

**XVII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE  
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/SC - 2013**

**NATUREZA DO TRABALHO: PERÍCIAS**

**PERÍCIAS RELACIONADAS A INCÊNDIOS**

**Resumo**

*Trata-se da análise e constatação, por meio de diversos casos, de problemas nas edificações oriundos de incêndios. A análise pericial abrange o estudo e impacto das chamas na estrutura e a verificação das patologias que aparecem nessas situações. Serão apresentados alguns casos que servem como parâmetro para estudo, com demonstração das patologias identificadas.*

***PALAVRAS CHAVE: Incêndio – Concreto – Danos Estruturais***

---

## **INTRODUÇÃO**

O objetivo do presente trabalho é apresentar um roteiro de atividades e observações que devem ser desenvolvidas na análise de uma edificação que sofreu um incêndio, para verificar sua situação de estabilidade e identificar os impactos que o incêndio ocorrido possam ter provocado na sua estrutura, eventualmente afetando sua estabilidade, ainda que de forma localizada, e propor as providências de caráter técnico necessárias para resolver a situação da edificação.

Essa preocupação na análise do impacto do incêndio na edificação nasceu de vários casos ocorridos nos quais houve necessidade de vistorias apuradas para verificação da extensão dos danos ocorridos. Muitas dessas situações levam a processos judiciais para determinação dos fatos e responsabilidades.

## **DA ANÁLISE TÉCNICA**

Quando ocorre um incêndio numa edificação a preocupação principal com a mesma é a garantia de que sua estabilidade esteja preservada. Nesses casos, sabe-se que a temperatura interna depende da duração do incêndio. Assim, é importante se obter a informação de quando iniciou a ignição e quando houve a extinção do fogo em cada um dos locais onde ele ocorreu, pois o fogo se alastra, e seu combate não é necessariamente simultâneo, o que faz com que partes da estrutura fiquem expostas a altas temperaturas por períodos diferentes de outras, função de seu tempo efetivo de exposição ao fogo.

Assim, as informações iniciais ao se fazer a análise são:

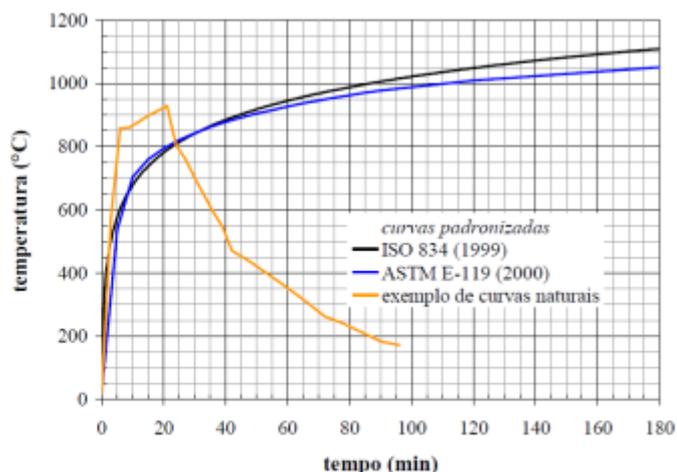
- Tempo de duração do fogo a que ficou submetida cada uma das partes da estrutura.
- Se havia revestimento (argamassa ou outro tipo de acabamento ou forro) protegendo a estrutura.

Na análise de casos de incêndio é importante ter o conhecimento de que o mesmo só ocorre por meio da combinação de três fatores distintos: combustível mais comburente e fonte de calor, que deflagram todo o processo.

Verificando-se o tempo de incêndio e da exposição às chamas, pode-se considerar a que temperaturas a edificação fica submetida e assim realizar uma análise mais apurada pelo gráfico das curvas de temperatura x tempo.

**Tabela 1** – Temperatura dos gases em função do tempo da ASTM E-119 [2].

Tempo (min)	Temperatura (°C)
0	20
5	538
10	704
15	760
20	795
25	821
30	843
35	862
40	878
45	892
50	905
55	916
60	927
65	937
70	946
75	955
80	963
85	971
90	978
120	1010
240	1093
480	1260



**Figura 1** – Curvas temperatura-tempo padronizadas pelas principais normas internacionais e a forma típica das curvas naturais [39, 42].

**Figura 1:** Curvas temperatura-tempo padronizadas pelas principais normas internacionais

## DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Sabe-se que as estruturas de concreto são bastante resistentes ao fogo tendo em vista as características térmicas do material, que tem baixa condutividade térmica e é praticamente incombustível, não exalando gases tóxicos ao ser aquecido.

No entanto, o aumento da temperatura nos elementos de concreto causa redução de sua resistência e de seu módulo de elasticidade, levando a uma redução da rigidez da estrutura.

Outro ponto importante a ser observado é que o concreto é composto de brita e areia (materiais inertes), colados por uma pasta à base de cimento, que é o aglutinante. O concreto armado tem também, ferragem adicionada ao conjunto, que participa dos elementos resistentes aos esforços oriundos dos carregamentos.

A heterogeneidade dos materiais constituintes do concreto armado (pasta, agregados e aço) quando submetida a altas temperaturas, leva a uma degradação progressiva do material, que pode, em alguns casos, levar a estrutura à ruína.

A desagregação do concreto pode ser antecipada dependendo das características da própria pasta, como o teor de umidade e as adições para melhorar a resistência. Outro fato importante de se observar é que a utilização de concretos com resistências cada vez maiores (mais modernamente) conduz a dimensionamentos de peças estruturais cada vez mais esbeltas.

