atendidas todas as condições estabelecidas nesta Norma. Em caso de existência de não conformidade, devem ser obedecidos os critérios estabelecidos na ABNT NBR 7680.

ABNT NBR 7680 : Deixa de ser uma norma de extração de testemunhos, tornando-se mais abrangente, com aplicação de fatores corretivos, interpretação de resultados e foco em ações .

ABNT NBR 7680-1

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

ABNT NBR 7680-1

```
graph TD; A[ABNT NBR 7680-1] --> B[Avaliação da resistência à compressão no caso de não atendimento aos critérios da ABNT NBR 12655]; A --> C[Avaliação da resistência à compressão do concreto de estruturas existentes (para realização de processos de reformas, retrofit ou outros)];
```

**Avaliação da resistência à compressão
no caso de não atendimento aos
critérios da ABNT NBR 12655**

**Avaliação da resistência à compressão
do concreto de estruturas existentes
(para realização de processos de
reformas, retrofit ou outros)**

Se o concreto da moldagem de corpos de prova não atender aos critérios de resistência à compressão...

Os critérios estabelecidos na ABNT NBR 7680-1 prescrevem:

- Estudos prévios ligados à segurança estrutural para decisão da real necessidade de extração;
- Lotes não identificados por mapeamento durante a concretagem podem ser mapeados por ensaios não destrutivos;
- Extração dos testemunhos e determinação da resistência, com aplicação de fatores corretivos pelo laboratório:
 - ✓ Relação h/d : 0 a -0,14
 - ✓ Efeito de broqueamento: 0,04 a 0,12
 - ✓ Efeito da umidade: saturado = 0; seco ao ar = -0,04
 - ✓ Direção da extração: mesmo sentido = 0; ortogonal = 0,05

Análise dos resultados pelo projetista estrutural

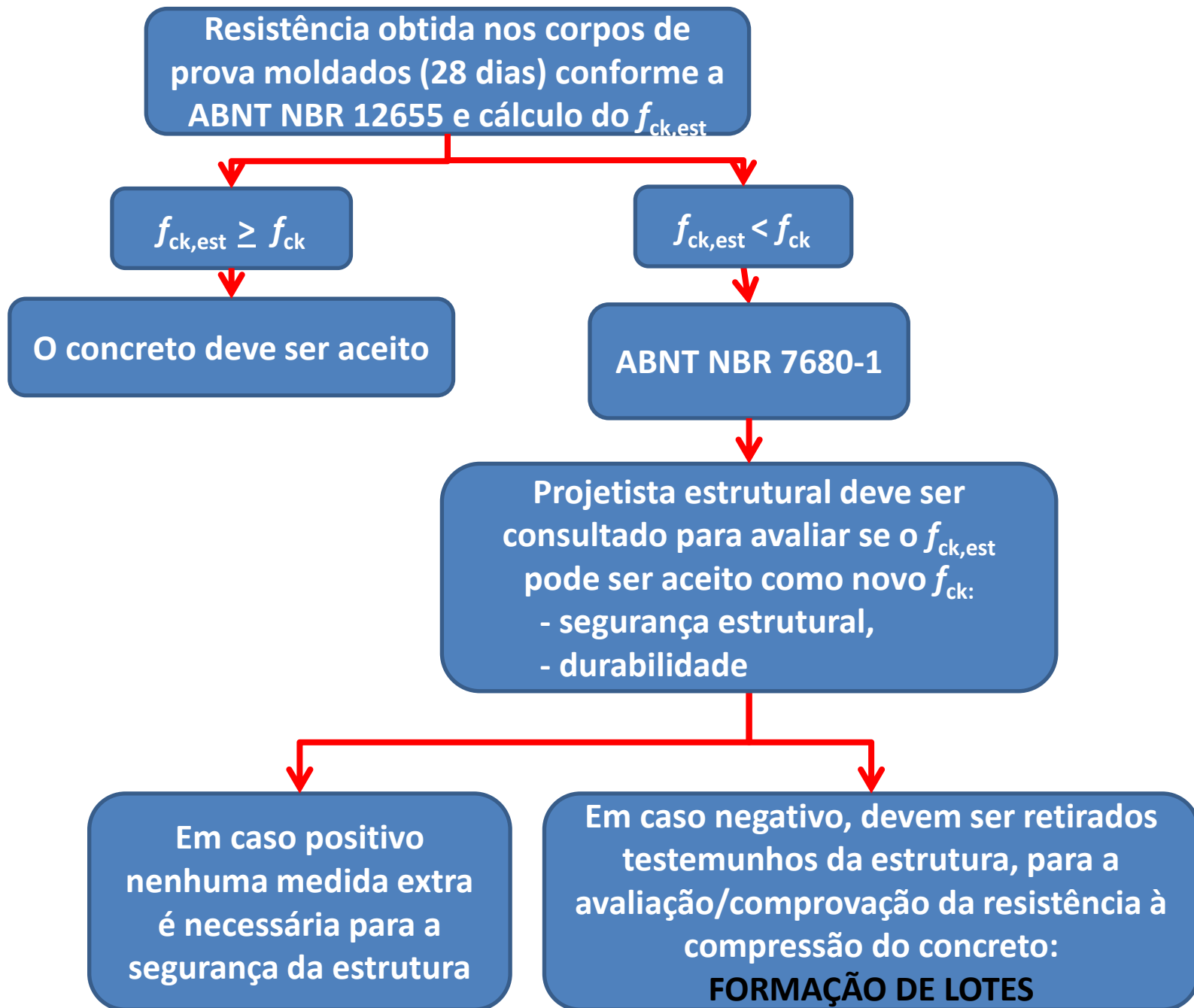


Tabela 1 – Mapeamento da estrutura, formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos

