



# O Estado da Arte em Normalização de Concreto *O que você precisa saber*

## A nova ABNT NBR 15200 e a segurança estrutural contra incêndio

Fabrício L. Bolina  
*UFSM*  
*Departamento de Estruturas*

23.10.2024



## Linha do tempo

Subcomitê Técnico #4 IBRACON/ABECE  
*Estruturas de concreto em situação de incêndio*



Alio Kimura  
Coordenador



Fabricio Bolina  
Secretario



Valdir Pignatta  
"Consultor"

Encontros mensais:

- Dois em 2018
- Dez em 2019

*Total de doze encontros  
Todos remotos, sendo  
um presencial em SP.*





## Linha do tempo

### Subcomitê Técnico #4 IBRACON/ABECE

#### *Estruturas de concreto em situação de incêndio*



Alio Kimura  
Coordenador



Fabricio Bolina  
Secretario



Valdir Pignatta  
"Consultor"

#### Encontros mensais:

- Dois em 2018
- Dez em 2019

*Total de doze encontros  
Todos remotos, sendo  
um presencial em SP.*

"Desenhado" o escopo da revisão da ABNT NBR 15200, parte para a ação...



## Linha do tempo

### Subcomitê Técnico #4 IBRACON/ABECE

#### *Estruturas de concreto em situação de incêndio*



Alio Kimura  
Coordenador



Fabricio Bolina  
Secretario



Valdir Pignatta  
"Consultor"

#### Encontros mensais:

- Dois em 2018
- Dez em 2019

*Total de doze encontros  
Todos remotos, sendo  
um presencial em SP.*

"Desenhado" o escopo da revisão da ABNT NBR 15200, parte para a ação: revisão...



Fabricio Bolina  
Coordenador



Petrus Nóbrega  
Secretário







## Justificativas



- A NBR 15200 encontrava-se na 2ª edição;
- Da 1ª para a 2ª edição foram incluídas várias mudanças (número de págs. aumentou de 17 para 48).



## Justificativas



 	<b>Encontros</b> <i>(timeline)</i>	Número	Data	Horário
		1	28/01/2022	10:00 as 12:00
		2	25/03/2022	09:00 as 12:00
		3	29/04/2022	09:00 as 12:00
		4	20/05/2022	09:00 as 12:00
		5	24/06/2022	09:00 as 12:00
		6	22/07/2022	09:00 as 12:00
		7	19/08/2022	09:00 as 12:00
		8	23/09/2022	09:00 as 12:00
		9	21/10/2022	09:00 as 12:00
		10	18/11/2022	09:00 as 12:00
		11	10/02/2023	09:00 as 12:00
		12	05/05/2023	14:00 as 15:00
		FIM CONSULTA	19/02/2024	FINALIZADA A CONSULTA PÚBLICA
		Reunião PÓS CN	04/04/2024	09:00 as 12:00
		PUBLICAÇÃO	20/06/2024	SITE ABNT
		ESPECIAL	24/07/2024	09:00 as 12:00

 	<b>Participantes</b>		
	Participantes das reuniões da CE NBR 15200		
	a) Institutos de pesquisa (IPT – SP);		
	b) Universidades (Mackenzie, UFCAT, UFERSA, UFBA, UFRN, Unicamp, UFSM, USP-Poli);		
	c) Organizações e entidades representativas de setores (ABCEM, ABECE, SINAPROCIM);		
	d) Escritórios de projetos (ADC Projetos, Errevê Enga, Estruturary Enga, LAF Enga, Maubertec Enga e Projetos, Pedreira Onix, );		
	e) Projetistas autônomos;		
	f) Fornecedores de insumos (ATEX, Gerdau);		



## Premissas

Nenhuma contribuição poderia ocorrer sem forte justificativa técnica

Licença de uso exclusiva para CIA DISTRIBUIDORA DE GAS DO RIO DE JANEIRO  
 Copia impressa pelo sistema CENWAVE em 29/11/2004

**NORMA  
BRASILEIRA**

**ABNT NBR  
15200**

Primeira edição  
 30.11.2004

Válida a partir de  
 30.12.2004

---

**Projeto de estruturas de concreto em  
situação de incêndio**

*Fire design of concrete structures*

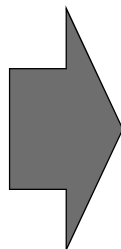
Palavras-chave: Projeto, Incêndio, Estrutura, Concreto.  
 Descriptors: Fire Design, Concrete, Structure

ICS 91.080.40; 15.220.50

---

ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA  
DE NORMAS  
TÉCNICAS

Número de voluntários  
 ABNT NBR 15200:2004  
 17 páginas

[illegible]

## Principais alterações...

Em relação a versão anterior...