A reação usual do concreto exposto a altas temperaturas é o pipocamento (“pop out”) e o lascamento (“spalling”), levando posteriormente à expulsão do cobrimento por dilatação térmica do aço, expondo as armaduras à ação direta do fogo. Isto pode ser extremamente nocivo ao funcionamento estrutural.

## O EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE O CONCRETO

Para um entendimento mais simples dos fenômenos que ocorrem em situações de incêndio, é preciso entender que (para não especialistas), o concreto é um conjunto de materiais inertes (brita e areia) ligados por um aglutinante, que é o cimento (que “cola” esses materiais inertes), transformando o conjunto num material monolítico.

Isto se dá quando a água, que é o catalisador da reação de aglutinamento, entra na mistura dos materiais.

Com a exposição do concreto a temperaturas acima dos 100° C, a água livre evapora.

Esta evaporação se dá tanto com a água existente nos poros quanto com a água associada ao próprio silicato de cálcio, que se desprende.

Inicialmente, o aumento da temperatura provoca o “cozimento” superficial do concreto, alterando sua coloração.

Com a porosidade do concreto não permitindo a liberação dos vapores criados, criam-se pequenas “bolsas de pressão”, que provocam um aumento da pressão interna no concreto, que tendem a “explodir”. A este fenômeno dá-se o nome de lascamento (“spalling”).

Nos concretos antigos, o teor de umidade é mais baixo.



**Fotos – PONTOS COM LASCAMENTO (“spalling”)**

Outro efeito nocivo ao concreto, é que por sua baixa condutividade térmica, criam-se no seu interior “camadas” com temperaturas diferenciadas, principalmente em relação à camada superficial, em contato direto com o fogo. Entre essas camadas surgem tensões térmicas, que podem, em alguns casos, ser superiores à tensão de tração da matriz cimentícia, provocando fissuração e, isto provoca o aparecimento de “camadas independentes” no interior do concreto, comprometendo sua monoliticidade.

Quando isto se torna intenso e a duração do fogo é longa (algumas horas), isto pode provocar o desprendimento de camadas (normalmente as superficiais) do concreto, sem estilhaçamento de grande magnitude, mas ocorrem nos primeiros momentos de um incêndio, expondo as armaduras à ação direta do fogo (“sloughing”).



**Fotos - alguns dos locais onde houve aparente “sloughing”**

O concreto que ultrapassa a fase do “spalling”, no início do aumento da temperatura, sofre uma retração volumétrica pela perda de umidade contida. Simultaneamente os agregados e a ferragem sofrem expansão volumétrica devido ao aumento da temperatura.

Isto começa a acontecer quando a temperatura ultrapassa os 300°C. Quando ela chega aos 400°C, inicia-se a decomposição dos hidróxidos de cálcio, resultando em óxido de cálcio puro e água (que vaporiza).

Quando a temperatura chega a cerca de 550°C a desidratação dos hidróxidos de cálcio, responsáveis pela passivação das armaduras, é completa.

De modo geral, 2/3 do volume dos concretos é composto por agregados. No Rio de Janeiro muitos dos agregados usados são ricos em sílica.

Este tipo de agregado, quando submetido a aumentos significativos de temperatura, provoca no concreto um fenômeno chamado de pipocamento (“pop out”), que nada mais é do que um “spalling” localizado, e ocorre quando a temperatura aproxima-se de 600°C. Isto é consequência do aquecimento dos agregados que chegam a ter aumento de volume de cerca de 1%.



**Foto - alguns dos locais onde houve aparente pipocamento (“pop outs”)**

### **ALTERAÇÃO DA COR**

O concreto dependendo da natureza dos agregados pode mudar de cor em função da temperatura. Pequenas quantidades de óxido de ferro, hidróxidos ou óxidos de ferro hidratados são responsáveis por essas alterações na coloração principalmente dos agregados oriundos de rochas sedimentares, metamórficas e ígneas. Quando a mudança de cor ocorre, se dá devido, principalmente à presença de rochas calcárias, que normalmente apresentam uma coloração rósea entre 230

°C e 300 °C. A tonalidade vai escurecendo gradualmente com a elevação da temperatura, quando a mesma chega próximo aos 600 °C os agregados podem se tornar vermelhos amarronzados. Em temperaturas próximas aos 900°C, a coloração se torna cinza e por último, amarelo-claro.

## **NORMA BRASILEIRA – NBR 15.200 de 2004**

A Norma Brasileira que trata do assunto, a NBR 15.200/2004 – “Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio” prevê uma série de situações para as estruturas em caso de incêndio, com objetivo de limitar riscos, principalmente da edificação exposta ao fogo, com as seguintes funções estabelecidas no item 4.3, a seguir apresentado.