Tipo de controle (conforme a ABNT NBR 12655)	Mapeado (rastreadibilidade)		Formação de lotes		Quantidade de testemunhos por lote ^a
	Nº lançamento	Por ensaios não destrutivos			
Amostragem total	Sim	Indiferente	Cada lote corresponde ao volume de uma betonada ou de um caminhão-betoneira	Aplicado em um elemento estrutural	2
				Aplicado em mais do que um elemento estrutural	3
	Não	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos ^b	Até 8 m³	3 ^c
				Maior que 8 m³ e menor que 50 m³	4
Amostragem parcial	Indiferente	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos ^b	Até 8 m³	4
				Maior que 8 m³ e menor que 50 m³	6
Casos excepcionais	Vale o critério de amostragem parcial conforme a ABNT NBR 12655 (concreto preparado na obra).				

^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.

Processo de extração e de preparação dos testemunhos para o ensaio à compressão

Os critérios estabelecidos na ABNT NBR 7680-1 prescrevem:

- **Definição e identificação dos locais de extração (distância, posicionamento, localização de armaduras)**
- **Equipamentos adequados para a extração**
- **Planejamento do processo e possíveis interferências, com escoramento dos elementos estruturais, quando necessário**
- **Corte e retirada dos testemunhos**
- **Avaliação da integridade e critérios de aceitação (presença de armaduras, corpos estranhos, fissuração)**
- **Preparação dos topos para ensaio e determinação das dimensões**
- **Condições de transporte e armazenamento antes do ensaio**
- **Requisito do ensaio (tipo de prensa, velocidade do ensaio)**
- **Relatório da extração (com fotos)**
- **Relatório do ensaio**

Fatores corretivos – aplicados a cada testemunho

- **As dimensões** de testemunhos e de corpos de prova moldados podem não ser as mesmas (k_1);

h/d	2,00	1,75	1,50	1.25	1,00
k_1	0,00	-0,02	-0,04	-0,07	-0,14

- 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 (k_2);

Diâmetro dos testemunhos (mm)	≤ 25	50 ^(a)	75	100	≥ 150
k_2	Não é permitido	0,12	0,09	0,06	0,04

^(a) Neste caso o número de testemunhos deve ser o dobro do estabelecido

Fatores corretivos

- ***Direção da extração em relação ao lançamento do concreto (k_3)*** : a direção da moldagem dos cps é a mesma da aplicação da carga de ruptura. No caso de testemunhos extraídos de pilares e vigas, 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 ($k_3 = 0,05$);
- ***Efeito da umidade do testemunho (k_4)***: a cura dos cps moldados é realizada em câmara úmida ou estes são imersos em água e mantidos à temperatura controlada, até a idade de ruptura.
 - ✓ Quando o concreto da região da estrutura que está sendo examinada estiver em contato com a água, os testemunhos devem ser acondicionados em tanques de água ou câmara úmida por no mínimo 72 h, sendo rompidos saturados;
 - ✓ Quando o concreto da região da estrutura que está sendo examinada não estiver em contato com a água, os testemunhos devem ser mantidos expostos ao ar, em ambiente de laboratório por no mínimo 72 h, neste caso adota-se ($k_4 = - 0,05$).

Resistência FINAL corrigida dos testemunhos

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

Onde:

$f_{ci,ext}$ = Resistência à compressão do testemunho extraído.

$f_{ci,ext, inicial}$ = Resistência inicial, à compressão do testemunho extraído

Resultados de resistência a compressão de testemunhos extraídos $f_{ci,ext, inicial}$

Correção dos resultados pelo Laboratório (k_1 a k_4)

Resultados corrigidos $f_{ci,ext}$

=

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

Avaliação da segurança estrutural

Cálculo do $f_{ck\ ext, seg}$

Possível correção por redução do γ_c (ABNT NBR 6118)

Obtenção do $f_{cd,ext}$ e verificação da segurança estrutural

Recebimento da estrutura

Avaliação da resistência potencial do concreto

Cálculo do $f_{ck\ ext, pot}$

$f_{c,ext\ pot} = f_{ci,ext}$ (considera-se o maior valor de cada lote)

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

Aceitação definitiva do concreto

Atribuições



Laboratório



Projetista



Tecnologista



Proprietário ou responsável técnico da obra

A ABNT NBR 7680-1 não se aplica à avaliação da segurança estrutural e ao recebimento da estrutura, para o que devem ser consultadas a ABNT NBR 6118, a ABNT NBR 14931 ou outras normas específicas em cada caso, considerando:

- a) a possibilidade de novas avaliações por metodologias aprovadas entre as partes, como prova de carga ou outros ensaios que permitam uma análise mais aprofundada da segurança estrutural;**
- b) a adoção das alternativas a seguir, em caso de não conformidade final:**
 - restrição de uso da estrutura**
 - projeto de reforço estrutural**
 - demolição parcial ou total da estrutura.**

ABNT NBR 7680-1

ANEXO A – Reparo dos locais de extração

- **Preparo e limpeza do substrato**
- **Preenchimento do furo**
- **Material de reparo (melhor ou igual ao concreto da estrutura)**
- **Controle da qualidade**

Convite



DATA: 20 a 21 de junho de 2016

LOCAL:

