



## **Comprovação ao Fogo**

### **Tricalc 7.2 realiza a comprovação completa ao fogo das estruturas de betão, aço, madeira e alvenarias**

#### **Introdução**

A versão Tricalc 7.2 oferece, entre outras novidades, uma apresentação que permite realizar a comprovação ao fogo de todos os elementos estruturais, tanto de madeira como de betão, aço ou alvenaria. O programa calcula a resistência ao fogo de cada um dos elementos e, no caso de não cumprirem com a resistência exigida, indica os isolamentos necessários.

#### **Comprovação ao fogo em versões anteriores a Tricalc**

Em versões anteriores do programa já existiam opções de comprovação ao fogo, ainda que estivessem limitadas exclusivamente a barras de madeira. As opções correspondentes a essa comprovação ao fogo incluíam-se nas opções de cálculo de secções de madeira.

A filosofia das normas implementadas em Tricalc (CTE, Eurocódigos, normas americanas) assenta na consideração que no decorrer de um incêndio as barras de madeira sofrem uma perda de secção devido à carbonização do material. A comprovação consiste em realizar um cálculo da estrutura com as secções reduzidas, submetidas a combinações de acções de hipóteses específicas de incêndio. O programa também permite considerar um isolamento que o utilizador defina introduzindo-se o tempo que atraso ou início da carbonização.

Relativamente às estruturas de betão, não se realizava uma comprovação específica ao fogo. Só existia a opção de considerar os critérios de armadura para estruturas R90 ou superior, descritos na I CTE DB SI para vigas, lajes reticulares e lajes maciças de betão armado.

#### **Comprovação ao fogo em Tricalc 7.2**

Esta nova versão de Tricalc amplia a comprovação ao fogo a todos os elementos estruturais, não só de madeira mas também de aço, betão e alvenarias, quer para barras como para lajes e paredes. Ficam excluídos os elementos de fundação (sapatas, estacas, muros de cave, paredes de contenção, laje de fundação) uma vez que não se exige a sua comprovação ao fogo.

Todas as opções relativas ao fogo foram unificadas num só submenu dentro do menu "Cálculo". Estas opções permitem fixar critérios gerais de comprovação para toda a estrutura e atribuir opções diferentes para zonas específicas.

#### **Normas**

A comprovação ao fogo realiza-se segundo o estabelecido nas distintas normas de cálculo contempladas pelo programa, formando três grandes grupos: normas espanholas (CTE, EHE-08), Eurocódigos e normas americanas.

Estas normas resumem-se na seguinte tabela:

	Betão	Perfis metálicos	Lajes cofragem perfilada	Madeira	Paredes de peças	
Espanha (EHE-08...)	CTE DB SI o EHE-08	CTE DB SI	EN 1994-1-1	CTE DB SI	CTE DB SI	
Eurocódigos	EN 1992-1-2	EN 1993-1-2		EN 1994-1-1	EN 1995-1-2	EN 1996-1-2
Espanha (EHE...)						
Espanha (EH-91...)						
Portugal						
Brasil	ACI 216.1M-07 / TMS-216-07	EN 1993-1-2		EN 1994-1-1	AF&PA / ASCE Standard 16-95	ACI 216.1M-07 / TMS-216-07
México D.F.						
México – USA						
Argentina						
Chile – USA						

Cabe destacar que o programa realiza a comprovação ao fogo em lajes de chapa perfilada e alvenarias. Nas normas americanas, inclui-se a comprovação ao fogo de barras de madeira segundo AF&PA/ASCE Standard e a comprovação de betão segundo a ACI 216.

### Betão armado

Em geral, todas as normas fixam recobrimentos mínimos para as armaduras longitudinais e as dimensões mínimas que devem ter as peças de betão para garantir uma determinada resistência ao fogo, em minutos.

No caso de existir uma resistência insuficiente, o programa não aumenta o recobrimento ou as dimensões das peças. O programa considera a colocação de um material de protecção contra o fogo, para que o recobrimento e as dimensões da secção de betão sejam suficientes.

No cálculo de pilares com os Eurocódigos Estruturais, também se limita a esbelteza máxima e a excentricidade máxima do axial. Além disso, nos valores de recobrimento ou dimensões mínimas intervêm o nível de solicitação axial na situação de incêndio.

Para os elementos que trabalham fundamentalmente à flexão (vigas, lajes reticulares e lajes maciças), tanto a norma espanhola (EHE-08 e CTE DB SI) como o Eurocódigo (EN 1992-1-2) fixam o comprimento mínimo da armadura de negativos existente sobre os apoios quando se exija uma resistência ao fogo R 90 ou superior.

