

SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA



POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO



Corpo de Bombeiros

INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 08/2004

Segurança Estrutural nas Edificações **Resistência ao fogo dos elementos de construção**

SUMÁRIO

- 1** Objetivo
- 2** Aplicação
- 3** Referências normativas e bibliográficas
- 4** Definições
- 5** Procedimentos

ANEXOS

- A** Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF)
- B** Tabela de resistência ao fogo para alvenarias
- C** Método do tempo equivalente de resistência ao fogo

I OBJETIVO

1.1 Esta Instrução Técnica estabelece as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação que integram as edificações, quanto aos Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo, para que, em situação de incêndio, seja evitado o colapso estrutural por tempo suficiente para possibilitar o cumprimento dos objetivos descritos no art 2º do Decreto Estadual nº 46.076/01 – Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco.

2 APLICAÇÃO

2.1 Esta Instrução Técnica se aplica a todas as edificações e áreas de risco onde for exigida a segurança estrutural contra incêndio, conforme exigências do Decreto Estadual nº 46.076/01.

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 NORMATIVAS E BIBLIOGRÁFICAS

Para mais esclarecimentos, consultar as seguintes normas técnicas:

NBR 5628:1980 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo

NBR-6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento

NBR-6120:1980 - Cargas para cálculo de estruturas de edifícios – Procedimento

NBR 6479:1992 – Portas e vedadores – Determinação da resistência ao fogo – Método de ensaio

NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento

NBR 8800:1986 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios - Procedimento

NBR 9062:1985 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado - Procedimento

NBR 9077:1993 - Saídas de emergência em edifícios - Procedimento

NBR 10636:1989 - Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo – Método de ensaio

NBR 11711:1992 – Porta e vedadores corta-fogo com núcleo de madeira para isolamento de riscos em ambientes comerciais e industriais - Especificação

NBR 11742:1992 – Porta corta-fogo para saída de emergência - Especificação

NBR 14323:1999 - Dimensionamento de estrutura de aço em situação de incêndio – Procedimento

NBR 14432:2000 – Exigência de resistência ao fogo de elementos de construção de edificações - Procedimento

NBR 14762:2001 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento

NBR 15200:2004 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento

Regulamentação de MARGARET LAW and TURLOGH O'BRIEN - "Fire Safety of Bare External Structure Steel".

4 DEFINIÇÕES

4.1 Para os efeitos desta Instrução Técnica, aplicam-se as definições constantes da Instrução Técnica nº 03 – Terminologia de segurança contra incêndio.

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:

- a) Execução de ensaios específicos de resistência ao fogo em laboratórios;
- b) Atendimento a tabelas elaboradas a partir de resultados obtidos em ensaios de resistência ao fogo;
- c) Modelos matemáticos (analíticos) devidamente normatizados ou internacionalmente reconhecidos.

5.2.1 Para os elementos de compartimentação, admitem-se as metodologias **a)** e **b)**; já para os elementos estruturais, as três metodologias podem ser aceitas. São considerados como elementos estruturais: lajes, painéis pré-moldados que apresentem função estrutural e painéis alveolares utilizados para compartimentação.

5.2.2 A metodologia de que trata no item 5.2, letra c) desta IT, somente será aceita após análise em Comissão Técnica.

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, 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:

5.3.3.1 - 15 min para dos Grupos A; D; E; G e Divisões I-1; I-2 e J-2, com altura menor ou igual a 6 m;

5.3.3.2 - 30 min, para as demais ocupações.

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

5.4.1 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 Aço: Adota-se NBR-14323 - Dimensionamento de estruturas de aço em edifícios em situação de incêndio. Recomenda-se que a temperatura crítica do aço seja tomada como um valor máximo de 550°C para os aços convencionais, ou calculada para cada elemento estrutural de acordo com a norma supracitada. Aceita-se também o dimensionamento através de ensaios de resistência ao fogo de acordo com NBR-5628.

5.5.2 Concreto: Adota-se a NBR-15200 - Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Aceita-se também o dimensionamento através de ensaios de resistência ao fogo de acordo com NBR-5628.

5.5.3 Outros materiais estruturais: na ausência de normas nacionais, 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 Instrução Técnica. Aceita-se também o dimensionamento através de ensaios de resistência ao fogo de acordo com NBR-5628.

5.6 Cobertura

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

5.7 Elementos de compartimentação e divisórias de unidades autônomas

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 min.