Licença de uso exclusiva para a DISTRIBUIDORA DE GÁS DO RIO DE JANEIRO  
 Copia impressa pelo sistema CENWIRES em 23/11/2004

**NORMA  
BRASILEIRA**

**ABNT NBR  
15200**

Primeira edição  
 20.11.2004

Válida a partir de  
 20.12.2004

---

**Projeto de estruturas de concreto em  
situação de incêndio**

*Fire design of concrete structures*

Palavras-chave: Projeto, Incêndio, Estrutura, Concreto.  
 Descriptors: Fire Design, Concrete, Structure.

ICS 91.080.47; 13.220.50

---

ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA  
DE NORMAS  
TÉCNICAS

Número de referência  
 ABNT NBR 15200:2004  
 17 páginas

### Em resumo:

- Manteve filosofia
- Ajuste frente a dúvidas do setor
- Convergência com novas normas SCI
- Convergência com a nova NBR 6118
- Mais clareza procedimentos
- Ajustes sutis uso dos métodos (limites)
- Preserva procedimentos europeus





## Principais alterações...

### Termos e definições

#### compartimentação

é a medida de proteção incorporada ao elemento estrutural (isto é, elemento de compartimentação) destinada a evitar ou minimizar a propagação do fogo, calor e gases, interna ou externamente ao edifício (...)

#### documentos e regulamentos oficiais

documentos e textos provenientes de atos legislativos e da administração pública (...)

#### tempo de resistência ao fogo (TRF)

Tempo durante o qual a estrutura atende ao requisito de capacidade resistente (R). Quando necessário, incluem-se a este item os requisitos de integridade (E), isolamento térmica (I) e redução de radiação térmica (W) (...)

E outras...



## Principais alterações...

### Coeficientes de redução da resistência

- curva cheia:  $k_{s,\theta}$  aplicável quando  $\varepsilon_{yi} > 2\%$  usualmente para armaduras tracionadas de vigas, lajes ou tirantes;
- curva tracejada:  $k_{s,\theta}$  aplicável quando  $\varepsilon_{yi} < 2\%$ , usualmente para armaduras comprimidas de pilares, vigas ou lajes

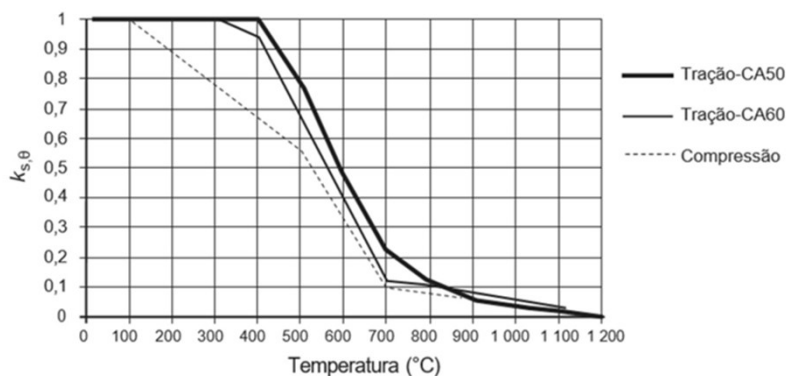


Figura 2 – Fator de redução da resistência do aço de armadura passiva em função da temperatura





## Principais alterações...

### Combinação das ações ao incêndio

(...) verificação deve ser feita apenas ao Estado Limite Último (ELU) para a combinação excepcional correspondente, sendo a ação excepcional ( $F_{Q,exc}$ ) proveniente da deformação térmica restringida, podendo ser expressa pela equação a seguir.

$$S_{d,fi} = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} \cdot F_{Gik} + F_{Q,exc} + \gamma_q \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot F_{Qj,k}$$

Sendo  $F_{Q,exc}$  a ação proveniente dos efeitos da dilatação térmica restringida que, a critério do projetista, pode ser desprezada.