*“4.3 Considera-se que os objetivos estabelecidos em 4.2 são atingidos se for demonstrado que a estrutura mantém as seguintes funções:*

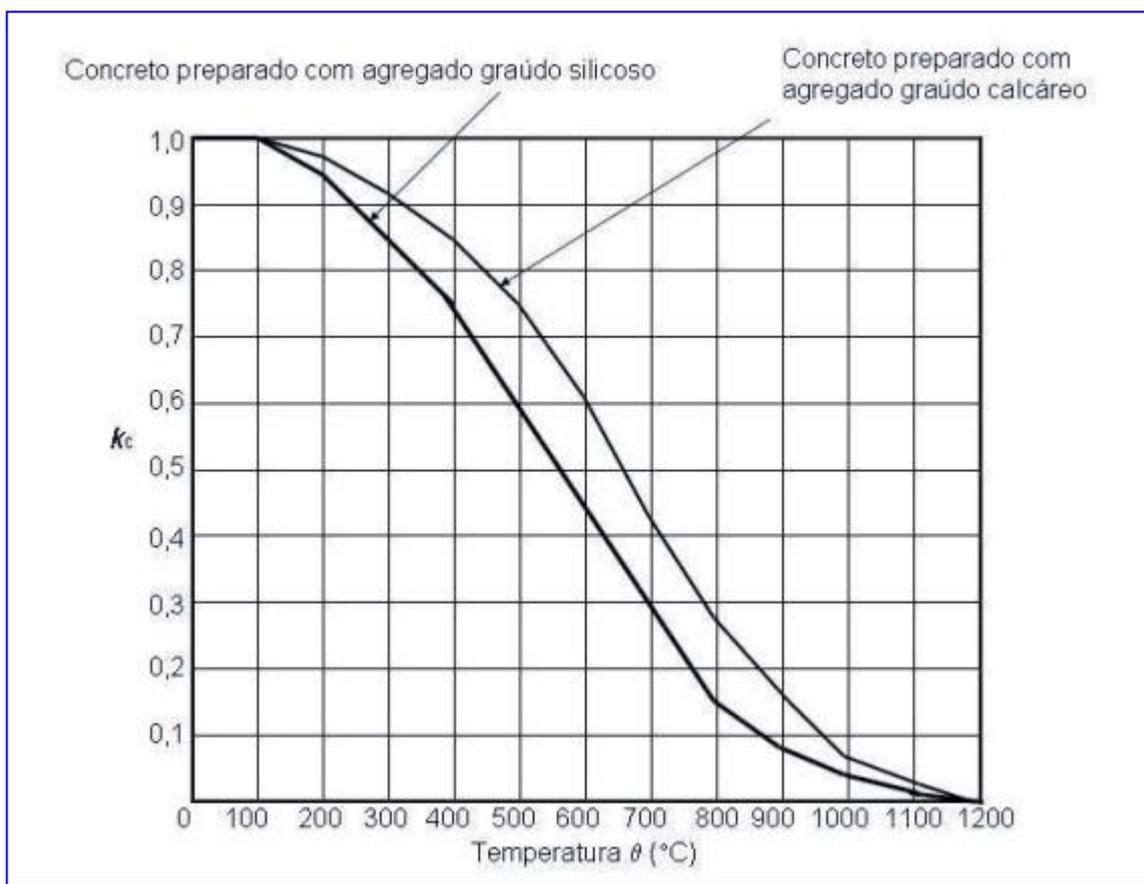
*— função corta-fogo – a estrutura não permite que o fogo a ultrapasse ou que o calor a atravesse em quantidade suficiente para gerar combustão no lado oposto ao incêndio inicial. A função corta-fogo compreende o isolamento térmico e a estanqueidade à passagem de chamas*

*— função de suporte – a estrutura mantém sua capacidade de suporte da construção como um todo ou de cada uma de suas partes, evitando o colapso global ou o colapso local progressivo;”*

Dentro dos objetivos da Norma, constam: reduzir o risco de casos de incêndio, que são medidas passivas, a seguir apresentadas e quando não for possível, controlar o fogo nos estágios iniciais, criando rotas de fugas e facilitando a operação de combate a incêndio.

No item 5 da referida Norma, há todo um estudo sobre a alteração das propriedades dos materiais, incluindo o estudo da resistência e rigidez do concreto quando submetido à altas temperaturas. O item 5.1.2 prescreve que o concreto tem uma diminuição progressiva de sua resistência em função da temperatura a que é submetido (diminuição percentual).

*“5.1.2 Resistência à compressão do concreto na temperatura”*



**Figura 2 — Fator de redução da resistência do concreto em função da temperatura – fonte NBR 15.200**

No mesmo item é tratada a perda de resistência da ferragem quando submetida a aumentos significativos de temperatura.

## **CORROSÃO**

Os metais quando submetidos à ação do fogo podem sofrer corrosão. Esse material raramente é encontrado no estado puro, possui uma combinação de um ou mais elementos não-metálicos, tais como minérios, que de modo geral possuem formas oxidadas do metal.

A corrosão é um processo de deterioração de propriedades que ocorre quando um material reage ao ambiente. Grande parte das ocorrências de corrosão envolvem reações eletroquímicas

A ação do combate ao incêndio pode ser tão destrutiva ao concreto quanto à própria ação do fogo. Os resfriamentos e contrações abruptas provocam gretas (CÁNOVAS (1988)). Em uma estrutura de concreto aquecida próximo a 500 °C, a ação da água produz uma grande elevação de temperatura em virtude da reação de reidratação do óxido de cálcio livre no concreto. O aumento da temperatura incide a novas expansões térmicas, gerando fissuras.