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 desta compartimentação, devem ter, no mínimo, o mesmo TRRF da *estrutura principal* da edificação, não podendo ser inferior a 60 min, inclusive para as selagens dos *shafts* e dutos de instalações.

5.7.3 As vedações usadas como isolamento de riscos (vide IT nº 07) e os elementos estruturais essenciais à estabilidade destas vedações devem ter, no mínimo, TRRF de 120 min.

5.7.4 As paredes divisórias entre unidades autônomas e entre unidades e as áreas comuns, para as ocupações dos Grupos **A (A₂ e A₃)**, **B**, **E** e **H (H₂; H₃; H₄ e H₅)**, devem possuir TRRF mínimo de 60 min, independente do TRRF da edificação. Para as edificações com chuveiros automáticos, isenta-se dessa exigência.

5.7.4.1 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*.

5.7.4.2 As portas das unidades autônomas que dão acesso aos corredores e/ou hall de entrada, das Divisões do Grupo E com altura superior a 12 m e das Divisões B-1, B-2, H-2; H-3 e H-5, excetuando-se edificações térreas, devem ser do tipo resistente ao fogo (30 min), ensaiadas de acordo com a NBR 6479. Para as edificações com sistema de chuveiros automáticos, dispensa-se desta exigência.

5.8 Mezaninos

5.8.1 Os mezaninos que não atendam aos requisitos de isenção do Anexo A desta IT, 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, fissuras, toxidade, erosão, corrosão, deflexão, impacto, compressão, densidade e outras propriedades necessárias para garantir o desempenho e durabilidade dos materiais, 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.

5.10 Subsolo

5.10.1 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 a atender aos objetivos do Regulamento de Segurança contra Incêndio do Corpo e Áreas de Risco. 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:

- a) Definição das dimensões do setor que pode ser afetado pelo incêndio;
- b) Determinação da carga de incêndio específica;
- c) Determinação da temperatura atingida pelo incêndio;

- d) Determinação da altura, profundidade e largura das chamas emitidas para o exterior à edificação;
- e) Determinação da temperatura das chamas nas proximidades dos elementos estruturais;
- f) Cálculo da transferência de calor para os elementos estruturais;
- g) 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 ou protegidas por forro resistente ao fogo

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 encapsulado 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:

- a) 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;
- b) Tenha ventilação permanente em duas ou mais fachadas externas, 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; 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

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

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

5.16 Vigas e estruturas principais

5.16.1 Vigas principais: considerar, para efeito desta instrução, como sendo todas as vigas que estão diretamente ligadas aos pilares ou a outros elementos estruturais que sejam essenciais à estabilidade da edificação como um todo.

5.16.2 Estruturas principais: considerar, para efeito desta instrução, como sendo todas as estruturas que sejam essenciais à estabilidade da edificação como um todo.

5.17 Vigas e estruturas secundárias

5.17.1 São as vigas e estruturas não enquadradas no conceito do item 5.16 desta IT.

5.17.2 A classificação das vigas e estruturas como secundárias ou principais é de total responsabilidade do técnico responsável pelo projeto estrutural.

5.18 Controle de qualidade

Para as edificações com área superior a 10.000 m², será exigido *controle de qualidade* durante a execução e aplicação dos materiais de proteção térmica às estruturas, realizado por empresa qualificada.

5.19 Memorial de Segurança contra Incêndio das Estruturas

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

- a) Metodologia para atingir os TRRF dos elementos estruturais da edificação, citando a norma empregada;
- b) Os TRRF para os diversos elementos construtivos: estruturas internas e externas; compartimentações; mezaninos; coberturas; subsolos; proteção de dutos e *shafts*; encapsulamento de estruturas etc;
- c) Especificações e condições de isenções e/ou reduções de TRRF;
- d) Tipo e espessuras de materiais de proteção térmica utilizados nos elementos construtivos e respectivas cartas de cobertura adotadas.

5.19.2 Vide modelo do memorial de segurança contra incêndio das estruturas nos Anexos da IT nº 01 - Procedimentos Administrativos.

Anexo A

Tempos requeridos de resistência ao fogo

A1 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 abaixo.

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 CBPMESP 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 mais de um piso de profundidade ou área de pavimento superior a 500 m²;
- b) À estrutura e paredes de vedação das escadas e elevadores de segurança, de isolamento de riscos e de compartimentação descritos nos itens **5.7.1**, **5.7.2** e **5.7.3** desta IT;
- c) Às edificações do grupo **L** (explosivos) e das divisões **M₁** (túneis); **M₂** (parques de tanques) e **M₃** (centrais de comunicação e energia) (Decreto nº 46.076/01).