## Principais alterações...

### Combinação das ações ao incêndio

(...) verificação deve ser feita apenas ao Estado Limite Último (ELU) para a combinação excepcional correspondente, sendo a ação excepcional ( $F_{Q,exc}$ ) proveniente da deformação térmica restringida, podendo ser expressa pela equação a seguir.

$$S_{d,fi} = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} \cdot F_{Gik} + F_{Q,exc} + \gamma_q \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot F_{Qj,k}$$

Sendo  $F_{Q,exc}$  a ação proveniente dos efeitos da dilatação térmica restringida que, a critério do projetista, pode ser desprezada.

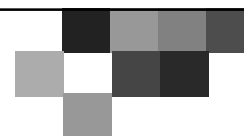
Os fatores de ponderação  $\gamma_g$  e  $\gamma_q$  devem ser os indicados na ABNT NBR 6118. O fator de redução  $\psi_{2j}$  indicado na ABNT NBR 6118 pode ser reduzido, multiplicando-o por 0,7, conforme recomendado na ABNT NBR 8681.

Como alternativa, na ausência de qualquer solicitação gerada pelas deformações térmicas restringidas (...) as solicitações de cálculo em situação de incêndio ( $S_{d,fi}$ ) podem ser calculadas admitindo-as iguais a 70 % das solicitações a temperatura ambiente, tomando-se apenas as combinações de ações que não incluem o vento, isto é, pode-se fazer:  $S_{d,fi} = 0,70 S_d$ .



## Principais alterações...

Nomenclatura dos métodos de cálculo



1. MÉTODO TABULAR
2. MÉTODO ANALÍTICO
3. MÉTODO SIMPLIFICADO
4. MÉTODO AVANÇADO
5. MÉTODO EXPERIMENTAL

2012

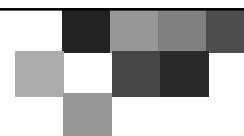
1. MÉTODO TABULAR
2. MÉTODO ANALÍTICO
  - 2.1 Analítico geral
  - 2.2 Analítico para pilares
3. MÉTODO AVANÇADO
4. MÉTODO EXPERIMENTAL

2024



## Principais alterações...

Método tabular de cálculo



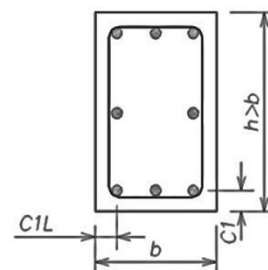
VIGAS CONTÍNUAS	TRRF min	Combinações de $b_{min}/C1$				$b_{wmin}$ mm
		1	2	3	4	
	30	80/15	160/12	-	-	80
	60	120/25	190/12	-	-	100
	90	140/37	250/25	-	-	100
	120	190/45	300/35	450/35	500/30	120

LAJES CONTÍNUAS

TRRF min	h mm	C1 mm
30	60	10
60	80	10
90	100	15
120	120	20

PILARES COM UMA FACE EXPOSTA AO FOGO

TRRF	Combinações $b_{min}/C1$
30	155/25
60	155/25
90	155/25
120	175/35
180	230/55







## Principais alterações...

### Método tabular:

ajuste textual no caso de vigas contínuas com TRRF  $\geq 90$  min

Para vigas contínuas com TRRF  $\geq 90$  min, a área de armaduras negativas entre a linha de centro do apoio e  $0,3 \cdot \ell_{ef}$  (Figura 9) não pode ser menor do que o definido na equação a seguir.

$$A_{s,calc}(x) = A_{s,calc}(0) \cdot \left(1 - 2,5 \cdot \frac{x}{\ell_{ef}}\right)$$

Onde

$x$  é a distância entre a linha de centro do apoio e a seção considerada, devendo ser acrescida do comprimento de ancoragem conforme ABNT NBR 6118;

$A_{s,calc}(x)$  é a mínima área de armaduras negativas na seção localizada na distância " $x$ ";

$A_{s,calc}(0)$  é a área de armaduras negativas calculada conforme ABNT NBR 6118;

$\ell_{ef}$  é o comprimento efetivo do vão da viga determinado conforme ABNT NBR 6118.

