



INSTRUÇÃO TÉCNICA

IT 07

**Proteção Estrutural em
Situações de Incêndio**

PARTE I

**Segurança estrutural nas
Edificações**

1ª VERSÃO

2017

bombeiros.pa.gov.br
Diretoria de Serviços
Técnicos

PARTE I

1. OBJETIVO

Esta Instrução Técnica estabelece as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação que integram as edificações para que, em situação de incêndio, seja evitado o colapso estrutural por tempo suficiente para possibilitar o atendimento das prescrições contidas nas disposições preliminares do Regulamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico nas edificações e áreas de risco no Estado do Pará.

2. APLICAÇÃO

2.1 Esta Instrução Técnica se aplica a todas edificações e áreas de risco onde for exigida a segurança estrutural contra incêndio, conforme exigências do Regulamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico nas edificações e áreas de risco no Estado do Pará.

2.2 Na ausência de Norma Nacional sobre dimensionamento das estruturas em situação de incêndio, adota-se o Eurocode em sua última edição, ou norma similar reconhecida internacionalmente. No momento da publicação de norma nacional sobre o assunto, esta passará a ser adotada nos termos desta IT.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Para compreensão desta Instrução Técnica é necessário consultar as seguintes normas, levando em consideração todas as suas atualizações e outras que vierem substituí-las:

LEI Nº 5.088, DE 19 DE SETEMBRO DE 1983 - dá nova redação à Lei Estadual nº 4.453, de 22 de dezembro de 1972, que criou o Serviço de Proteção e Prevenção Contra Incêndio do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado do Pará.

Decreto Estadual Nº 357, DE 21 DE AGOSTO DE 2007 - Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio e Pânico das edificações e áreas de risco para os fins da Lei nº 5.731, de 15 de dezembro de 1992 e estabelece outras providências.

Instrução Técnica Nº. 02/2012 do CBMPA - Saídas de Emergência.

NBR 5628 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo.

NBR 6118 - Projeto e execução de obras de concreto – Procedimento.

NBR 6120 - Cargas para cálculo de estruturas de edifícios – Procedimento.

NBR 6479 – Portas e vedadores – Determinação da resistência ao fogo – Método de ensaio.

NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.

NBR 8800 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios – Procedimento.

NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – Procedimento.

NBR 10636 - Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo – Método de ensaio.

NBR 11711 – Porta e vedadores corta-fogo com núcleo de madeira para isolamento de riscos em ambientes comerciais e industriais – Especificação.

NBR 11742 – Porta corta-fogo para saída de emergência – Especificação.

NBR 14323 - Dimensionamento de estrutura de aço em situação de incêndio – Procedimento.

NBR 14432/2001 – Exigência de resistência ao fogo de elementos de construção de edificações – Procedimento.

NBR 14762/2001 – Dimensionamento de estruturas de aço construídas por perfis formados a frio – Procedimento.

NBR 15200/2004 – Projeto de estrutura de concreto em situação de incêndio – Procedimento.

Regulamentação “Fire Safety of Bare External Structure Steel” de MARGARET LAW and TURLOGH O’BRIEN.

4. DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Instrução Técnica, aplicam-se as definições constantes da IT 01 – Procedimentos Administrativos: Parte IV – Terminologia.

5. PROCEDIMENTOS:

5.1 Os tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF) são aplicados aos elementos estruturais e de compartimentação, conforme os critérios estabelecidos nesta Instrução Técnica e em seu **Anexo A**.

5.2 Para comprovar os TRRF constantes desta Instrução Técnica são aceitas as seguintes metodologias:

- execução de ensaios específicos de resistência ao fogo em laboratórios;
- atendimento a tabelas elaboradas a partir de resultados obtidos em ensaios de resistência ao fogo;
- modelos matemáticos (análiticos) devidamente normalizados ou internacionalmente reconhecidos.

5.3 Método do Tempo Equivalente

5.3.1 Para edificação com altura menor ou igual a 6 m, admite-se o uso do método do tempo equivalente de resistência ao fogo em substituição aos TRRF estabelecidos nesta instrução, conforme metodologia descrita no Anexo C.

5.3.2 Para edificação com altura superior a 6,00 m, admite-se o uso do método acima descrito, contudo, fica limitada a redução de 30 min dos valores dos TRRF constantes da Tabela A do

Anexo A, desta IT.

5.3.3 Na utilização do método do tempo equivalente, os TRRF resultantes dos cálculos não poderão ter valores inferiores a 30 minutos:

5.3.4 O método do tempo equivalente não pode ser empregado nas condições abaixo:

- a) Edificações do grupo L (explosivos);
- b) Edificações de divisões M1 (túneis); M2 (parques de tanques) e M3 (centrais de comunicação e energia);
- c) Edificações com estruturas de madeira.

5.3.5 No dimensionamento desse método, adotar módulos de no máximo 500 m² de área de piso. Módulos maiores podem ser utilizados, quando o espaço analisado possuir características construtivas e cargas de incêndio uniformes. Será considerado o TRRF de maior valor obtido (observar item 5.15 desta IT, quando se tratar de ocupação mista).

5.4 Ensaios

Os ensaios devem ser realizados em laboratórios reconhecidos, de acordo com as normas técnicas nacionais ou, na ausência destas, de acordo com normas ou especificações estrangeiras internacionalmente reconhecidas.

5.5 Dimensionamento de elementos estruturais em situação de incêndio

5.5.1 – Elementos estruturais de aço e elementos estruturais mistos de aço e concreto. Devem ser calculados de acordo com a NBR 14323 – 1999 - Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento.

5.5.2 Elementos estruturais de concreto Devem ser calculados de acordo com a NBR-15200 – 2004 - Projeto de estruturas de concreto em situação de Incêndio – Procedimento.

5.5.3 Outros materiais estruturais Na ausência de normas nacionais, poderão ser utilizadas normas ou especificações estrangeiras internacionalmente reconhecidas.

5.6 Cobertura

As estruturas das coberturas que não atendam aos requisitos de isenção do Anexo A devem ter, no mínimo, o mesmo TRRF das estruturas principais da edificação.

5.7 Elementos de Compartimentação

5.7.1 Para as escadas e elevadores de segurança, os elementos de compartimentação, constituídos pelo sistema estrutural das compartimentações e vedações das caixas, dutos e antecâmaras, devem atender, no mínimo, ao TRRF igual ao estabelecido no Anexo A desta Instrução Técnica, porém, não podendo ser inferior a 120 (cento e vinte) minutos.

5.7.2 Os elementos de compartimentação (externa e internamente à edificação, incluindo as lajes, as fachadas, paredes externas e as

selagens dos *shafts* e dutos de instalações) e os elementos estruturais essenciais à estabilidade destes elementos, devem ter, no mínimo, o mesmo TRRF da estrutura principal da edificação, sendo que o TRRF mínimo para as selagens dos *shafts* e dutos de instalações serão de 60 (sessenta) minutos.

5.7.3 As paredes divisórias entre unidades autônomas, para as ocupações dos grupos A (A2 e A3), B, E e H (H2; H3; H5 e H6) devem possuir TRRF mínimo de 60 (sessenta) minutos, independente do TRRF da edificação. Esta regra pode ser dispensada para as ocupações que possuam sistemas de chuveiros automáticos, projetados conforme normas técnicas.

5.7.3.1 Nas ocupações mencionadas no item anterior, que possuam sistemas de chuveiros automáticos, projetados conforme normas técnicas, as portas da destas unidades, que dão acesso aos corredores e/ou hall de entrada não necessitam ser do tipo resistente ao fogo.

Nota: São consideradas unidades autônomas os apartamentos residenciais; os apartamentos de hotéis, motéis e flats; as salas de aula; as enfermarias e quartos de hospitais; as celas dos presídios e assemelhados.

5.7.4 Os elementos de compartimentação usados como isolamento de riscos e os elementos estruturais essenciais à estabilidade desta compartimentação devem ter, no mínimo, TRRF de 120 (cento e vinte minutos).

5.8 Mezaninos

5.8.1 Os mezaninos que não atendam aos requisitos de isenção do Anexo A, devem ter os TRRF conforme estabelecido nesta Instrução Técnica, de acordo com a respectiva ocupação.

5.9 Materiais de proteção térmica

5.9.1 A escolha, dimensionamento e aplicação de materiais de proteção térmica são de responsabilidade exclusiva do(s) responsável(is) técnico(s) pelo projeto.

