

## NOTA TÉCNICA

# Revisão das tecnologias intumescentes de proteção passiva contra fogo celulósico

Evandro Rivera Martin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Jotun Brasil, Rua Adoniram Barbosa, 670 – 13327-169 Salto-SP,  
evandro.rivera@jotun.com.br

## Intumescent passive fire protection technologies review for cellulosic fire

### Resumo

Por muito tempo se simplificou o uso de tecnologias de proteção passiva contra fogo celulósico (PFP), levando a uma descrença na qualidade destas tecnologias e sua função que no final das contas é proteger vidas, mantendo a integridade estruturas de construções em aço por tempo suficiente em um incêndio para permitir a fuga. Esta simplificação no emprego destas tecnologias levou muitas obras a sofrerem falhas prematuras, o que gerou prejuízos muitas vezes nas casas dos milhões. Existem várias tecnologias de revestimento de proteção passiva que podem ser empregados na proteção de estruturas em aço, porém iremos abordar aqui somente as tecnologias intumescentes. Existem poucas tecnologias intumescentes quando se olha para o tipo de produto/resina, porém cada uma destas tecnologias tem a sua função e resistência muito claras, o que nos permite identificar onde cada uma delas pode ser empregada com segurança. O propósito deste trabalho é proporcionar a você, leitor, uma visão atualizada das tecnologias de revestimentos disponíveis no mercado para proteção contra fogo com o objetivo de gerar um entendimento sobre a aplicabilidade de cada uma delas e sobre como cada uma destas tecnologias deve ser empregada nas obras.

**Palavras-chave:** Proteção Contrafogo; PFP; Proteção Passiva; Intumescente.

### Abstract

For a long time, the use of passive cellulosic fire protection (PFP) technologies has been oversimplified, leading to a disbelief in the quality of these technologies and their function, which in the end is to protect lives, maintaining the integrity of steel construction structures for long enough in a fire to allow escape. This simplification in the use of these technologies led many steel protected buildings to suffer premature failures, which generated losses in the case of millions. There are several passive fire protection technologies that can be used to protect steel structures, but we will only address intumescent technologies here. There are few intumescent technologies when looking at the type of product/resin, but each of these technologies has its very clear function and resistance, which allows us to identify where each of them can be safely used. The purpose of this study is to provide you, the reader, with an up-to-date view of the coating technologies available on the market for fire protection in order to generate an understanding of the applicability of each one of them, generate an understanding of how each of these technologies should be employed in the projects in general.

**Keywords:** Fire Protection; PFP; Passive Fire Protection; Intumescent.

\* autor correspondente

## **1 Introdução**

Este artigo tem como objetivo explicar as tecnologias de proteção passiva intumescente contra fogo celulósico atualmente utilizadas no Brasil e demonstrar os cuidados e riscos que envolvem a proteção passiva contra fogo celulósico.

O objetivo deste estudo é proporcionar a você, leitor, uma visão atualizada das tecnologias de revestimento disponíveis no mercado para proteção contra incêndios a fim de gerar um entendimento sobre a aplicabilidade de cada uma delas e gerar um entendimento de como cada uma dessas tecnologias deve ser usado, prevenindo falhas prematuras e riscos desnecessários.

## **2 Materiais e métodos**

Para avaliação dos revestimentos foram utilizadas normas específicas da área de proteção contra fogo celulósico como EN 16623, BS 476-21, ISO 12944, Yellow Book, 5th Edition – Fire Protection for Structural Steel in Buildings, BS EN 1993-1-2:2005 - Eurocode 3 Part 1 & 2 – Design of Steel Structures International Building Code 2015 e algumas outras para que avaliações e conclusões pudessem ser elaboradas.

## **3 Resultados e Discussões**

O principal objetivo da proteção passiva e reativa contra incêndio é reduzir e retardar a taxa de transferência de calor para aumentar o tempo disponível para evacuação, mantendo a integridade estrutural dos edifícios para fuga, resgate e combate a incêndios.

Existem dois tipos de fogo: fogo celulósico e fogo de hidrocarbonetos. As tecnologias são desenvolvidas especificamente para cada tipo de incêndio. O que os diferencia é o tempo que levam para atingir sua temperatura máxima e, conseqüentemente, a velocidade de transferência de calor para o aço sob teste. Para isso existem normas para cada tipo de incêndio. A Figura 1 mostra as diferenças entre os tipos de incêndio.

