

### Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC

Palmas/TO 17 a 19 de setembro de 2019



# RESISTÊNCIA AO FOGO EM ESTRUTURAS METÁLICAS - PROTEÇÃO PASSIVA TINTA INTUMESCENTE

LUCAS SERRANO GIROTTO1; ANDRÉ BOREL DOS SANTOS<sup>2</sup>; JEDSON DE ALMEIDA SANTOS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dr. em Engenharia Civil, Prof. e coordenador do curso de engenharia civil, UniFSP, Avaré-SP, engenhariacivil.avare@unifsp.edu.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO**: Para atender as exigências regulamentares de segurança estrutural contra incêndios em estruturas metálicas, podem ser utilizados alguns mecanismos de proteção passiva, os quais atendem aos requisitos de proteção mediante as características do material metálico. As tintas intumescentes aumentam a resistência ao fogo das estruturas metálicas e trata-se de um material reativo que altera as suas propriedades e características termo físicas, conferindo resistência térmica. Para este trabalho foi realizado um comparativo entre dois perfis metálicos tipo cantoneira, sendo um com a aplicação de tinta intumescente e outro sem aplicação de tinta, onde receberam uma simulação de carga de incêndio através de um maçarico, além de uma carga axial de compressão correspondente a 20 % da carga máxima suportada pelo perfil, verificando-se que as estruturas metálicas protegidas com esse material resistem a um tempo superior aos efeitos térmicos oriundos de um possível incêndio.

PALAVRAS-CHAVE: Proteção passiva, tinta intumescente, resistência ao fogo, estruturas metálicas.

## RESISTANCE TO FIRE IN METALLIC STRUCTURES: PASSIVE PROTECTION – INTUMESCENT INK

**ABSTRACT**: In order to meet the structural fire safety requirements in metal structures, some passive protection mechanisms may be used, which meet the requirements of protection by the characteristics of the metallic material. The intumescent paints increase the fire resistance of the metal structures and it is a reactive material that changes its properties and thermal characteristics, giving thermal resistance. For this paper a comparison was made between two metallic profiles, one with the application of intumescent ink and the other without ink application. It received a simulation of fire load through a torch, in addition to a corresponding axial loading to 20% of the maximum load supported by the profile, it being verified that the metal structures protected with this material resist for a time superior to the thermal effects from a possible fire.

**KEYWORDS:** Passive protection, intumescent ink, fire resistance, metallic structures.

#### INTRODUÇÃO

No Brasil, a segurança contra incêndio começou a receber mais atenção devido a grandes sinistros que mostraram uma deficiência no assunto, despertando a necessidade de desenvolvimento de regulamentações para elevar o nível de prevenção, proteção e combate ao incêndio (SILVA, 2012). No que diz respeito às generalidades de uma edificação em relação ao fogo, leva-se em consideração as características construtivas, a utilização e a carga de incêndio que é definida como a soma das energias caloríficas que poderiam ser liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis em um espaço, inclusive dos revestimentos, que influenciam diretamente no risco oferecido. Os métodos de segurança variam de acordo com essas informações e cada edificação possui

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Engenheiro Civil, Avaré-SP, borel.jr@hotmail.com;

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Graduando em Engenheiro Civil, UniFSP, Avaré-SP, jedsonsantos@sabesp.com.br.

características únicas, sendo que dentre elas encontra-se a questão estrutural, que deve ser analisada frente às ações térmicas oriundas de uma possível ocorrência de incêndio (CBPMESP, 2018).

A estrutura de uma edificação tem o papel essencial de manter a sua estabilidade, no entanto, quando submetida a um aumento no fluxo de energia térmica há um comprometimento de suas propriedades mecânicas e uma diminuição na resistência, tornando- se necessário que os elementos estruturais tenham resistência ao fogo. O período necessário resistência ao fluxo térmico é definido como Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF), sendo o tempo mínimo de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio-padrão que representa a elevação padronizada de temperatura em função do tempo (CBPMESP, 2018).