5.9.2 As propriedades térmicas e o desempenho dos materiais de proteção térmica quanto à aderência, combustibilidade, estanqueidade, toxidade e outras propriedades, devem ser determinados por ensaios realizados em laboratório nacional ou estrangeiro reconhecido internacionalmente, de acordo com norma técnica nacional ou, na ausência desta, de acordo com norma estrangeira reconhecida internacionalmente.

5.9.3 As propriedades dos materiais que variem com a temperatura devem ser por meio da função de variação correspondente ou deve ser adotado o valor característico a 600°C.

5.10 Subsolo

Os subsolos das edificações devem ter o TRRF estabelecido em função do TRRF da ocupação a que pertencer, conforme Anexo A, não podendo ser inferior ao TRRF dos pavimentos situados acima do solo.

5.11 Isenção de TRRF

5.11.1 As edificações isentas de TRRF, conforme Anexo A, devem ser projetadas (considerando medidas ativas e passivas) visando atender aos objetivos do Regulamento de Segurança Contra Incêndio do Corpo de Bombeiros. Caso contrário, as isenções não são admitidas.

5.12 Estruturas externas

5.12.1 O elemento estrutural situado no exterior da edificação pode ser considerado livre da ação do incêndio, quando o seu afastamento das aberturas existentes na fachada for suficiente para garantir que a sua elevação de temperatura não superará a temperatura crítica considerada. Tal situação deve ser tecnicamente comprovada pelo responsável técnico pelo projeto estrutural.

5.12.2 Para estruturas de aço, o procedimento para a verificação da possibilidade de aceitação do item anterior deve ser analítico, envolvendo os seguintes passos:

- definição das dimensões do setor que pode ser afetado pelo incêndio;
- determinação da carga de incêndio específica;
- determinação da temperatura atingida pelo incêndio;
- determinação da altura, profundidade e largura das chamas emitidas para o exterior da edificação;
- determinação da temperatura das chamas nas proximidades dos elementos estruturais;
- cálculo da transferência de calor para os elementos estruturais;
- determinação da temperatura do aço no ponto mais crítico.

5.12.2.1 Para atender aos itens 5.12.1 e 5.12.2, usar a regulamentação de MARGARET LAW and TURLOGH O'BRIEN - "*Fire Safety of Bare External Structure Steel*" ou regulamento similar.

5.12.2.2 Caso a temperatura determinada de acordo com o item 5.12.2 seja superior à temperatura crítica das estruturas calculadas, essas devem ter o TRRF conforme o estabelecido nesta Instrução Técnica.

5.12.3 Para outros materiais estruturais, aceita-se método analítico internacionalmente reconhecido.

5.13 Estruturas encapsuladas

5.13.1 Os elementos estruturais encapsulados estarão livres da ação de incêndio desde que o encapsulamento tenha o TRRF no mínimo igual ao que seria exigido para o elemento considerado.

5.13.2 Considera-se forro resistente ao fogo o conjunto envolvendo as placas, perfis, suportes e selagens das aberturas, devidamente ensaiado (conjunto), atendendo ao TRRF mínimo igual ao que seria exigido para o elemento protegido considerado. O ensaio de resistência ao fogo deve mencionar as soluções adotadas para as selagens das aberturas (penetrações) no forro (tais como: iluminação, ar-condicionado e outras).

5.14 Edificação aberta lateralmente

5.14.1 Será considerada aberta lateralmente a edificação ou parte

de edificação que, em cada pavimento: Considerar, para efeito desta instrução, como sendo todas as vigas cuja ruína pode provocar o colapso de toda a edificação ou de parte da mesma.

- tenha ventilação permanente em duas ou mais fachadas externas, providas por aberturas que possam ser consideradas uniformemente distribuídas e que tenham comprimentos em planta que somados atinjam pelo menos 40% do perímetro da edificação e áreas que somadas correspondam a pelo menos 20% da superfície total das fachadas externas;
- tenha ventilação permanente em duas ou mais fachadas edificação provida por aberturas cujas áreas somadas correspondam a pelo menos 1/3 da superfície total das fachadas externas, e pelo menos 50% destas áreas abertas situadas em duas fachadas opostas.

5.14.2 Em qualquer caso, as áreas das aberturas nas laterais externas somadas devem possuir ventilação direta para o meio externo e devem corresponder a pelo menos 5% da área do piso no pavimento e as obstruções internas eventualmente existentes devem ter pelo menos 20% de suas áreas abertas, com aberturas dispostas de forma que possam ser consideradas uniformemente distribuídas, para permitir a ventilação.