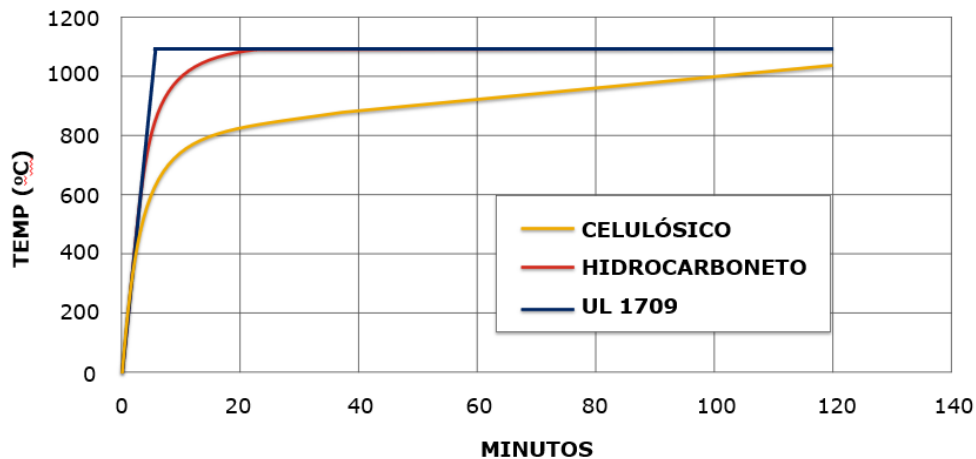


Figura 1 – Curva de aquecimento para aprovação de revestimentos por tipo de fogo

### 3.1 Informações sobre o aço carbono

Com o aumento da temperatura, o aço carbono perderá sua resistência mecânica e rigidez. O aço carbono perde aproximadamente 50% de sua resistência mecânica quando atinge uma temperatura em torno de 550°C. Estas temperaturas são muitas vezes referidas como o limite de temperatura crítica ou limite de temperatura do aço.

Os engenheiros de projeto geralmente são responsáveis por definir o limite de temperatura crítica para um componente estrutural, mas geralmente e mais comum é seguir o padrão BS 476 onde a temperatura padrão para colunas carregadas é de 550°C e para vigas totalmente carregadas é de 620°C.

Basicamente, se um trecho ou membro não estiver totalmente carregado, as estruturas podem ser expostas a temperaturas mais elevadas sem risco de colapso, o que resulta na aplicação de revestimentos intumescentes de menor espessura. As tabelas de cobertura permitem isso, mas o engenheiro de projeto precisa fornecer a temperatura limite para cada viga e coluna da estrutura. Essa é uma análise muito crítica e precisa ser muito bem avaliada e por isso é muito mais simples seguir as temperaturas já definidas pela BS 476.

Para proteger o aço carbono é necessário fornecer uma proteção contrafogo adequada ao ambiente em que este material será exposto, caso seja utilizado o produto errado pode haver uma falha prematura do revestimento, comprometendo a proteção contra incêndio.

### 3.2 Problemas com o uso da tecnologia inadequada

Durante muito tempo, foram utilizados apenas revestimentos acrílicos de proteção passiva contra fogo celulósico. O mais utilizado é o acrílico à base de água, seja por motivos de green building como LEED e vários outros no mundo ou simplesmente porque esse revestimento requer menos espessura para proteção do aço carbono quando comparado ao acrílico à base de solvente, epóxi e outros.

O uso do acrílico à base de solvente, supostamente resistente à umidade, acabou sendo utilizado para estruturas expostas às intempéries (expostas ao sol e à chuva).

Acontece que o polifosfato de amônia, um dos componentes responsáveis pela reação que leva à intumescência do revestimento, é sensível à umidade e higroscópico, por isso absorve essa umidade e acaba causando bolhas quando esse revestimento é exposto à umidade.

Este fato causou muitos transtornos levando muitas empresas que preferem construir suas edificações em aço a quase desistirem de projetar edificações em aço carbono. Os prejuízos em obras simples podem chegar à casa dos milhões de reais.



Figura 2 – Exemplo de revestimento acrílico exposto ao intemperismo

### **3.3 Seleção do revestimento mais adequado**

É importante ter em mente que cada tipo de ambiente requer um tipo específico de revestimento intumescente.