### Secções de aço

Para os elementos de aço da parede delgada (secções conformadas a frio e perfis laminados de Classe 4) não se permite que a temperatura do aço alcance os 350 °C. Nos restantes casos, existem vários procedimentos consoante a norma utilizada:

- No cálculo de pilares com a norma espanhola CTE, o factor de aproveitamento para a resistência ao fogo é o obtido em situação não de incêndio, mas considerando os seguintes factores:
  - Os esforços são os da situação de incêndio (que são sempre menores).
  - Reduz-se o limite elástico do aço em função da temperatura alcançada.
  - Aumenta-se a esbelteza do pilar em função da temperatura alcançada.
- No cálculo de vigas e diagonais com a norma espanhola CTE, obtém-se uma temperatura crítica para o aço que não deve ser superada. Esta temperatura crítica obtém-se com base no grau de aproveitamento do pilar, calculado de acordo com a CTE DB SE-A para as solicitações da situação de incêndio.
- No cálculo de barras com os Eurocódigos Estruturais, realizam-se as comprovações especificadas na EN 1993-1-2, que são similares às da situação sem incêndio, e ainda:
  - Os esforços são os da situação de incêndio (que são sempre menores).
  - Reduz-se o limite elástico e o módulo de Young do aço em função da temperatura alcançada.
- No cálculo de barras com normas diferentes do CTE e dos Eurocódigos Estruturais, utiliza-se o método da temperatura crítica definido na EN 1993-1-2, que consiste em determinar a temperatura que alcança o aço, a qual não pode superar a temperatura crítica calculada com base no grau de aproveitamento da barra, calculada de acordo com a norma seleccionada para as solicitações em situação de incêndio.

Em todos os casos, caso não se obtenha a resistência ao fogo pretendida, o programa aplica um isolamento, calculando a espessura necessária, em função do material de protecção seleccionado, por forma a diminuir a temperatura alcançada pelo aço até um valor admissível.

### **Resistência ao fogo dos elementos de madeira**

Neste caso, o critério utilizado não difere de versões anteriores do programa. No geral, a filosofia de todas as normas consiste em considerar uma perda de secção devido à carbonização da madeira. Com as secções reduzidas realiza-se um cálculo com as combinações de hipóteses específicas do incêndio. É possível considerar um isolamento, introduzindo os dados que determinam o tempo que o isolamento atrasa o início da carbonização.

### **Lajes de Chapa Perfilada**

A comprovação da resistência ao fogo em lajes de chapa perfilada baseia-se nos seguintes pressupostos:

- Se a chapa tem função resistente (laje de chapa colaborante), a sua temperatura não pode exceder os 350 °C. Caso seja necessário, o programa calcula a espessura do isolamento necessário para conseguir que não se exceda esse valor.
- Se a chapa não tem função resistente (actua só como cofragem), a armadura de positivos não pode exceder a temperatura a partir da qual o seu limite elástico desça abaixo de  $f_{yd} \cdot h_{fi}$ . Da mesma forma que no caso anterior, o programa calcula o isolamento necessário para garantir o seu cumprimento.
- Na zona da laje onde se produzem momentos negativos o betão está comprimido na parte inferior, e a sua temperatura não pode exceder o valor a partir do qual a sua resistência desce abaixo de  $f_{cd} \cdot h_{fi}$ . Da mesma forma que no caso anterior, o programa indica o isolamento necessário para não exceder o limite.