5.15 Ocupação mista

À edificação que apresentar ocupação mista, aplicam-se os seguintes critérios para o estabelecimento dos Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo (TRRF):

- o valor correspondente à ocupação que deve atender às exigências mais rigorosas, caso não haja compartimentação garantindo a separação destas ocupações;
- o valor correspondente a cada uma das ocupações, caso haja compartimentação garantindo a separação entre elas.

5.16 Vigas principais

Considerar, para efeito desta instrução, como sendo todas as vigas cuja ruína pode provocar o colapso de toda a edificação ou de parte da mesma.

5.17 Vigas secundárias

São as vigas cuja ruína tem efeito apenas localizado, ou seja, não provoca o colapso de outras partes da edificação.

5.18 Memorial de Segurança da Estrutura

Quando da solicitação da Vistoria junto ao CBMPA, deverá ser anexado um Memorial de Proteção dos Elementos Construtivos, com os seguintes dados:

- método empregado para se atingir os TRRF dos elementos estruturais da edificação;
- os TRRF para os diversos elementos construtivos,
- especificações e condições de isenções e/ou reduções de TRRF;
- tipo e espessuras de materiais de proteção térmica utilizados nos elementos construtivos, quando for o caso, nas estruturas de aço, ou requisitos de dimensões e cobrimento de armadura nas estruturas de concreto. Para outros materiais estruturais, detalhar a solução adotada.
- termo de Responsabilidade Técnica pela execução do projeto de segurança da estrutura em situação de incêndio.

ANEXO A (Normativo)

Tempos requeridos de resistência ao fogo Os tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF) devem ser determinados conforme a Tabela A deste anexo, obedecendo-se às recomendações contidas nesta instrução e nas considerações a seguir:

A1 Os tempos entre parênteses podem ser usados em subsolo nos quais a área bruta de cada pavimento seja menor ou igual a 500 m² e em edificações nas quais cada pavimento acima do solo tenha área menor ou igual a 750 m².

A2 Condições de isenção e redução dos TRRF.

A2.1 As edificações desta seção para obterem o benefício de isenção ou redução dos TRRF devem atender aos objetivos do Regulamento de Segurança contra Incêndio do CBMPA e possuírem as saídas de emergência, as rotas de fuga e as condições de ventilação dimensionadas conforme regulamentações vigentes.

A2.2 As isenções e reduções abaixo não se aplicam:

- a) aos subsolos com área superior a 500m²;
- b) a estrutura e paredes de vedação das escadas e elevadores de segurança, de isolamento de riscos e de compartimentação, descritos em **5.7.1, 5.7.2, 5.7.3**;
- c) às edificações do grupo **L** (explosivos) e das divisões **M1** (túneis); **M2** (parques de tanques) e **M3** (centrais de comunicação e energia).

A2.3 Edificações ISENTAS de TRRF, nas condições do item **A2.1**, sendo que as áreas **abaixo** referem-se à área total construída da edificação:

A2.3.1 Edificações de classe P1 e P2 com área menor ou igual a 750 m².

A2.3.2 Edificações térreas pertencentes às divisões F5, G5, H5, I3, quando:

- a) a cobertura da edificação não tiver função de piso ou não for usada como rotas de fuga para saídas de emergência;
- b) a estrutura considerada da edificação, a critério do responsável técnico pelo projeto estrutural, comprovado através de estudos técnicos, não for essencial à estabilidade de um elemento de compartimentação;
- c) a edificação possuir carga de incêndio específica menor ou igual a 500 MJ/m².

A2.3.3 Edificações pertencentes às divisões G1 e G2, de classes P3 a P4, quando abertos lateralmente conforme item 5.14 desta instrução e com as estruturas dimensionadas conforme Anexo D da NBR-14432:2001.

A2.3.4 As coberturas das edificações que atendam aos requisitos abaixo:

- a) não tiverem função de piso;
- b) não forem usadas como rotas de fuga para saídas de emergência;
- c) os elementos estruturais de cobertura cujo colapso, a critério do responsável técnico pelo projeto estrutural, **comprovado através de estudos técnicos**, não comprometa a estabilidade da estrutura principal da edificação.

A2.3.5 Os mezaninos que apresentem área inferior a 750m² cuja estrutura não dependa da estrutura principal do edifício.