Os revestimentos acrílicos à base de água são adequados apenas para ambientes internos até a corrosividade ISO 12944-2 C3, os revestimentos acrílicos à base de solvente também são indicados apenas para ambientes internos até C4, máximo com exposição parcial não sob áreas de chuva, e ambos os revestimentos precisam de uma tinta de acabamento para protegê-los da umidade. Recomenda-se mantê-los inacabados somente em ambiente C1 conforme 12944-2.

Ao pensar na aplicação em ambientes externos ou que eventualmente possam estar em contato com umidade frequente e/ou permanente é preciso pensar nos revestimentos epóxi, que são os únicos que resistem à umidade exposta e exposição a névoa salina (áreas de revestimento), classificação C5 da ISO 12944-2. Esses revestimentos, mesmo sem acabamento, mantêm seu desempenho anticorrosivo e intumescente para proteger contra o fogo.

Existem alguns produtos de tecnologia intermediária entre acrílicos e epóxi, geralmente denominados pelo mercado como híbridos. Essas tecnologias têm um pouco mais de resistência à umidade quando comparadas às tecnologias acrílicas, mas não resistem se expostas por períodos prolongados. Mesmo com um acabamento para adicionar proteção extra não irá perdurar por muitos anos em um ambiente C5 e é preciso lembrar que o acabamento é uma película fina de 50 a 100 micrômetros, onde qualquer dano que sofrer, irá expor a tinta intumescente que falhará.

Essas tecnologias híbridas foram desenvolvidas para melhorar a capacidade dos fabricantes de estruturas metálicas de aplicar revestimento intumescente e transportar sem causar danos excessivos aos revestimentos durante o transporte, armazenamento e construção, pois com a tecnologia acrílica muitas obras sofreram com chuva e umidade durante essas etapas levando a danos que atingiram até 70% da área revestida.

A proteção contra incêndio de uma edificação precisa ser encarada como um projeto específico. Para definir a tecnologia de proteção passiva contra incêndio adequada é

necessário avaliar a logística do projeto. Se a aplicação for feita no fabricante de aço ou após a construção da estrutura no local, a localização final da estrutura, o ambiente do fabricante de aço, etc.

Veja na figura 3 abaixo imagens que demonstram a classificação genérica de ambientes segundo a ISO 12944-2. Em geral, classificamos a corrosividade do ambiente por esta classificação genérica da ISO 12944-2 por ser mais simples e prático no dia a dia, mas é possível analisar o ambiente de forma mais técnica, porém requer mais tempo e investimento, pois é necessário contratar um laboratório para fazer medições de contaminação atmosférica, qualificá-la, quantificá-la e medir a perda de massa causada pela corrosão em corpos de prova expostos pelo período de um ano. Esses detalhes, informações e valores podem ser encontrados na ISO 12944-2 tabela 1 do item 5.1.2.

 <p><b>C1</b></p> <p><b>C2</b></p>	<b>EXTERNO</b>	<b>INTERNO</b>
		Prédios aquecidos com atmosferas limpas, por exemplo, escritórios, lojas, escolas, hotéis
 <p><b>C3</b></p> <p><b>C4</b></p>	Atmosferas de baixo nível de poluição. Principalmente áreas rurais.	Edifícios não aquecidos onde a condensação pode ocorrer, por exemplo, depósitos, salas esportivas.
	Atmosferas urbanas e industriais, poluição moderada de dióxido de enxofre. Áreas costeiras com baixa salinidade.	Salas de produção com alta umidade e alguma poluição do ar, por exemplo, instalações de processamento de alimentos, lavanderias, cervejarias, leiteiros.
 <p><b>C5</b></p> <p><b>CX</b></p>	Zonas industriais e zonas costeiras de salinidade moderada.	Fábricas de produtos químicos. Piscinas, navios costeiros e barcos.
	Áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva	Edifícios ou áreas com condensação quase permanentes e alta poluição
	Zonas litoral e offshore com alta salinidade	Edifícios ou áreas com condensação quase permanentes e alta poluição

Figura 3 – Classificação dos ambientes segundo a ISO 12944-2



### 3.4 Importância do primer e acabamento

Outro cuidado muito importante em uma obra com proteção contra incêndio com revestimentos intumescentes é o primer a ser aplicado. Os primers precisam ser pré-aprovados para uma tinta intumescente, afinal primers a base de resina epóxi normalmente só resistem a 120°C, conforme exemplificado na Figura 4 abaixo. Em situação de incêndio apesar da proteção contra incêndio com revestimento intumescente a temperatura do aço chegará a mais de 500°C com o tempo, então há um risco muito alto do primer não resistir a essa temperatura alta, mas trabalhar com primers adequados e dentro da faixa de espessura testada, em torno de 150 micrômetros no máximo, o sistema de pintura estará seguro.