Em estruturas metálicas há a necessidade de aplicação de um método que sirva de proteção para retardar as influências geradas pelas ações térmicas decorrentes de uma ocasião de incêndio sobre a sua composição, métodos esses conhecidos como proteção passiva, sendo o caso das tintas intumescentes - compostos químicos que, quando submetidos a temperaturas elevadas, passam por diversas reações que originam uma espuma carbonizada com alto desempenho isolante. (OLIVEIRA; MORENO JUNIOR; VIEIRA, 2017; PANNONI, 2015).

O objetivo desse trabalho é a abordagem da utilização de proteção passiva como método retardante da ação do fogo em estruturas metálicas, elucidando a importância da utilização das tintas intumescentes.

#### MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos foram baseados nas normativas ABNT NBR 14432, NBR 5628 e NBR 14323. Devido à inexistência de uma norma brasileira específica que padronize a aplicação de fluxo térmico em perfis metálicos sob carregamento e tendo a metodologia de ensaio descrito na NBR 5628, o ensaio foi baseado no trabalho de Basso (2016).

O ensaio consiste na utilização de corpos de prova em perfil metálico tipo cantoneira (Tabela 1 - características do perfil) submetidos à reprodução de carga mecânica de compressão axial permanente, equivalente a 20% da carga crítica, gerada a partir de uma prensa hidráulica, com aplicação de fluxo térmico no corpo de prova proveniente de um maçarico, no período máximo de 30 minutos ou até se iniciar a deformação do perfil. Esse ensaio foi realizado duas vezes, considerando um corpo de prova em perfil metálico protegido com tinta intumescente, aplicada conforme as recomendações do fabricante, e o outro sem proteção, submetidos às mesmas condições de carga e fluxo térmico, medindo-se a temperatura da face não exposta com um Termômetro Digital Infravermelho, analisando a relação temperatura x tempo e realizando o comparativo entre os resultados obtidos nos ensaios.

Tabela 1: Perfil cantoneira de abas iguais - Características

b		Peso Nominal	t		Área	Ix = Iy	$\mathbf{W}\mathbf{x} = \mathbf{W}\mathbf{y}$	$\mathbf{r}\mathbf{x} = \mathbf{r}\mathbf{y}$	rz mín.	X
(pol.)	(mm)	(Kg/m)	(pol.)	(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm)	(cm)	cm
2"	50,80	3,63	3/16"	4,76	4,58	11,70	3,13	1,58	1,02	1,45

Para obter o valor da carga crítica e então aplicar um percentual de 20% dessa carga sobre o perfil adotado (seguindo-se o descrito na NBR 5628), utilizou-se a equação (1) constante na NBR 8800 para perfis cantoneiras de abas iguais em situação de compressão:  $N_{ex} = \frac{\pi^2. E. I_{x1}}{(K_{x1}. L_{x1})^2} \qquad \text{(equação 1)}$ 

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{x1}}{(K_{x1} \cdot L_{x1})^2}$$
 (equação 1)

Sendo:

 $N_{ex}$  é a força axial de flambagem elástica;

E é o módulo de elasticidade do aço;

 $I_{x1}$  é o momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo que passa pelo centro geométrico;

 $K_{x1}$  é o coeficiente de flambagem por flexão (nesse caso = 1,0)

 $L_{x1}$  é o comprimento da cantoneira (nesse caso = 50 cm, delimitado de acordo com a prensa)

Para o cálculo de  $K_{x1}$ .  $L_{x1}$  aplica-se a equação 2 ou equação 3:

Quando 
$$0 \le \frac{L_{x_1}}{r_{x_1}} \le 80 : K_{x_1} . L_{x_1} = 72. r_{x_1} + 0.75. L_{x_1}$$
 (equação 2)

Quando 
$$\frac{L_{x1}}{r_{x1}}$$
 > 80 :  $K_{x1}$ .  $L_{x1}$  = 72.  $r_{x1}$  + 0,75.  $L_{x1}$  (equação 3)

Sendo  $r_{x1}$  o raio de giração da seção transversal em relação ao eixo que passa pelo centro geométrico.

A tinta intumescente selecionada é feita a base d'água, composta quimicamente por resina emulsão, aditivos, solventes orgânicos, carga mineral e pigmentos, e foi aplicada conforme especificações do fabricante: recomenda a aplicação de fundo primer e uma camada de 01 mm da tinta para TRRF de 30 minutos.