## **MEDIDAS DE PROTEÇÃO**

**PASSIVAS** – Medidas que devem ser tomadas na elaboração de projetos, visando evitar a ocorrência de um foco de incêndio, e prevendo a redução de seus efeitos

em casos de ocorrência. Algumas medidas que podem ser observadas são: escolha do material de revestimento e acabamento, instalação de escadas de fuga, muitas vezes são inseridas na fachada da edificação, controle da fumaça e segurança estrutural

Um projeto completo preventivo contra incêndio, compreende:

- Extintores;
- Preventivo hidráulico;
- Instalações de gás combustível;
- Saídas de emergência com escadas de escape.
- Proteção contra descargas atmosféricas;
- Iluminação de emergência;
- Sistema de alarme e detecção.

**ATIVAS** – Medidas a serem tomadas no caso em que o fogo ocorra, também conhecidas como medidas de combate, tais como a existência de sistemas de detecção e alarme, sistema de sinalização e iluminação de emergência, sistema de hidrantes e chuveiros automáticos (sprinklers).

### **CASO ESPECÍFICO 1: INCÊNDIO EM CLÍNICA DE OLHOS EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL NA ZONA SUL DO RIO DE JANEIRO.**

#### **DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO**

O imóvel em análise localiza-se na Rua Visconde de Pirajá 623, Ipanema, VI Região Administrativa do Município do Rio de Janeiro



Trata-se de uma edificação comercial, “PhD’s Ipanema Center”, colada nas divisas, com dois subsolos, loja no pavimento térreo e 9 pavimentos tipo subdivididos em salas. No térreo encontram-se o hall social e o acesso aos pavimentos garagem.

No 8º e 9º pavimentos da edificação encontra-se instalada uma clínica médica oftalmológica, em espaço integrado, possuindo recepção, sala de estar, depósito e salas de consulta no 8º pavimento, e centro cirúrgico no 9º pavimento.



**Foto: Vista geral da edificação**

Foi realizada a vistoria logo após o incêndio e pode-se verificar que o foco ocorreu no depósito localizado na sala do 8º andar, visto ser um ambiente fechado, com muito material inflamável estocado. Por posicionamento inadequado de material inflamável, este ficou próximo e exposto ao calor de uma luminária e o incêndio se iniciou. Este compartimento foi o mais afetado.

Os danos identificados na vistoria foram:

No depósito, o rebaixo em gesso estava totalmente danificado assim como o sistema de ar condicionado central. As esquadrias estavam danificadas e com vidros quebrados. Algumas paredes, principalmente a de divisa com a sala contígua apresentava fissuras capilares oriundas do gradiente térmico. A pintura estava danificada em diversos compartimentos e instalações necessitando de reparos. No teto do depósito havia um ponto com armadura aparente.

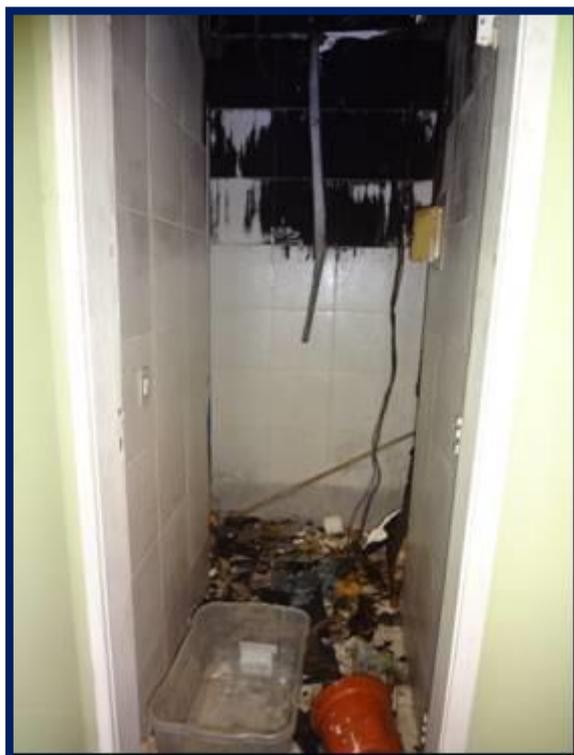
Na sala vizinha do lado interno verificou-se uma fissura inclinada, percorrendo toda a parede de divisa com a sala onde houve o incêndio.



**Foto- Vista de parte da sala onde ocorreu o incêndio, instalações danificadas.**



**Fotos – Banheiro, rebaixo em gesso do teto e instalações danificadas.**



**Foto – Compartimento com sinais do incêndio.**



**Fotos– Vista da parede de divisa entre as salas**



**Fotos- Vista da parede de divisa das salas, pelo lado interno da sala foco do incêndio. Fissuras na alvenaria e pintura totalmente danificada.**



**Fotos– Teto da sala, rebaixo de gesso danificado e instalações afetadas.**

No pavimento imediatamente acima da sala onde se iniciou o incêndio, verificaram-se fissuras horizontais nas paredes e o desprendimento do piso cerâmico em porcelanato. As esquadrias tiveram os vidros quebrados e sua estrutura em alumínio anodizado necessitou substituição de algumas peças danificadas.