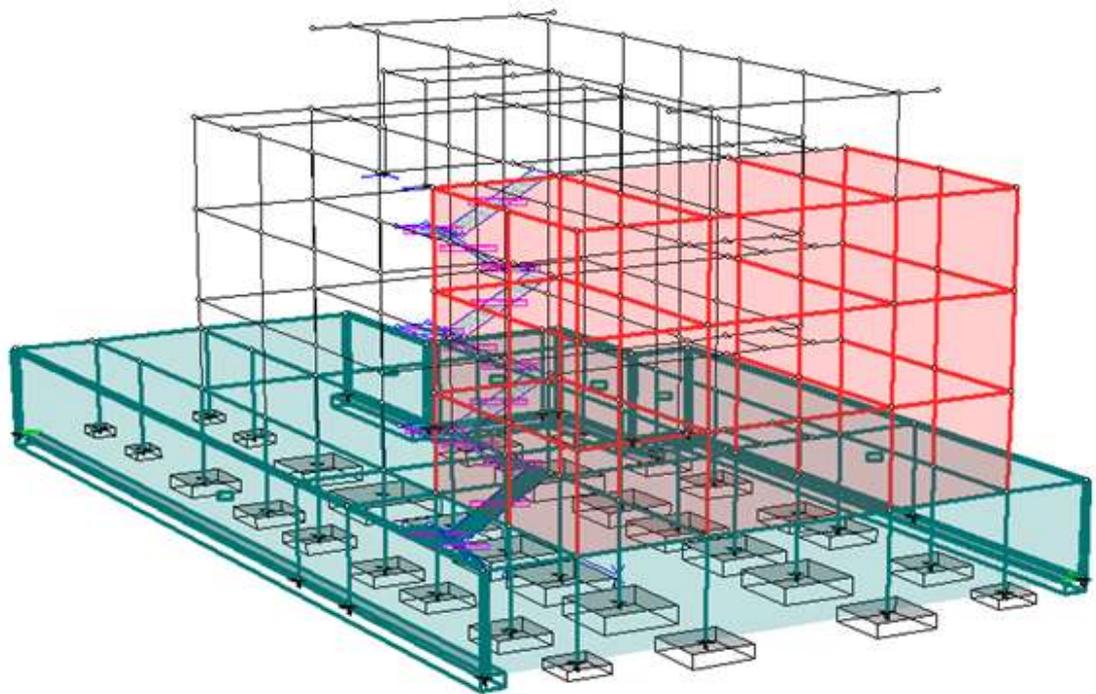
As lajes de chapa perfilada que resistem às acções existentes em situação de não incêndio, assume-se que possuem uma resistência, em situação de incêndio, de pelo menos R 30.

### **Resistência ao fogo das paredes de alvenaria**

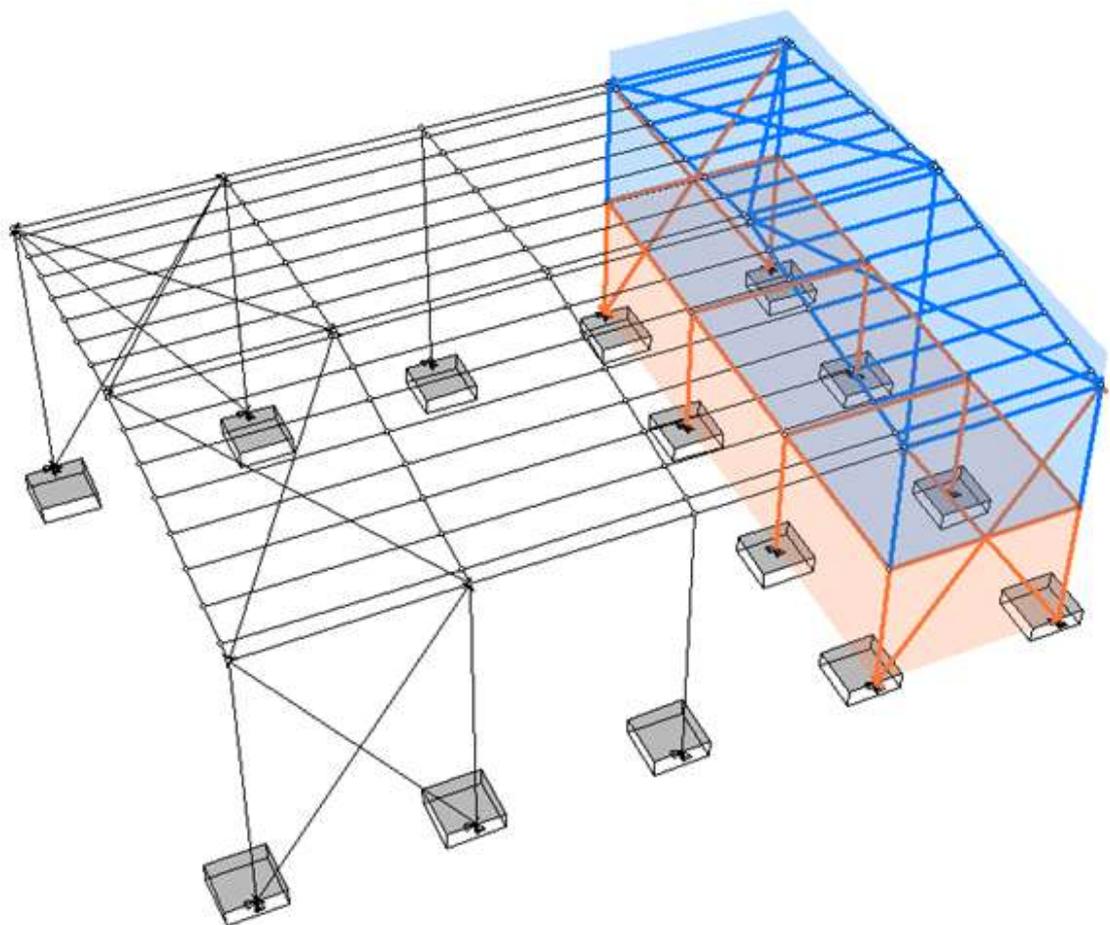
Em função do tipo de peça de alvenaria, da sua argamassa e possível capa de protecção, as normas implementadas no programa estabelecem uma relação entre a espessura da alvenaria e a resistência ao fogo (critério R) que comporta. Quando a resistência ao fogo é insuficiente, o programa calcula a espessura do isolamento necessário, em função do material seleccionado para o cálculo.