O maçarico utilizado foi do modelo PPU Oxigênio e Acetileno, com regulagem da mistura dos gases através de registros e manômetros dispostos no próprio equipamento. O fluxo térmico proveniente do maçarico foi aplicado em apenas umas das faces, estando a chama produzida posicionada na metade da altura do perfil a uma distância de 11 cm, igual para ambos os corpos de prova.

O termômetro digital utilizado foi infravermelho com mira laser, tendo uma faixa de temperatura igual a -50 a 420°C, precisão de  $\pm$  1,5°C e resolução de 0,1 °C.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as equações e dados apresentados, resultou-se em 1,5126 m para  $K_{x1}$ .  $L_{x1}$  e 100,94 KN para  $N_{ex}$ . Aplicando a taxa de 20%, a carga axial de compressão para a realização do ensaio é de 20,19 KN, ressaltando que esta fica permanente durante o decorrer do ensaio. Para a distribuição dos esforços e apoio do perfil, foram utilizadas chapas metálicas planas paralelas entre si, soldadas em ambas as extremidades, e a aplicação da carga foi de maneira que não houvesse nenhuma excentricidade ou geração de momento indesejado. As Figuras 1 e 2 representam a esquematização da realização do ensaio para os corpos de prova.

Figura 1: Medição de temperatura na face não Figura 2: Visão geral da esquematização do exposta ensaio





O primeiro corpo de prova foi testado sem aplicação da tinta intumescente e durou aproximadamente 700 segundos, atingindo uma temperatura na face não exposta de 536 °C quando o manômetro da prensa acusou perda de carga, após atingir praticamente o dobro do valor da carga axial inicialmente aplicada, sendo possível verificar visualmente o começo de deformação do perfil.

O segundo corpo de prova foi testado com aplicação da tinta intumescente e durou aproximadamente 1380 segundos, atingindo uma temperatura na face não exposta de 257,3 °C, no instante em que, após a carga axial crescer e atingir um valor semelhante ao ocorrido no perfil sem aplicação da tinta, o manômetro da prensa acusou perda de carga, sendo possível verificar visualmente o começo de deformação do perfil.

A representação da evolução do incêndio é realizada a partir da curva temperatura x tempo ou curva natural do incêndio, que representa uma fase de aquecimento até atingir o ponto de ignição

súbita generalizada e após consumir todo o combustível uma fase de resfriamento. A Figura 3 representa os resultados obtidos intercalando o comportamento dos perfis frente à ação do fogo com e sem a proteção para se ter um panorama geral do ensaio. A Figura 4 representa os perfis antes e depois do ensaio.

Temperatura ℃ com tinta Temperatura ℃ sem tinta 600

Figura 3: Temperatura x Tempo – Perfil cantoneira com e sem tinta

500 Temperatura °C 400 300 200 100 0 100 600 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 200 300 400 500 700 800 Tempo (s)

Figura 4: Detalhe dos perfis após carga total. (a) Perfil sem tinta; (b) Perfil com tinta.



A partir do comparativo percebe-se a diferença de aproximadamente 680 segundos em relação ao tempo de duração dos ensaios e de 278,7 °C em relação à temperatura na face não exposta do perfil no momento em que o manômetro apresentou diminuição da carga axial aplicada e a deformação era visualmente perceptível.

O aço em temperaturas superiores a 550 °C, em um elemento estrutural situado em um ambiente de temperatura homogênea, inicia um processo de flambagem localizada devido à perda de sua margem de segurança definida em projeto (PANNONI, 2015). Nota-se que a temperatura do perfil sem tinta chegou muito próximo ao valor da temperatura crítica do aço e que o perfil com tinta ficou um pouco distante desse valor e mesmo assim teve início de deformação, momento o qual o ensaio foi finalizado. No entanto, vale ressaltar, que o perfil com tinta intumescente não atingiu sua temperatura crítica para apresentar perca de resistência, porém durou aproximadamente o dobro do tempo para começar a apresentar início de flambagem.