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

A2.3.1 Edificações de classe P1 com área inferior a 750 m².

A2.3.2 Edificações de classe P2 com área inferior a 750 m².

A2.3.3 Edificações com área inferior a 1.500 m², com no máximo 2 pavimentos, com carga de incêndio (q_f) menor ou igual a 400 MJ/m², excluindo-se as edificações pertencentes às divisões C₂; C₃; E₆; F₁; F₅; F₆; F₈; H₂; H₃ e H₅.

A2.3.4 Edificações pertencentes às divisões F₃; F₄ (*exclusivo para as áreas de transbordo e circulação de pessoas*) e F₇, de classes P₁ e P₂, exceto nas áreas destinadas a outras ocupações, que caracterizem ou não ocupação mista (nessas regiões devem ser respeitados os TRRF constantes da Tabela A, conforme a ocupação específica);

A2.3.5 Edificações pertencentes à divisão J₁ de classes P₁ e P₂, com estrutura em concreto armado ou protendido ou em aço.

A2.3.6 Edificações pertencentes às divisões G₁ e G₂, de classes P1 a P4, quando abertos lateralmente conforme item 5.14 desta instrução e com as estruturas dimensionadas conforme Anexo D da NBR-14432:2000.

A2.3.7 As coberturas das edificações que atendam aos requisitos abaixo:

- a) Não tiverem função de piso;
- b) Não forem usadas como rota de fuga;
- c) O seu colapso estrutural não comprometa a estabilidade das paredes externas nem a estrutura principal da edificação.

A2.3.8 Os mezaninos que apresentem área inferior a 750 m², cuja estrutura não dependa da estrutura principal do edifício.

A2.3.9 As escadas abertas (escadas simples), desde que não possuam materiais combustíveis incorporados em suas estruturas, acabamentos ou revestimentos.

A2.3.10 Edificações destinadas a academias de ginástica e similares (divisão E-3), de classes P1 e P2, nas áreas destinadas a piscinas, vestiários, salas de ginástica, musculação e similares, desde que possuam nestas áreas materiais de acabamento e revestimento incombustíveis.

A2.3.11 Edificações **térreas**, quando atenderem aos requisitos:

- a) A edificação possuir carga de incêndio específica menor ou igual a 500 MJ/m² (excluem-se desta regra os depósitos e indústrias, que seguem as regras abaixo);
- b) A edificação for de grupo **I** (industrial), com carga de incêndio específica menor ou igual a 1.200 MJ/m²;
- c) A edificação for de grupo **J** (depósito), com carga de incêndio específica menor ou igual a 2.000 MJ/m².

A2.3.11.1 A isenção deste item não se aplica:

- a) Quando a cobertura da edificação tiver função de piso ou for usada como rota de fuga;
- b) Quando a estrutura considerada, a critério do responsável técnico pelo projeto estrutural, for essencial à estabilidade de um elemento de compartimentação ou isolamento de risco.

A2.4 As edificações térreas podem ter os TRRF constantes da Tabela A reduzidos em 30 min, caso atendam a um dos seguintes requisitos abaixo:

- a) Forem providas de chuveiros automáticos, conforme instrução técnica a respeito;
- b) Possuírem área total menor ou igual a 5.000 m², com pelo menos duas fachadas para acesso e estacionamento operacional de viaturas, conforme consta na IT nº 06 Acesso e estacionamento de viatura na edificação e áreas de risco, que perfazam 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 IT, não necessita ser maior que:

- a) 60 min para as edificações de classes P_1 a P_4 ;
b) 90 min para as edificações de classe P_5 .

A2.5.1 Essa condição não se aplica às edificações com altura superior a 80 m.

A2.6 A opção de escolha para a 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 subitens 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 a Tabela I do Decreto Estadual nº 46.076/01.