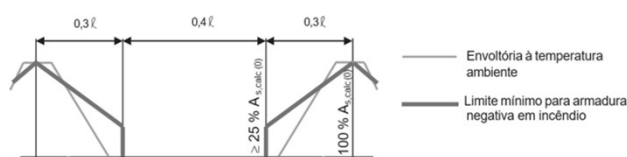


Figura 9 - Envoltória de momentos fletores e área armaduras admitida

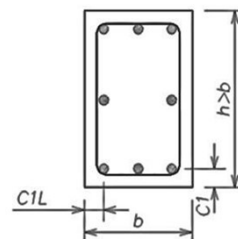


## Principais alterações...

### Método tabular de cálculo

Revestimentos na composição do  $C_1$  e geometrias mínimas dos elementos

*Não é permitida a consideração do revestimento na determinação das dimensões mínimas da seção transversal de pilares e lajes lisa ou coqueado. Para outros elementos, não há restrição. Já na determinação do  $c_1$ , o revestimento pode ser considerado em todos os elementos, desde que resguardada a sua efetividade em função da sua natureza, os requisitos das ABNT NBR 13281 e as ABNT NBR 13528-1, ABNT NBR 13528-2 e ABNT NBR 13528-3 e conforme a seguir:*





## Principais alterações...

### Método tabular de cálculo

revisão do grau de eficiência dos revestimentos na composição do  $C_1$

- **revestimentos de argamassa de cal e areia**, com aderência à tração de acordo com as ABNT NBR 13528-1, ABNT NBR 13528-2 e ABNT NBR 13528-3, têm **67 %** de eficiência (...)
- **revestimentos de argamassa de cimento e areia**, com aderência à tração de acordo com a ABNT NBR 13528-1, ABNT NBR 13528-2 e ABNT NBR 13528-3, têm **100 %** de eficiência relativa ao concreto (...)
- **revestimentos à base de gesso**, com aderência à tração de acordo com as ABNT NBR 13528-1, ABNT NBR 13528-2 e ABNT NBR 13528-3 e em conformidade com os requisitos da ABNT NBR 13207, têm **250 %** de eficiência relativa ao concreto (...)
- **outros revestimentos**, como tintas contra fogo, mantas cerâmicas, argamassas à base de vermiculita ou de fibras, entre outros, devem ser laboratorialmente ensaiados conforme Normas Técnicas aplicáveis.



## Principais alterações...

### Método tabular de cálculo

esclarecimento quanto os contrapisos de lajes na composição da espessura e do  $C_1$

*Nas lajes, exceto lisas e cogumelo, a espessura do **revestimento inferior** pode ser considerada na definição da espessura mínima da laje e na definição do  $c_1$ , desde que ele seja aderente (conforme as ABNT NBR 13281 e as ABNT NBR 13528-1, ABNT NBR 13528-2 e ABNT NBR 13528-3).*

A espessura do contrapiso ( $h_2$ ) também pode ser considerada na espessura da laje, sob a mesma condição, porém não pode ser considerado na definição do  $c_1$ . Nesse caso, a espessura da laje em situação de incêndio pode ser considerada igual a  $h_1 + h_2$  (conforme a Figura 6).

Contrapisos não aderentes (...) casos em que mantas acústicas ou de impermeabilização são instaladas na sua interface com a superfície da laje, também podem aplicar o mesmo critério ( $h_1 + h_2$ ) para a obtenção da espessura mínima da laje, porém desprezando a espessura da manta ( $h_3$ ).

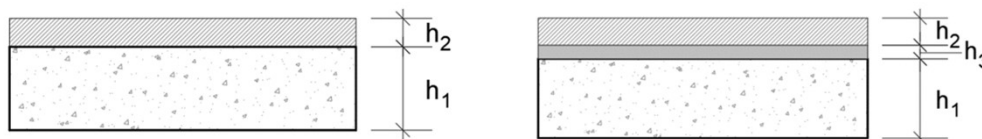


Figura 6 – Considerações sobre a espessura do revestimento nos critérios de verificação em lajes



## Principais alterações...

### Método tabular de cálculo

Esclarecimento quanto as larguras mínimas de lajes

Os valores de  $b_{wmin}$  das tabelas 4 e 5

também são os mínimos para as vigas

calculadas pelo método analítico geral

(ver Seção 8.4) quando for necessário

o atendimento do requisito de

compartimentação.