O modelo conhecido como curva de incêndio-padrão, curva padronizada como modelo simplificado, representa apenas a fase de aquecimento dos gases e independe das características do compartimento, não representando um incêndio real. Comparando-se a curva de incêndio padrão aos resultados obtidos, percebe-se a não linearidade que ela proporciona na prática, sendo que teve algumas oscilações dentro de uma faixa e se manteve sempre crescente até apresentar início de deformação no perfil. Estes resultados corroboram com os estudos de Vargas e Silva (2003).

Segundo Vargas e Silva (2003), para a situação excepcional de incêndio, o projeto deve considerar a ação térmica, ou seja, a transferência do fluxo de calor decorrente da diferença de temperatura entre as chamas do incêndio e os elementos estruturais, que estão inicialmente frios. Com o aumento de temperatura nos elementos estruturais de aço, ocorre a redução de capacidade resistente e aparecimento de esforços adicionais, devidos às deformações térmicas.

Durante a realização do ensaio, percebeu-se o acréscimo de carga no perfil através do manômetro da prensa hidráulica, confirmando assim o comportamento do aço frente à ação do fogo que se encontra disponível nas literaturas, sendo que, a partir do momento em que o manômetro acusava o decréscimo de carga após seu aumento o perfil apresentava, visualmente, início de flambagem.

Outro fator a se considerar é que o perfil recebeu uma simulação de carga de incêndio apenas no centro, sendo que ela se dissipou ao longo do corpo de prova, porém de forma desigual, podendo assim ter influenciado no tempo resistente do material.

#### CONCLUSÃO

Com o comparativo realizado entre o corpo de prova protegido com tinta intumescente e o corpo de prova sem a proteção, nota-se a diferença comportamental entre eles, sendo que, como o esperado, o perfil com a proteção resistiu mais tempo ao fluxo térmico aplicado, mesmo não atingindo o tempo de 30 minutos estipulados pelo fabricante. Um fator que pode ter influenciado nesse resultado é que, diferente de um incêndio real onde a temperatura é elevada gradualmente, o fluxo de calor foi constante e iniciou-se a uma temperatura já elevada além de ter sido aplicada em apenas um ponto do perfil se dissipando ao longo do tempo. Em relação à reação da tinta intumescente, esta começou a reagir logo no início da aplicação da temperatura e se desenvolveu ao longo do perfil durante a realização do ensaio, sendo que ocorreu a intumescência em quase sua totalidade e não apenas no foco do maçarico.

A proteção com tinta intumescente mostrou-se bastante eficaz e apresenta boas vantagens, no entanto, deve-se analisar se é a opção mais viável a ser aplicada quando necessária, pois apesar de suas vantagens apresenta alto custo e, dependendo de sua composição, pouca resistência à umidade. Mesmo assim, esse trabalho evidencia a importância da proteção passiva em estruturas metálicas como método retardante da ação do fogo sobre suas propriedades, garantindo assim as exigências presentes nas legislações.

#### **AGRADECIMENTOS**

Ao Centro Universitário Sudoeste Paulista e todos os profissionais de educação que lá trabalham pela dedicação e atenção.

#### REFERÊNCIAS

- CBPMESP. INSTRUÇÃO TÉCNICA No 02/2018 Conceitos básicos de segurança contra incêndioBrasil, 2018.
- OLIVEIRA, R. B. R. S.; MORENO JUNIOR, A. L.; VIEIRA, L. C. M. Intumescent paint as fire protection coating. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 10, n. 1, p. 220–231, 2017.
- PANNONI, F. D. Princípios da Proteção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndio.Brasil, 2015.
- SILVA, V. P. Projeto de Estruturas de Concreto em Situações de Incêndio. [s.l.] Editora Blucher, 2012.
- VARGAS, M. R.; SILVA, V. P. Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço., 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14432 Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações ProcedimentoBrasil, 2001a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5628 Componentes construtivos estruturais Determinação da resistência ao fogoBrasil, 2001b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14323 Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas aço-concreto de edifícios em situação de incêndioBrasil, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8800 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e de concreto de edifíciosBrasil, 2008.