**Foto - Esquadria danificada e retorcida.**



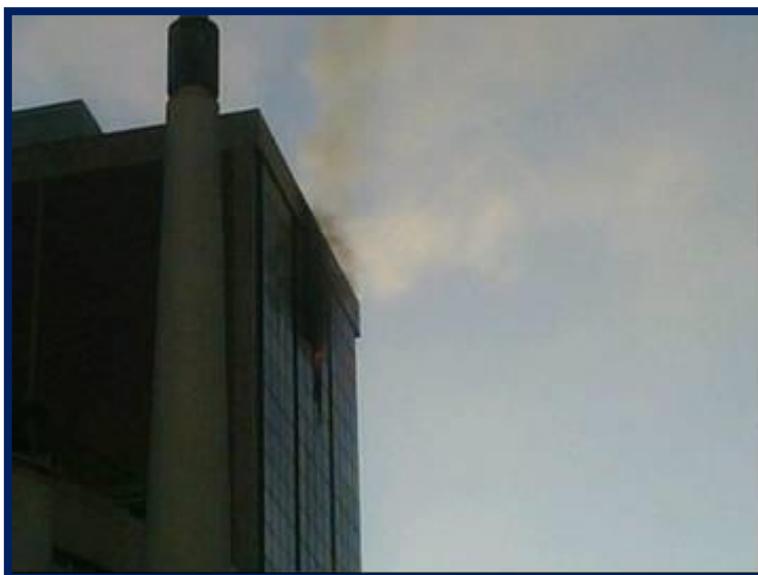
**Fotos- Esquadria danificada, com vidros quebrados. necessitando substituição de algumas peças.**

## CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

Segundo publicado nos jornais, suspeita-se que o incêndio foi oriundo de um curto circuito no compartimento utilizado como depósito, tal como a seguir transcrito da reportagem no Jornal “O Globo”

### ***“Bombeiros suspeitam de curto-circuito em sala***

*Papéis, produtos químicos e materiais usados em cirurgias facilitaram a propagação do fogo. Os bombeiros disseram suspeitar que um curto-circuito numa sala que guardava remédios tenha provocado o incêndio.”*



**Foto do incêndio - fonte: “O Globo”.**

A análise dos danos edíficos inicia-se pela verificação das peças estruturais. Uma vez que as peças são revestidas de argamassa e existia, em boa parte do imóvel, forro falso, o concreto da estrutura não sofreu agressão que modificasse de maneira significativa suas características, principalmente sua resistência.

O fogo durou cerca de 20 min, isto elevou a temperatura interna nos locais atingidos a cerca de 800°C em seu ápice, mas o tempo de atuação foi muito pequeno, não se apresentando nenhuma das características que indicariam a perda de resistência ou a modificação significativa em seu módulo de elasticidade, como o esfarelamento da superfície sob a ação direta do fogo, que calcinaria o concreto, ou o lascamento (spalling), que ocorre quando o concreto (no caso a laje) fica submetido à exposição do gradiente térmico de forma contínua, como já apresentado. Não foram observados nem o esfarinhamento da superfície do concreto, nem sua laminação progressiva. Outra ocorrência comum nas situações de incêndio a temperaturas altas é o chamado lascamento explosivo, que também não foi observado em nenhum dos pontos vistoriados.

Considerando-se que o tempo efetivo de exposição ao fogo direto sobre o concreto não provocou nenhuma das situações clássicas de início de deterioração,

considerando-se que, para o sinistro ocorrido, indícios iniciais de lascamento progressivo ou explosivo seriam identificados, caso, efetivamente, tivessem causado danos sérios às características e à resistência do concreto, e considerando-se que o não desprendimento do cobrimento das peças estruturais, o que induz à certeza de preservação das características físicas das armaduras, pode-se afirmar que não ocorreram danos estruturais importantes.

As alvenarias existentes no pavimento, imediatamente acima do trecho de maior incidência de fogo, sofreram os efeitos de carga térmica intensa e apresentaram fraturas em sua face superior e vertical junto à fachada.

A esquadria de fachada, em alumínio anodizado bronze, foi parcialmente atingida pelas labaredas e apresenta danos irreversíveis em alguns perfis, que deverão ser substituídos. Os vidros deste trecho da fachada, que apresentem trincas, também deverão ser substituídos. Deverá ser feita uma revisão de vedações e caixilharia em todo o trecho da fachada que sofreu incidência do fogo.

Os demais danos construtivos verificados se constituem de desprendimento de revestimento cerâmico e destruição parcial de forros nos tetos. A instalação elétrica, devido à variação de temperatura ocorrida, ficou danificada e necessitou ser integralmente revista e substituída.

## **CASO ESPECÍFICO 2: INCÊNDIO NO ESCRITÓRIO EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL NO CENTRO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO.**

Neste caso específico, pelas informações obtidas nas notícias veiculadas sobre o assunto, o tempo de incêndio foi de algumas horas. Assim, a estrutura em questão – teto do 15º pavimento, que serve de piso ao 16º, esteve submetida a temperaturas de até 1.000º C. Isto explica a coloração avermelhada do concreto, que pode ter sofrido redução sensível de resistência.

Notícias veiculadas no dia do incêndio comprovam que o fogo teve duração variando entre 2 e 3 horas, no mínimo.

10/06 às 09h35 - Atualizada em 10/06 às 09h41  
Incêndio em prédio da Av. Rio Branco já está quase controlado  
Jornal do Brasil

Várias equipes do Corpo de Bombeiros permanecem na Avenida Rio Branco, 99, no Centro do Rio, onde um prédio comercial pegou fogo por volta das 7h deste domingo. As chamas já estão menores.

Segundo a Rádio CBN, o incêndio começou em um escritório de advocacia que funciona no 15º andar. As chamas se espalharam para os 13º, 14º e 16º andares, que estava vazio.