Grupo	Ocupação/Usos	Divisão	Profundidade do Subsolo hs		Altura da edificação h					
			Classe S ₂ hs > 10m	Classe S ₁ hs ≤ 10m	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 ≤ 80m	h > 80m
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	60	90	120	CT
C	Comercial varejista	C-1	90	60	60	60	60	90	120	CT
		C-2 e C-3	90	60	60	60	60	90	120	CT
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60	30	60	60	90	120	CT
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60	30	30	60	90	120	CT
		F-1, F-2, F-5, F-6, F-8 e F-10	90	60	60	60	60	90	120	CT
F	Locais de reunião de público	F-3, F-4 e F-7	90	60	ver item A2.3.4.					CT
		F-9	CT							
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60	30	60	60	90	120	CT
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60	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 H5	90	60	30	60	60	90	120	CT
I	Industrial	I-1	90	60	30	30	30	60	120	CT
		I-2	120	90	30	30	60	90	120	CT
		I-3	120	90	60	60	90	120	120	CT
		J-1	60	30	ver item A2.3.5.					60
		J-2	90	60	30	30	30	30	60	CT
J	Depósitos	J-3	90	60	30	60	60	120	120	CT
		J-4	120	90	60	60	90	120	120	CT
L	Explosivos	L-1, L-2 e L-3	120	120	120	CT	CT			
M	Especial	M-1	150	150	CT					CT
		M-2	CT							
		M-3	120	90	90	90	120	120	CT	CT

NOTAS:

1. CT = Utilizar Comissão Técnica junto ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
2. O TRRF dos subsolos não pode ser inferior ao TRRF dos pavimentos situados acima do solo (ver item 5.10)

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)
	Cal	Areia		Cimento	Areia	Cimento				Cal	Areia	Integridade	
	Cimento	Cal	Areia										
Parede de tijolos de barro cozido (dimensões nominais dos tijolos)	-	1	5	-	-	-	-	10	120	≥ 2	≥ 2	1/2	1/2
	-	1	5	-	-	-	-	20	395 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 6	≥ 6
5 cm x 10 cm x 20 cm; Massa: 1,5 kg	-	1	5	1	3	1	2	2,5	300	≥ 4	≥ 4	4	4
	-	1	5	1	3	1	2	2,5	300 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 5	> 6
Parede de blocos vazados de concreto (2 furos)	1	1	8	-	-	-	-	14	100	≥ 1/2	≥ 1/2	1/2	1/2
	1	1	8	-	-	-	-	19	120	≥ 2	≥ 2	1/2	1/2
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	1	1	8	1	3	1	2	1,5	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	1	1	8	1	3	1	2	1,5	185	≥ 3	≥ 3	3	3
Paredes de tijolos cerâmicos de oito furos (dimensões nominais dos tijolos 10 cm x 20 cm x 20 cm (massa 2,9 Kg))	-	1	4	1	3	1	2	1,5	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	-	1	4	1	3	1	2	1,5	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 gáulcho (granizo pedra nº 3); armadura simples posicionada à meia espessura das paredes, possuindo malha de lados 15 cm, de aço CA-50A diâmetro 1/4 polegada							11,5	150	2	2	1	1/2
								16	210	3	3	3	3

(*) Paredes sem função estrutural ensaiadas, totalmente vinculadas dentro da estrutura de concreto armado, com dimensões 2,8 m x 2,8 m, totalmente expostas ao fogo (em uma face).

(**) Ensaio encerrado sem ocorrência de falência em nenhum dos três critérios de avaliação.

Anexo C

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 conseqüências 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

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

ρ - massa específica do elemento de vedação do compartimento (kg/m³)

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

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

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 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 (pisos, tetos e paredes) (m²)

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

Obs.: Não computar forros e revestimentos que possam ser destruídos pela ação do incêndio.

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

Onde:

H – altura do compartimento (m)

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

A_h – área de ventilação horizontal -piso (m²)

A_f – área de piso (m²)

Tabela C2 - Fatores das medidas de segurança contra incêndio

Valores de $\gamma_{n1}, \gamma_{n2}, \gamma_{n3}$			
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	$h \leq 6$	$6 < h \leq 12$	$12 < h \leq 23$	$23 < h \leq 30$	$30 < h \leq 80$	$h > 80$
≤ 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	Escola, galeria de arte, parque aquático, igreja, museu
1,0	Normal	Biblioteca, cinema, correio, consultório médico, escritório, farmácia, frigorífico, hotel, livraria, hospital, laboratório fotográfico, indústria de papel, oficina elétrica ou mecânica, residência, restaurante, teatro, depósitos de: produtos farmacêuticos, bebidas alcoólicas, venda de acessórios de automóveis, depósitos em geral
1,2	Média	Montagem de automóveis, hangar, indústria mecânica
1,5	Alta	Laboratório químico, oficina de pintura de automóveis

Nota: as ocupações não relacionadas poderão ser enquadradas por similaridade.

Tabela C5 – valores do fator E

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

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) (m^2)