A2.3.6 As escadas abertas (escadas simples), desde que não possuam materiais combustíveis incorporados em suas estruturas, acabamentos ou revestimentos.

A2.4 As edificações térreas pertencente às divisões **F5, G5, H5, I3** podem ter os TRRF constantes da **Tabela A** reduzidos em 30 minutos, caso atendam um dos seguintes requisitos abaixo:

- a) forem providas de chuveiros automáticos, conforme instrução técnica a respeito;
- b) possuírem área total menor ou igual a 5000m², com pelo menos duas fachadas para acesso e estacionamento operacional de viaturas, conforme consta na IT-04 (Acesso e estacionamento de viatura na edificação e áreas de risco), que perfaçam no mínimo 50% do perímetro da edificação.
- c) forem consideradas lateralmente abertas, conforme item 5.14 desta instrução.

A2.5 O TRRF das vigas secundárias, conforme item 5.17 desta instrução, não necessita ser maior que:

- a) 60 minutos para as edificações de classes P1 a P4;
- b) 90 minutos para as edificações de classe P5.

A2.5.1 Estas condições não se aplicam às edificações com altura superior a 80 metros. **A2.6** A opção de escolha pra determinação do TRRF conforme item **5.3** (tempo equivalente) fica a critério do responsável técnico, não podendo haver em qualquer hipótese sobreposições de isenções, em função do item A2 e sub itens ou em função de aços não convencionais.

Tabela A – Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF)

Para a classificação detalhada das ocupações (grupo e divisão) consultar Regulamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico nas edificações e áreas de risco do Estado do Pará.

Grupo	Ocupação/Use	Divisão	Profundidade do Subsolo h		Altura da edificação h					
			Classe S ₂ h > 10m	Classe S ₁ h ≤ 10m	Edificação Baixa		Edificação Média Altura		Medianament e Alta	Alta
					Classe P ₁ h ≤ 6m	Classe P ₂ 6m < h ≤ 12m	Classe P ₃ 12m < h ≤ 23m	Classe P ₄ 23m < h ≤ 30m	Classe P ₅ 30m < h ≤ 54m	h > 54m
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60	30	30	60	90	120	CT
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120	CT
C	Comercial varejista	C-1	90	60	60 (30)	60(30)	60	90	120	CT
		C-2 e C-3	90	60	60	60(30)	60	90	120	CT
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60	30	60 (30)	60	90	120	CT
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60	30	30	60	90	120	CT
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5 e F-6,8,10,11	90	60	60 (30)	60	60	90	120	CT
		F-3, F-4 e F-7	90	60	60	60	30	30	CT	CT
		F-9	CT							
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-6	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120	CT
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60	120
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 e H-4	90	60	30	60	60	90	120	CT
		H-2, H-3 e H-5	90	60	30	60	60	90	120	CT
I	Industrial	I-1	90 (60)	60 (30)	30	30	30	60	120	CT
		I-2	120	90	30	30	60 (30)	90	120	CT
		I-3	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120	CT
J	Depósitos	J-1	60	30	30	30	30	30	60	CT
		J-2	90	60 (30)	30	30	30	30	60	CT
		J-3	90	60 (30)	30	60	60	120 (90)	120	CT
		J-4	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120	CT
L	Explosivos	L-1, L-2 e L-3	120	120	120	CT	CT			
M	Especial	M-1	150	150	150	CT				
		M-2	CT							
		M-3	120	90	90	90	120	CT		

NOTAS da TABELA A:

1. CT = Consultar Câmara Técnica junto ao Corpo de Bombeiros Militar do Pará.
2. Os tempos entre parênteses podem ser usados nas edificações nas quais cada pavimento tenha área menor ou igual a 750m^2 , desde que haja compartimentação vertical entre os pavimentos.
3. O TRRF dos subsolos não pode ser inferior ao TRRF dos pavimentos situados acima do solo (ver item 5.10)
4. Para edificações com altura entre 54m a 80m, poderão ser exigidos os mesmos TRRF das edificações da Classe P₅

Anexo B (informativo)