### **Recintos de incêndio**

Os recintos são prismas de base horizontal e altura limitada que o utilizador pode definir livremente na geometria da estrutura. Cada recinto pode ter as suas próprias opções de fogo, diferentes das opções gerais estabelecidas para toda a estrutura. Portanto, quando existem zonas da estrutura com diferentes requerimentos de resistência ao fogo, é possível definir recintos e atribuir as suas opções correspondentes. Um exemplo típico é o caso das caves dedicadas a estacionamento nos edifícios de apartamentos.



Outro caso frequente é existir numa mesma estrutura zonas dedicadas a diferentes utilizações, como por exemplo, utilização industrial, armazéns, escritórios, etc.



Não existem limitações quanto às superfícies ou alturas dos recintos de incêndio, o que significa que um recinto pode ocupar todo um piso da estrutura ou só uma parte, compreender vários pisos ou só uma zona da estrutura, etc.

O programa permite visualizar graficamente os recintos de incêndio definidos na estrutura, representando os seus volumes sombreados tanto em vista tridimensional como no trabalho por planos. Também é possível visualizar claramente os elementos que pertencem a cada recinto, representados com a mesma cor desse recinto. Esta dinâmica é muito útil para visualizar a que recintos pertencem os elementos situados na fronteira, ou os que atravessam mais de um recinto.

Os elementos estruturais pertencentes a um determinado recinto comprovam-se com as opções de fogo estabelecidas para esse recinto. Os elementos que não pertencem a nenhum recinto em concreto, comprovam-se com as opções gerais da estrutura. Este sistema de trabalho é altamente flexível, uma vez que permite definir zonas com diferentes exigências de resistência ao fogo, independentemente dos elementos contidos no seu interior e dos seus materiais. Quando existem elementos situados na fronteira entre dois recintos ou que atravessam diferentes recintos, calculam-se com as opções do mais exigente.

### **Isolamento contra o fogo**

O cálculo de secções de madeira mantém o critério que já existia em versões anteriores, onde o utilizador selecciona uma protecção face a incêndios indicando o tempo que essa protecção atrasa o início da carbonização, e, a partir daí, o programa obtém a secção reduzida de cada barra.

No entanto, para os elementos de betão, aço ou alvenaria adoptou-se um novo critério. Nestes casos, o utilizador selecciona um tipo de isolamento, definindo os seus dados característicos ou seleccionando-o de uma base de dados incorporada no programa. Esta nova base de dados contém uma série de materiais isolantes usuais com os seus parâmetros típicos, ainda que seja totalmente aberta e permita ao utilizador modificá-los ou inclusive introduzir novos tipos de isolamento. Uma vez seleccionado o isolamento, o programa realiza a comprovação ao fogo dos elementos de betão, aço ou alvenaria. Quando não possuem a resistência exigida nas opções de comprovação, calcula-se automaticamente a quantidade de isolamento necessário.

### **Resultados**

Uma vez realizada a comprovação ao fogo dos elementos da estrutura, é possível obter vários tipos de informação, tanto a nível gráfico como em listagens. Os gráficos de tensões no aço e madeira têm a possibilidade de incluir o efeito do fogo, o que permite ver claramente a sua influência no cálculo e que elementos da estrutura cumprem e quais não.

No caso das barras de betão armado, existe a possibilidade de recalcular a resistência ao fogo quando se modifica a armadura de uma barra utilizando as ferramentas de peritagem.

Também é possível gerar um relatório completo de resultados, incluindo as opções de cálculo utilizadas e os resultados da comprovação. Este relatório é muito flexível e permite seleccionar que elementos estruturais incluir no mesmo, obter resultados resumidos ou detalhados, incluir a medição dos materiais isolantes obtidos, etc.