Tabela 5 – Dimensões mínimas para vigas contínuas ou vigas de pórticos:

TRRF min	Combinações de $b_{min}/c_1$ mm/mm				$b_{min}$ mm
	1	2	3	4	
30	80/15	160/12	-	-	80
60	120/25	190/12	-	-	100
90	140/37	250/25	-	-	100
120	190/45	300/35	450/35	500/30	120
180	240/60	400/50	550/50	600/40	140

† Os valores de  $c_1$  indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de  $c_1$  para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Tabela 4 – Dimensões mínimas para vigas biapoiadas\*

TRRF min	Combinações de $b_{min}/c_1$ mm/mm				$b_{min}$ mm
	1	2	3	4	
30	80/25	120/20	160/15	190/15	80
60	120/40	160/35	190/30	300/25	100
90	140/60	190/45	300/40	400/35	100
120	190/68	240/60	300/55	500/50	120
180	240/80	300/70	400/65	600/60	140

\* Os valores de  $c_1$  indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de  $c_1$  para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.



## Principais alterações...

### Método tabular de cálculo

Esclarecimento quanto as espessuras mínimas de lajes

Os valores de  $h$  indicado nas Tabelas 6, 7, 9 e 10 são os mínimos para **garantir as funções de compartimentação**. Caso não haja essa exigência, somente os valores de  $C_1$  e  $b_{min}$  (quando aplicável) devem ser respeitados para que a estrutura atenda a propriedade de capacidade resistente (R). **Nesse caso, a espessura das lajes poderá ser a obtida pelo cálculo à temperatura ambiente conforme ABNT NBR 6118.**

**NOTA: a exigência ou não da função de compartimentação deve ser definida com base em documentos e regulamentos oficiais.**

Tabela 7 – Dimensões mínimas para lajes contínuas\*

TRRF min	$h$ * mm	$c_1$ <sup>b</sup> mm
30	60	10
60	80	10
90	100	15
120	120	20
180	150	30

\*Dimensões mínimas para garantir as funções de integridade e isolamento térmica

<sup>b</sup>Válido para lajes armadas em uma ou duas direções.

<sup>c</sup>Os valores de  $c_1$  indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de  $c_1$  para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.





# Principais alterações...

## Método tabular de cálculo

Ajustes nas tabelas (método tabular) relativas aos pilares-paredes

Tabela 13 – Dimensões mínimas para pilares-parede <sup>a</sup>

TRRF min	Combinações de $b_{min}/c_1$ mm/mm			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	Uma face exposta	Duas faces expostas	Uma face exposta	Duas faces expostas
	1	2	3	
30	100/10	120/10	120/10	
60	110/10	120/10	130/10	
90	120/20	140/10	140/25	
120	140/25	160/25	160/35	
180	180/40	200/45	210/50	

<sup>a</sup> Pilar-parede conforme ABNT NBR 6118.

Antes

Depois

Tabela 13 – Dimensões mínimas para pilares-parede <sup>a</sup>

TRRF min	Combinações de $b_{min}/c_1$ mm/mm			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,70$	
	Uma face exposta	Duas ou mais faces expostas	Uma face exposta	Duas ou mais faces expostas
	1	2	3	4
30	100/10	120/10	120/10	120/10
60	110/10	120/10	130/10	140/10
90	120/20	140/10	140/25	170/25
120	150/25	160/25	160/35	220/35
180	180/40	200/45	210/50	270/55

<sup>a</sup> Pilar-parede conforme a ABNT NBR 6118, com a base e o topo de cada lâmina adequadamente vinculados às lajes do edifício, e a relação entre a altura livre do pilar-parede e a sua menor espessura limitada a 40.

No caso de pilar-parede composto (isto é, formado por várias lâminas), a avaliação da quantidade de faces expostas ao fogo deve ser feita para cada lâmina. O resultado individual mais desfavorável determinará as dimensões mínimas do pilar-parede.