Tabela de resistência ao fogo para alvenarias

Paredes ensaiadas (*)		Características das paredes										Resultado dos ensaios					
		Traço em volume da argamassa do assentamento			Espessura média da argamassa de assentamento (cm)	Traço em volume de argamassa de revestimento					Espessura de argamassa de revestimento (cada face) (cm)	Espessura total da parede (cm)	Duração do ensaio (min)	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (horas)			Resistência ao fogo (horas)
						Chapisco		Emboço						Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
		Cimento	Cal	Areia		Cimento	Areia	Cimento	Cal	Areia							
Parede de tijolos de barro cozido (dimensões nominais dos tijolos). 5 cm x 10 cm x 20 cm: Massa: 1,5 kg	Meio - tijolo sem revestimento	-	1	5	1	-	-	-	-	-	-	10	120	≤ 2	≤ 2	1½	1½
	Um tijolo sem revestimento	-	1	5	1	-	-	-	-	-	-	20	395 (**)	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 6
	Meio - tijolo com revestimento	-	1	5	1	1	3	1	2	9	2,5	15	300	≤ 4	≤ 4	4	4
	Um tijolo com revestimento	-	1	5	1	1	3	1	2	9	2,5	25	300 (**)	≤ 6	≤ 6	≤ 5	> 6
Parede de blocos vazados de concreto (2 furos) (blocos com dimensões nominais): 14 cm x 19 cm x 39 cm e 19 cm x 19 cm x 39 cm; e massas de 13 kg e 17 kg respectivamente	Bloco de 14 cm sem revestimento	1	1	8	1	-	-	-	-	-	-	14	100	≤ 1½	≤ 1½	1½	1½
	Bloco de 19 cm sem revestimento	1	1	8	1	-	-	-	-	-	-	19	120	≤ 2	≤ 2	1½	1½
	Bloco de 14 cm com revestimento	1	1	8	1	1	3	1	2	9	1,5	17	150	≤ 2	≤ 2	2	2
	Bloco de 19 cm com revestimento	1	1	8	1	1	3	1	2	9	1,5	22	185	≤ 3	≤ 3	3	3
Paredes de tijolos cerâmicos de oito furos (dimensões nominais dos	Meio - tijolo com revestimento	-	1	4	1	1	3	1	2	9	1,5	13	150	≤ 2	≤ 2	2	2

tijolos 10 cm x 20 cm x 20 cm (massa 2,9 Kg)	Um tijolo com revestimento	-	1	4	1	1	3	1	2	9	1,5	23	300 (**)	≤ 4	≤ 4	≤ 4	> 4
Paredes de concreto armado monolítico sem revestimento	Traço do concreto em volume, 1 cimento: 2,5 areia média: 3,5 agregado graúdo (granito pedra nº 3); armadura simples posicionada à meia espessura das paredes, possuindo malha de lados 15 cm, de aço CA- 50A diâmetro ¼ polegada	11,5	150	2	2	1	1½										
		16	210	3	3	3	3										

(*) Paredes sem função estrutural ensaiadas totalmente vinculadas dentro da estrutura de concreto armado, com dimensões 2,8m x 2,8m totalmente expostas ao fogo (em uma face) (**) Ensaio encerrado sem ocorrência de falência em nenhum dos três critérios de avaliação.

Anexo C (normativo)

Método do tempo equivalente de resistência ao fogo

O tempo equivalente a ser determinado de acordo com a formulação abaixo não poderá ter valores menores de TRRF conforme o especificado no item 5.3.3 desta instrução técnica:

$$t_{eq} = q_{fi} \gamma_n \gamma_s K W E$$

Onde:

t_{eq} – tempo equivalente (minutos).

q_{fi} – carga de incêndio (MJ/m²).

$\gamma_n = \gamma_{n1} \gamma_{n2} \gamma_{n3}$ – coeficiente adimensional que leva em conta a presença de medidas de proteção ativa da edificação, determinado conforme a tabela C2.

$\gamma_s = \gamma_{s1} \gamma_{s2}$ – coeficiente de segurança que depende do risco de incêndio e das consequências do colapso da edificação, determinado conforme tabelas C3 e C4.

K – fator determinado conforme tabela C1.

W – fator associado à ventilação do ambiente.

E – fator de correção que depende do material da estrutura, determinado conforme Tabela C5.