Um dos sócios do escritório, que não quis se identificar, disse que no 15º pavimento estavam todos os arquivos.

A escada magirus dos bombeiros não conseguiu alcançar esse andar. Por

isso, o combate ao incêndio foi feito por dentro do edifício.

10/06/2012 09h02 - Atualizado em 10/06/2012 10h26

Incêndio em prédio interdita trecho da Av. Rio Branco, diz prefeitura

Trânsito é desviado pela Avenida Passos, segundo Centro de Operações.

Bombeiros combatem fogo em edifício na Av. Rio Branco 99.

Do G1 Rio



A Avenida Rio Branco, no Centro do Rio, está interdita entre a Avenida Presidente Vargas e a Rua do Rosário, devido a um incêndio em prédio comercial no imóvel de número 99 que acontece na manhã deste domingo (10). O trânsito está sendo desviado pela Avenida Passos, segundo informou o Centro de Operações da Prefeitura.

Bombeiros do Quartel Central combatem o incêndio no prédio desde as 6h45 deste domingo (10), com seis viaturas, segundo a assessoria do Corpo de Bombeiros.

Notícias veiculadas pelo Jornal do Brasil e pelo G1

No presente caso, as peças estruturais tem dimensões maiores que as atuais, em função dos critérios de dimensionamento adotados à época da construção, o que traz benefício em relação ao caso em epígrafe.

Um ponto adicional favorável ao edifício em análise é o fato de que não devem terem sido usados aditivos que permitem a redução do fator água/cimento, promovendo concretos mais compactos e menos permeáveis (o que aumenta a durabilidade do material a temperatura ambiente), mas que em situações de incêndio antecipam a degradação do material.

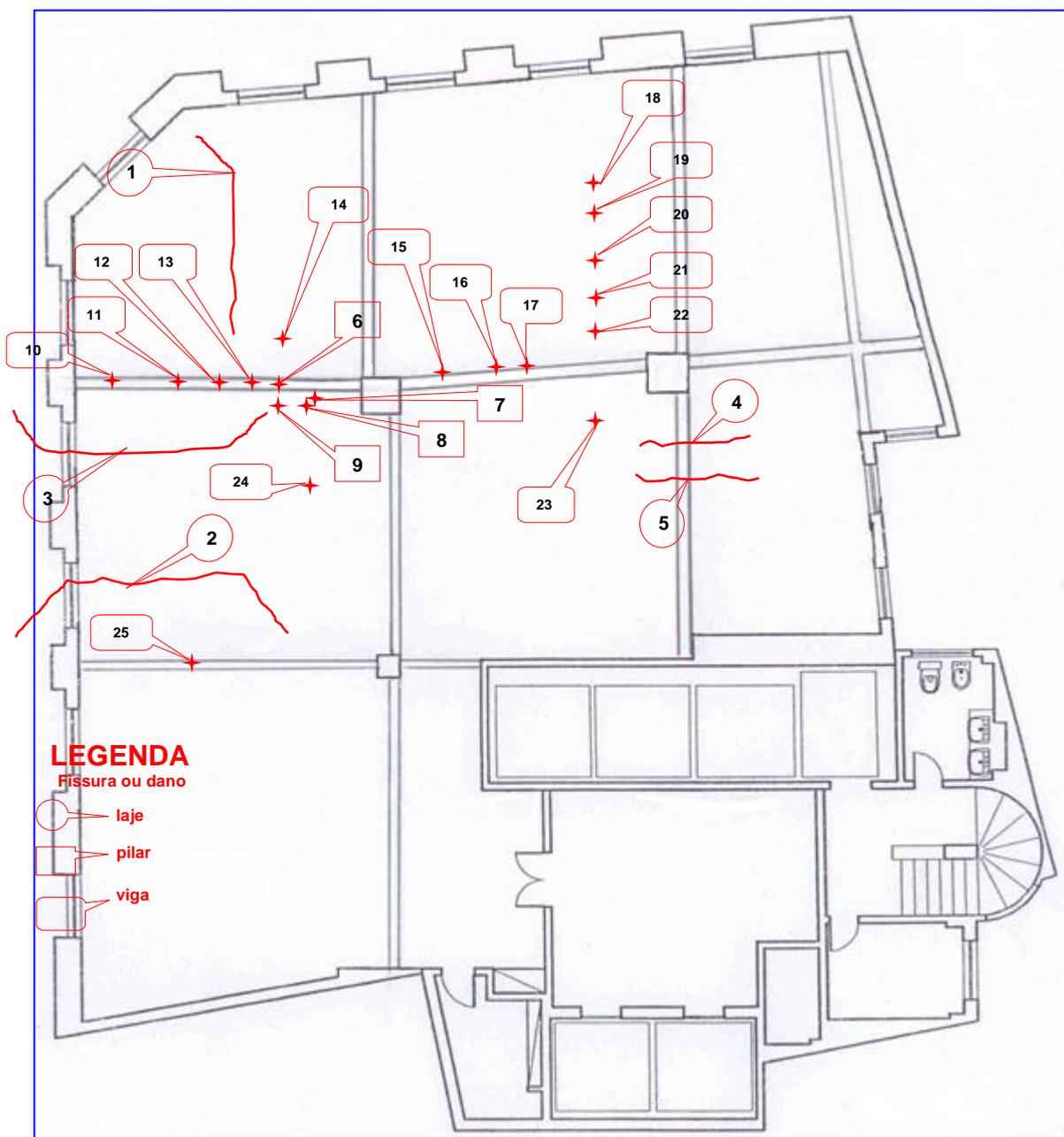
Como o concreto, no presente caso, é antigo, o teor de umidade é mais baixo, não tendo sido observados muitos locais onde tenha ocorrido lascamento (“spalling”), porém existem alguns pontos onde o fenômeno parece ter acontecido.