# Principais alterações...

Inclusive isso foi fruto de estudo e consequente publicação no *journal* da RIEM

Rev. IBRACON Estrut. Mater., vol. 17, no. 2, e17213, 2024



IBRACON Structures and Materials Journal  
Revista IBRACON de Estruturas e Materiais

ISSN 1983-4195 ismj.org



ORIGINAL ARTICLE

## Analysis of RC columns and shear walls in fire

Análise de pilares e pilares-parede de concreto armado ao incêndio

Fabrizio Longhi Bolina<sup>a</sup>

Petrus Gorgônio Bulhões da Nóbrega<sup>b</sup>

Valdir Pignatta e Silva<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>b</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Departamento de Arquitetura, Natal, RN, Brasil

<sup>c</sup>Universidade de São Paulo – USP, Escola Politécnica, São Paulo, SP, Brasil

Received 19 February 2024

Revised 25 May 2024

Accepted 27 June 2024

**Abstract:** Recent disasters have shown that the failure of columns or shear walls exposed to fire is the main cause of building collapse. The cross-sectional thermal gradient (TG) of these structures justifies the degree of their heating and also justifies their mechanical damage, but the influence of the number of heated surfaces on their TG is not well known in the literature. A numerical FE analysis was proposed for RC columns and shear walls, assuming five fire cases in terms of the number of heated sides: only the (i) smallest and (ii) largest side, (iii) two, (iv) three and (v) four sides subjected to fire for 120 min. In order to validate the FE models, full-scale specimens were tested experimentally. Based on the number of sides heated, these structures can have an FRR of more than 120 min in relation to the values proposed by the standards.

**Keywords:** reinforced concrete, columns, shear walls, fire, structural design.

**Resumo:** Desastres recentes mostraram que a falha de pilares ou pilares-parede ao incêndio é a principal causa do colapso dos edifícios. Seu campo térmico justifica o dano mecânico, e o número de lados aquecidos não é plenamente entendido. Esta pesquisa propõe uma análise numérica de pilares e pilares-parede de concreto assumindo cinco casos de aquecimento da seção: apenas o (i) menor e (ii) maior lado, (iii) dois, (iv) três e (v) quatro lados submetidos ao incêndio por 120 min. Para validar os modelos numéricos, pilares em escala real foram testados em laboratório. Os resultados mostram que os pilares podem ter um TRF superior a 120 min em relação aos valores propostos pelos padrões.





## Principais alterações...

### Método analítico geral:

reescritura, tornando-o mais didático

#### 8.3 Método analítico

##### 8.3.1 Geral

O método analítico geral de cálculo é baseado nas seguintes hipóteses:

a) as solicitações de cálculo em situação de incêndio ( $S_{d,R}$ ) podem ser calculadas conforme 8.1;

b) o esforço resistente de cálculo em situação de incêndio de cada elemento pode ser calculado com base na distribuição de temperatura obtida para sua seção transversal, considerando exposição ao fogo conforme o TRRF e a curva padronizada de temperatura informada na ABNT NBR 16965. Essa distribuição de temperatura na seção pode ser obtida na literatura técnica ou calculada em programas específicos de computador a partir dos parâmetros de difusividade térmica apresentados no Anexo F;

c) os esforços resistentes podem ser calculados pelos critérios estabelecidos na ABNT NBR 6118 para situação normal (à temperatura ambiente), adotando para o concreto e para o aço que compõem a seção a resistência média no respectivo instante de exposição (TRRF pretendido) ou a resistência associada à temperatura média no respectivo instante de exposição (TRRF pretendido) em situação de incêndio. Essa média se obtém distribuindo uniformemente na parte comprimida da seção de concreto e na armadura total a perda total de resistência por aquecimento do concreto e armaduras, respectivamente. Alternativamente, podem-se utilizar métodos que consideram a seção de concreto reduzida em situação de incêndio. Essa redução de seção, necessária para simular a redução dos esforços resistentes, pode ser encontrada na literatura. Em situação de incêndio o valor de  $f_{cd,R}$  não precisa ser afetado pelo coeficiente  $\alpha=0,85$ , como na temperatura ambiente.