#### Boletim Técnico Penguard Express



#### Tempo de indução e Pot Life

Temperatura da tinta	23 °C
Pot life	2 h

#### Resistência ao calor

	Temperatura	
	Contínuo	Pico
Seco, atmosférico	120 °C	140 °C

A duração do pico de temperatura deve ser até no máximo 1 hora.

As temperaturas listadas estão relacionadas à retenção das propriedades protetoras. As propriedades estéticas podem sofrer variações nessas temperaturas.

Figura 4 – Ficha técnica de um primer epóxi

Outro ponto importante é o acabamento que é obrigatório usar apenas revestimentos de acabamento aprovados em teste de fogo, porque apesar da crença de que as chamas do fogo vão queimar o acabamento antes que a tinta intumescente se expanda efetivamente, isso não é verdade, pois o revestimento intumesce muito antes das chamas atingirem sua superfície, os revestimentos intumescentes começam a reagir a partir de 200°C, dependendo da tecnologia.

Quando um acabamento não aprovado é aplicado sobre o revestimento intumescente, há uma chance de que ele fique aderido fortemente à tinta intumescente que, à medida que a tinta intumesce, começa a rachar e degradar, expondo o aço que

inevitavelmente atingirá temperaturas acima de 550°C e poderá ocasionar um colapso assim que perder sua resistência mecânica.

Essa situação é ilustrada na Figura 5, na qual um acabamento não aprovado é aplicado sobre uma tinta intumescente causando seu deslocamento durante um teste de fogo.



Figura 5 – Exemplo de revestimentos de acabamento exposto ao teste de fogo

Em função disso o correto seria fornecedores, projetistas, engenharia, etc. trabalharem somente com revestimentos testados e aprovadas por fornecedores de tintas intumescentes. O cuidado mais importante a ser tomado é com o acabamento. É obrigatório trabalhar apenas com acabamento aprovado em teste de fogo.

Além disso, os sistemas de pintura precisam passar por testes que comprovem seu desempenho na corrosividade dos ambientes conforme ISO 12944-6, principalmente quando a estrutura estiver em ambiente de alta corrosividade como C4 e C5.

Sabendo da criticidade e riscos que envolvem esta tecnologia, e que não estamos falando apenas de uma simples pintura, estamos falando de proteção à vida, principalmente, e sabendo que já existem testes específicos mais representativos e que comprovam a eficácia do sistema de pintura de proteção passiva contra incêndio. É necessário e aconselhável solicitar esses novos padrões de teste.

A norma EM 13381-16623, além de determinar os testes a serem realizados, exige que o sistema de pintura não apresente mais de 15% de diferença de desempenho em relação ao valor original (entre a demão intumescente sozinha com primer x demão



intumescente com primer e acabamento). As cartas de cobertura são preparadas sem o acabamento que certamente afeta o desempenho, e após os testes de corrosividade, o desempenho também cai, o que simula a resistência do revestimento ao longo de sua vida útil.

### 3.5 Dimensionamento da espessura

Para o correto dimensionamento da proteção contra incêndio, é necessário o cálculo do fator de forma, ou fator de massividade das estruturas, tanto para vigas, pilares e estruturas secundárias quando aplicável. É um cálculo simples que considera o período de aquecimento dividido pela área em corte, o que nos leva a um valor que chamamos de  $H_p/A$ , sendo  $H_p$  o perímetro aquecido que é a medida contínua dos lados expostos ao calor e  $A$  que é a área transversal da seção de aço.

De posse do  $H_p/A$  verifica-se a espessura necessária para proteção contra incêndio de acordo com o tempo de proteção exigido na carta de cobertura do produto que é elaborada pela certificadora com base em testes de fogo.