Em vista do que se encontrou ao longo das vistorias efetuadas, e função das recomendações técnicas sobre o assunto, tanto as nacionais como as internacionais, avaliou-se o dano estrutural ocorrido para se estabelecer o melhor procedimento de reforço.

A análise dos eventuais danos estruturais ficou circunscrita ao ocorrido no 15º pavimento.



**Foto - Incêndio controlado**



Croqui indicativo dos danos estruturais mais relevantes no 15º pavimento



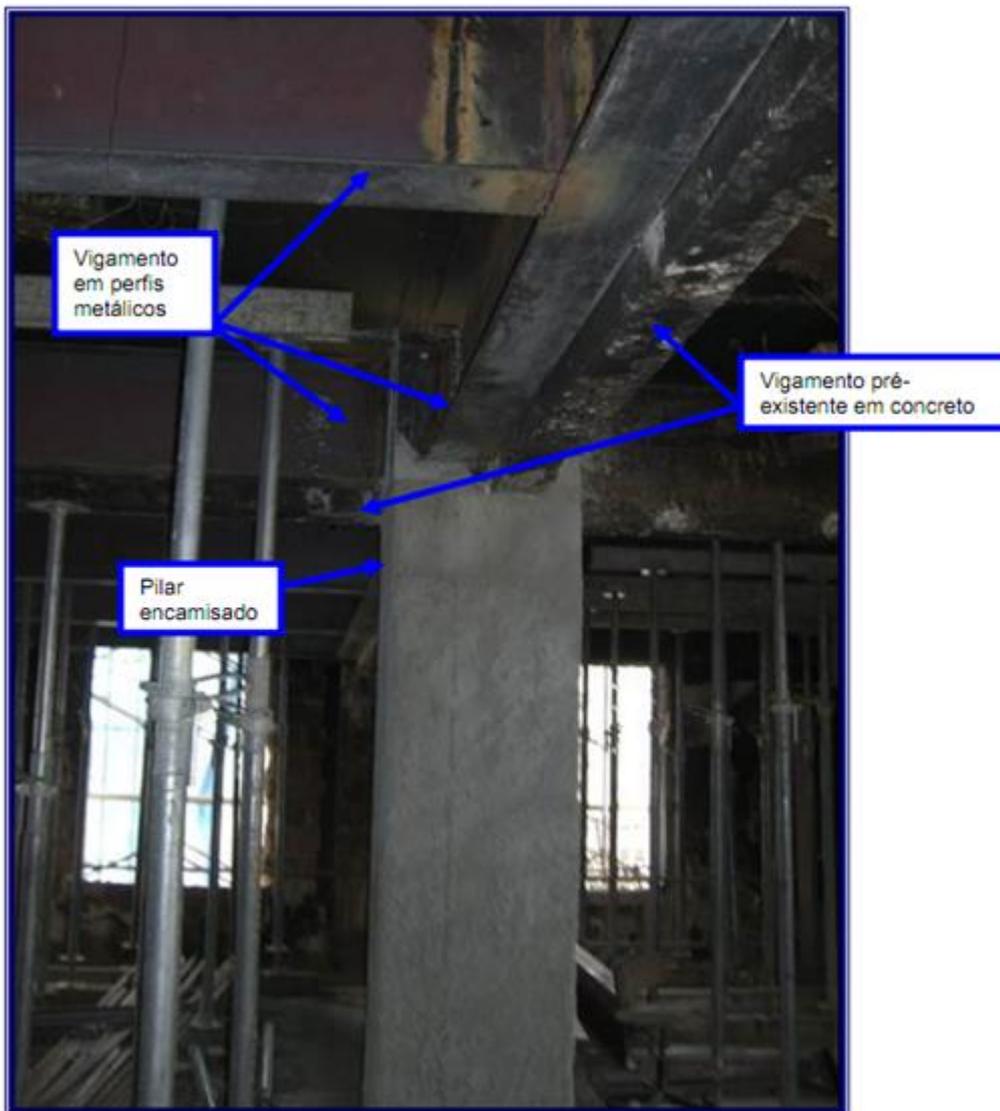
**Fotos - Pavimento após o incêndio**



**Fotos 15º pavimento – Cerca de 30 dias após o incêndio**

Neste caso logo após o incêndio foi adotada a solução de

reforço estrutural por meio de estrutura metálica de sustentação da laje de teto, na região efetivamente atingida por altas temperaturas. Além de se reforçarem todas as lajes com uma sobrecapa de ferragem e concreto, executou-se uma malha de vigas metálicas de grande porte, em todo o pavimento.



**Foto: Pilar encamisado e vigamento de reforço**



Fotos: Reforço nas peças estruturais

#### DANOS ADICIONAIS

Em função do aumento de temperatura por período razoável, a laje imediatamente acima do incêndio sofreu dilatação no sentido horizontal, escorando-se no conjunto de grande inércia (escada/elevadores, “empurrando os pilares da fachada frontal provocando uma ruptura parcial na ligação viga X pilar em diversos pilares de fachada, que para serem restaurados passaram por procedimento de justaposição de fibras de carbono.