Este método destina-se à determinação da capacidade resistente (R) e não garante o atendimento do requisito de compartimentação. Caso o requisito de compartimentação seja necessário em algum elemento, suas dimensões devem respeitar os valores mínimos estabelecidos pelo método tabular ou o elemento deve ser verificado de acordo com o prescrito em 8.4 ou 8.5



## Principais alterações...

### Método avançado:

reescritura, tornando-o mais didático

#### 8.4 Método avançado

O método avançado de cálculo das estruturas de concreto em situação de incêndio permite a admissão de condições de vinculação, exposição e desenvolvimento das temperaturas de forma mais realista, esboçando uma aproximação do provável comportamento das mesmas quando submetidas a essa condição de exposição

Os métodos avançados de cálculo devem considerar, pelo menos:

a) combinação de ações em situação de incêndio, com base na ABNT NBR 8681;

b) esforços solicitantes de cálculo, acrescidos dos efeitos das deformações térmicas restringidas, desde que calculados por modelos não lineares capazes de considerar as redistribuições de esforços que ocorrerem;

c) esforços resistentes, que devem ser calculados considerando as distribuições de temperatura na seção, obtidas pela exposição da estrutura à curva de temperatura informada na ABNT NBR 16965, conforme o TRRF pretendido.

d) ambas as distribuições, de temperatura e de resistência, devem ser rigorosamente calculadas considerando as não linearidades envolvidas.

A verificação da capacidade resistente deve respeitar o que estabelece a ABNT NBR 6118.

O elemento pode ser avaliado de forma isolada (local), desde que a rigidez da sua vinculação (ou continuidade no pavimento ou entre pavimentos) seja devidamente fundamentada.

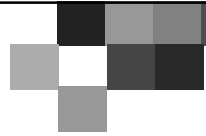
A determinação da distribuição e temperatura na estrutura e a verificação da isolamento térmica (I) e deformação podem ser feitas analiticamente por programas que considerem adequadamente a distribuição de temperatura na edificação (curvas de incêndio normalizadas), preservando os critérios da ABNT NBR 16945. Os programas utilizados devem ser validados, serem de uso consagrado internacionalmente ou serem avaliados por ensaios experimentais em estruturas.





# Principais alterações...

## Método experimental



### Método experimental:

Atualização das referências normativas aplicáveis

#### 8.5 Método experimental

A resistência ao fogo dos elementos estruturais constantes nesta Norma pode ser definida por ensaios experimentais conforme a ABNT NBR 5628 e classificados conforme ABNT NBR 16945.

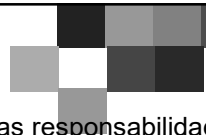
O dimensionamento por meio de resultados experimentais pode ser feito através de ensaios realizados em laboratório nacional ou em laboratório estrangeiro, de acordo com Norma Brasileira específica ou de acordo com norma ou especificação estrangeira, respeitando os critérios de similitude aplicáveis ao caso e os aspectos e materiais construtivos utilizados no Brasil.



# Principais alterações...

## Anexo A - Método do Tempo Equivalente:

Reescritura com o propósito de esclarecimentos textuais e atribuição das responsabilidades



### Anexo A (normativo)

#### Método do Tempo Equivalente (Análise para redução do TRRF)

A.1 O valor do tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) recomendado pela NBR 14432 ou por documentos oficiais pode ser reduzido em até 30 min, desde que a edificação possua uma boa segurança contra incêndio, analisada pela perspectiva de sua arquitetura e das medidas de segurança contra incêndio previstas em projeto específico. Esta redução, analisada por compartimento, deverá ser comprovada por meio do procedimento aqui demonstrado.

O nível de segurança contra incêndio pode ser avaliado pela equação seguinte.

$$T = 0,07 q_{e,k} W^{1/3}$$

- Caso  $T \leq \text{TRRF}-30$ , o valor do TRRF pode ser reduzido para  $\text{TRRF} - 30$  min
- Caso  $\text{TRRF} - 30 \text{ min} < T < \text{TRRF}$ , o valor de TRRF pode ser tomado como T
- Caso  $T \geq \text{TRRF}$ , o valor do TRRF não pode ser reduzido e nem necessita ser aumentado

onde

$q_{e,k}$  é o valor característico da carga de incêndio específica, em MJ/m², determinado por documentos e regulamentos oficiais, como por exemplo normas da ABNT, a IT 14 CBMESP ou documento equivalente de cada estado, ou por ensaios experimentais, entre outros;

W é um fator que considera a influência da ventilação e da altura do compartimento, conforme a equação apresentada a seguir, em que  $A_v$  é a área de ventilação vertical para o ambiente externo do compartimento, admitindo-se que os vidros das janelas se quebrarão em incêndio,  $A_c$  é a área do piso do compartimento e H é a altura do compartimento (distância do piso ao teto), em metros

$$W = \left( \frac{6}{H} \right)^{0,3} \left\{ 0,62 + 90 \left( 0,4 - \frac{A_v}{A_c} \right)^4 \right\} \geq 0,5 \text{ para } A_v/A_c \leq 0,30.$$

Para  $A_v/A_c > 0,30$ , deve ser adotado  $A_v/A_c = 0,30$ . Em qualquer caso,  $A_v/A_c \geq 0,025$ .