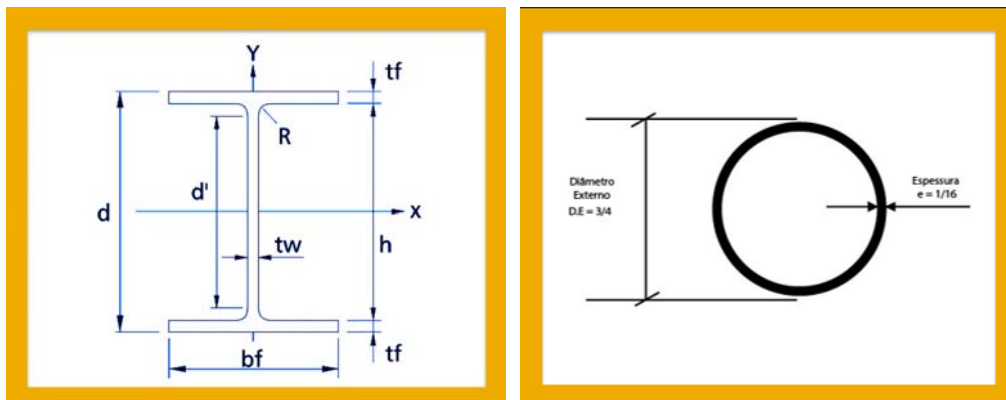


Figura 6 – Cálculo do  $H_p/A$  ou fator de fórmula ou fator de massividade

É importante observar que os valores de  $H_p/A$  já são normalmente fornecidos pelos fornecedores de perfis de aço do mercado. Normalmente, esses fornecedores possuem tabelas com  $H_p/A$  calculado para 3 e 4 lados, e  $H_p/A$  considerando o efeito caixa que é utilizado quando se trabalha com placas corta-fogo, encapsulando em uma caixa os elementos estruturais.

Também é importante observar que o fator de massividade varia em função do número de lados expostos ao fogo, o  $H_p/A$  deve considerar no cálculo do  $H_p$  apenas o perímetro exposto ao fogo. Por exemplo, em vigas com decks sobre ela, considera-se 3

faces expostas ao fogo, o mesmo acontece em um pilar na esquina de duas paredes com blocos de alvenaria ou concreto cobrindo 2 faces, então neste cenário apenas 2 faces estão expostas ao fogo.

## **4 Conclusão**

Embora a proteção passiva contra incêndio com revestimentos intumescentes esteja presente em nosso país, esse mercado ainda carece de conhecimento sobre essa tecnologia.

A falta de conhecimento sobre esta tecnologia levou a muitas falhas de projeto e aplicação, resultando em grande prejuízo para os proprietários. Sabe-se de vários casos em que o prejuízo direto ultrapassou R\$ 1 milhão de reais. O prejuízo pode ser ainda maior se tivermos casos de edificações cujas obras de manutenção levaram à perda de lucros e podemos ter risco de desabamento também em caso de incêndio, perda de vidas, etc.

A tecnologia é segura, adequada e embeleza construções de aço, mas precisa ser dimensionada com precisão, conforme normas especificadas e sistemas de pintura efetivamente testados e aplicados com critério e obedecendo todas as recomendações do fabricante.

A proteção passiva contra incêndio deve ser vista não como uma simples pintura, mas como um projeto específico. Cada projeto é único e deve ser bem compreendido para uma correta escolha do revestimento.

## **5 Agradecimentos**

Este trabalho é fruto da colaboração de vários especialistas em proteção contra incêndio que trabalham na Jotun, tendo sofrido ajustes de imagens, linguagem e configurações gerais com apoio técnico da área de marketing.

## **6 Referências bibliográficas**

1. ISO 12944-2:2017 - *International Organization for Standardization – Paints and Varnishes – Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems- Part 2: Classification of Environments. United Kingdom: BSI, 2017*

2. ISO 12944-6:2018 - *International Organization for Standardization – Paints and Varnishes – Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems- Part 6: Laboratory performance test methods*. United Kingdom: BSI, 2017
3. EN 13381:2015 - *Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members Applied protection to concrete members*. United Kingdom: BSI, 2015
4. BS 476-21:1987 *Fire tests on building materials and structures. Methods for determination of the fire resistance of loadbearing elements of construction*. United Kingdom: BSI, 1987
5. BS EN 16623:2015 *Paints and varnishes — Reactive coatings for fire protection of metallic substrates — Definitions, requirements, characteristics and marking*. United Kingdom: BSI, 2015
6. *Yellow Book, 5th Edition – Fire Protection for Structural Steel in Buildings*. United Kingdom: ASFP, 2014
7. BS EN 1993-1-2:2005 - *Eurocode 3 Part 1 & 2 – Design of Steel Structures International Building Code*. United Kingdom: BSI, 2005
8. NFPA 5000, 2015 – *Building Construction and Safety Code*. Massachusetts, USA: NFPA, 2015