Fotos: Ruptura parcial de ligação



**Foto: Procedimento de justaposição por fibras de carbono**

### **CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS**

Em vista do que se encontrou ao longo da vistoria efetuada e das providências que foram tomadas, pode-se afirmar que os eventuais riscos estruturais estavam afastados.

### **CASO ESPECÍFICO 3: INCÊNDIO EM GALPÃO NA ZONA OESTE DO RIO DE JANEIRO.**

Esse caso específico refere-se a um galpão ocupado por uma Empresa de Combustíveis e Lubrificantes, situado na Estrada Padre Guilherme Decaminada, 2.700 – Santa Cruz, às margens da Av. Brasil – Rio de Janeiro. O incêndio destruiu praticamente todo o galpão.



**Foto: Vista aérea do local.**



**Localização do Galpão**



**Fotos – Incêndio.**



**Fotos – Incêndio.**



**Foto – Vista do depósito, tanques verticais e terreno após o incêndio.**



Fotos – Vistas do depósito após o incêndio.



Portão automático



**Fotos – Vistas internas do depósito após o incêndio.**





Cilindro de gás da empilhadeira



Fotos – Empilhadeira.



**Fotos– Instalações elétricas após incêndio.**





**Foto – Extintores de incêndio encontrados no galpão.**



**Foto – Tubulação, aparentemente de combate a incêndio.**



**Fotos – Tambores de óleo**



**Foto – Estrutura deteriorada pelo calor.**

### **CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS**

Tendo em vista o estado de destruição, a intensidade do fogo e a duração do incêndio (foram necessárias mais de quatro horas para a extinção inicial do fogo), os indícios que poderiam conduzir a uma conclusão sobre as possíveis causas para o ocorrido não estão disponíveis.

Desta forma, é inconclusiva a origem do fogo, o que está corroborado pela Certidão de Ocorrência emitida pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro – 13º GBM Campo Grande.

A duração do incêndio e a temperatura alcançada são fundamentais para se determinar a capacidade da estrutura de permanecer em condições de estabilidade.

Os danos estruturais oriundos de um incêndio são determinados por expressões que relacionam o crescimento da temperatura dos gases quentes do compartimento, com o tempo de duração do incêndio. A curva-padrão de materiais celulósicos (ISO 834 e ASTM E 119) é mundialmente difundida por meio de códigos normativos.

Os compartimentos com predominância de materiais inflamáveis são avaliados adotando curvas padronizadas para materiais hidrocarbonetos tais como UL 1709 (E.U.A.), “H” – hydrocarbon curve (União Europeia), RWS (Países Baixos) e RABT (Alemanha e Japão).

A relação temperatura X tempo de duração pode ser inferida, para incêndios como o ocorrido tanto na fase de aquecimento, como na fase do resfriamento, com ventilação limitada e sem dispositivos de combate automático ao fogo, pela Norma ASTM E119-00a, indicando que a temperatura no local chegou a cerca de 1.100° C. Esta temperatura atuando pelo tempo de duração do incêndio leva a resistência do concreto a ficar desprezível.

Em decorrência da intensidade do fogo e da duração do incêndio (os bombeiros levaram mais de quatro horas para conter as chamas), a estrutura do galpão ficou totalmente comprometida, irrecuperável, com risco de colapso dos pilares e vigas remanescentes, razão pela qual terá que ser integralmente reconstruída, conforme se observa das fotos a seguir:



**Foto – Vista interna do galpão após incêndio com as peças estruturais danificadas.**



**Fotos– Deterioração de um dos pilares e do funcionamento estrutural com perda da ligação viga x pilar**

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Em casos de incêndio recomenda-se a verificação do tempo de exposição e da temperatura, visto que até 100 °C o concreto armado mantém suas características. Entre 300 e 400 °C as fissuras superficiais tornam-se visíveis, porém internamente a integridade fica mantida.

Acima dos 600 °C há perda total de resistência do concreto, perdendo sua atividade estrutural.

Aquecimentos de longa duração podem comprometer permanentemente as armaduras, principalmente em temperaturas acima de 500 °C.

Recomenda-se que medidas de proteção sejam adotadas, tanto passivas quanto ativas, com estudo da prevenção de casos de incêndio desde o projeto até a execução e principalmente na manutenção das edificações.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ALMEIDA, Dirceu Francisco de. As Estruturas de Concreto Armado e o Fogo - Comportamento - Consequências - Restauração. EPUSP. São Paulo, 1984. [Dissertação de Mestrado em Engenharia – PCC-EPUSP]
- BAUER, Luiz Alfredo Falcão. Materiais de Construção Civil 1. Vol. 1. 5ª Ed. Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. São Paulo, 1994.
- Moreira de Souza, Vicente C. & Ripper, Thomaz – Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto – Pini - 1998.
- NBR 15200 – 2004 - “Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio”

- Couri, Gilberto Adib – Patologia das Edificações – Apostila – Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal Fluminense - 2006
- Verçoza, Ênio José – Patologia das Edificações – Editora Sabra, 1991
- CÁNOVAS, Manuel Fernández. Patologia e Terapia do Concreto Armado. Ed. PINI. São Paulo, 1988