$\gamma_s$  é um fator de ponderação determinado por  $\gamma_s = \gamma_{s1} \times \gamma_{s2}$ , conforme Tabela A.1

Tabela A.1 – Fatores de ponderação das medidas de segurança contra incêndio  
Valores de  $\gamma_{s1}$ ,  $\gamma_{s2}$  e  $\gamma_{s3}$

Existência de chuveiros automáticos	Brigada contra incêndio	Existência de detecção automática
$\gamma_{s1}$	$\gamma_{s2}$	$\gamma_{s3}$
0,60	0,90	0,9

Na ausência de algum meio de proteção, indicado na Tabela A.1, adotar  $\gamma_s$  igual a 1.

$\gamma_s$  é um fator de ponderação determinado por  $\gamma_s = \gamma_{s1} \times \gamma_{s2}$ , conforme equação a seguir e a Tabela 2. Caso  $\gamma_s < 1,00$ , deve-se adotar  $\gamma_s = 1,00$  e caso  $\gamma_s > 3,00$ , deve-se adotar  $\gamma_s = 3,00$ .

$$\gamma_{s2} = 1 + \frac{A_f \times (h + 3)}{10^3}$$

Onde:

$A_f$  é a área do piso do compartimento analisado, em metros quadrados;

$h$  é a altura contada a partir do pavimento habitável mais baixo até o piso do último pavimento habitável.

NOTA:

Na medição da altura h da edificação, não serão considerados:

I - os subsolos destinados a estacionamento de veículos, vestiários, instalações sanitárias e áreas técnicas sem aproveitamento para quaisquer atividades ou permanência de pessoas;

II - pavimentos superiores destinados, exclusivamente, a áticos, casas de máquinas, bariletes, reservatórios de água e semelhantes;

III - mezaninos cuja área não ultrapasse 1/3 (um terço) da área do pavimento onde se situa;

IV - o pavimento superior da unidade duplex do último piso de edificação de uso residencial multifamiliar



# Principais alterações...

## Anexo B

### Diagrama tensão vs deformação do concreto

- ❑ Revisão da deformação específica do concreto em função da temperatura elevada

#### Anexo B (normativo)

#### Diagrama tensão-deformação do concreto

B.1 O diagrama tensão-deformação do concreto a temperaturas elevadas obedece à seguinte equação:

$$\sigma_{c,\theta} = f_{ck,\theta} \cdot \frac{3 \cdot \left( \frac{\epsilon_{c,\theta}}{\epsilon_{c1,\theta}} \right)}{2 + \left( \frac{\epsilon_{c,\theta}}{\epsilon_{c1,\theta}} \right)}$$

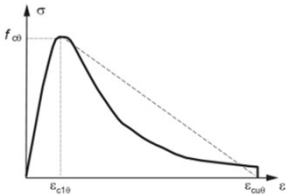


Figura B.1 – Aspecto do diagrama tensão-deformação do concreto

Tabela B.1 - Deformação específica do concreto em função da temperatura elevada

θ °C	ε <sub>c1,θ</sub> %	ε <sub>cu,θ</sub> %
20	0,25	2,00
100	0,40	2,25
200	0,55	2,50
300	0,70	2,75
400	1,00	3,00
500	1,50	3,25

Tabela B.1 (continuação)

θ °C	ε <sub>c1,θ</sub> %	ε <sub>cu,θ</sub> %
600	2,50	3,50
700	2,50	3,75
800	2,50	4,00
900	2,50	4,25
1 000	2,50	4,50
1 100	2,50	4,75
1 200	----	----



Já estamos pensando na próxima  
revisão?  
Perspectivas...





*Obrigado*

**Fabrício L. Bolina**  
fabriciobolina@gmail.com  
@bolina.professor



65°  
CONGRESSO BRASILEIRO DO  
**CONCRETO**  
22 a 25 - outubro - 2024 - Alagoas - Maceió

# OBRIGADO!