Tabela C1 - Fator K

$b = \sqrt{\rho c \lambda}$	K (min . m ² / MJ)
-----------------------------	---

θ – massa específica do elemento de vedação do compartimento (kg/m³)

c – calor específico do elemento de vedação do compartimento (MJ/kg°C)

Z - condutividade térmica do elemento de vedação (W/m°C)

$b = \sqrt{\rho c \lambda}$ (J/m ² s ^{1/2} °C)	K (min . m ² / MJ)
$b = \sqrt{\rho c \lambda} > 2500$	0,040
$720 \leq b = \sqrt{\rho c \lambda} \leq 2500$	0,055
$b = \sqrt{\rho c \lambda} < 720$	0,070

Notas:

- 1) Quando houver elementos de compartimentação com diferentes camadas de material, pode ser utilizado o menor valor de $b(\sqrt{\rho c \lambda})$, a favor da segurança.
- 2) Quando houver diferentes valores de b em paredes, pisos e tetos, este valor é determinado conforme a expressão abaixo:

$$b = \frac{\sum b_i A_i}{A_t - A_v}$$

Onde:

b_i é o fator b do elemento de compartimentação i

A_i – área do elemento de compartimentação i (m²)

A_t – área total do compartimento (piso, teto e paredes) (m²)

A_v - área de ventilação vertical (janelas, portas e similares) (m²)

$$W = \left(\frac{6}{H} \right)^{0,3} \left[0,62 + \frac{90 \left(0,4 - \frac{A_v}{A_f} \right)^4}{1 + 12,5 \left(1 + 10 \frac{A_v}{A_f} \right) \frac{A_h}{A_f}} \right] \geq 0,5$$

H – altura do compartimento (m)

A_v – área de ventilação vertical - janelas (m²)

A_h – área de ventilação horizontal - piso (m²)

A_f – área de piso (m^2)

Tabela C2 - Fatores das medidas de segurança contra incêndio

Valores de γ_{n1} γ_{n2} γ_{n3}			
Existência de chuveiros automáticos (γ_{n1})	Brigada contra incêndio (γ_{n2})		Existência de detecção automática (γ_{n3})
0,60	Não profissional	Profissional	0,9
	0,90	0,60	

Na ausência de algum meio de proteção indicado na tabela C2, deve ser adotado o respectivo γ_n igual a 1.

Tabela C3 - Característica da edificação

Área do compartimento (m^2)	Altura da edificação (m) - γ_{s1}						
	Térrea	$h \leq 6$	$6 \leq h \leq 12$	$12 < h \leq 23$	$23 < h \leq 30$	$30 < h \leq 80$	$H > 80$
≤ 750	1.00	1.00	1.10	1.20	1.25	1.45	1.60
≤ 1000	1.05	1.10	1.15	1.25	1.35	1.65	1.85
≤ 2500	1.10	1.25	1.40	1.70	1.85	2.60	3.00
≤ 5000	1.15	1.45	1.75	2.35	2.65	3.00	3.00
≤ 7500	1.25	1.70	2.15	3.00	3.00	3.00	3.00
≤ 10000	1.30	1.90	2.50	3.00	3.00	3.00	3.00
≤ 20000	1.60	2.80	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
≥ 65000	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Tabela C4 - Risco de ativação

valores de γ_{s2}	risco de ativação do incêndio	exemplos de ocupação
0,85	Pequena	biblioteca, correio, escola, galeria de arte, igreja, museu, livraria, frigorífico, escritório, venda de acessórios de automóveis, depósitos em geral
1,0	Normal	cinema, consultório médico, farmácia, hotel, hospital, laboratório fotográfico, indústria de papel, oficina elétrica ou mecânica, residência, restaurante, teatro, depósitos de: produtos farmacêuticos, bebidas alcoólicas
1,2	Média	Montagem de automóveis, hangar, indústria mecânica
1,45	Alta	Laboratório químico, oficina de pintura de automóveis

Tabela C5 – Valores do Fator E

Material da estrutura	Fator E
Concreto armado	1,0
Aço revestido termicamente	1,0
Aço sem revestimento térmico	13,7 V

Nota: No caso de estruturas mistas de aço e concreto, utilizar, onde aplicável, o valor mais desfavorável de E.

Onde:

V – grau de ventilação do compartimento calculado, conforme a seguinte expressão:

$$V = \frac{A_v \sqrt{h_{eq}}}{A_t}$$

Nota: Limites de aplicação: $0,02 \text{ m}^{1/2} \leq V \leq 0,20 \text{ m}^{1/2}$

A_v = Área total de aberturas verticais (m^2);

h_{eq} = Altura média das janelas, em metro (m);

A_t = Área total do compartimento (paredes, teto e piso, incluindo aberturas).