

Avaliação das ações térmicas incidentes em estrutura mista após incêndio ocorrido em edificação: estudo de caso.

Charles Ferreira de Oliveira¹, Karyston Silveira²

¹PUC Minas - Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas / charles.engenheirocivil@gmail.com

²PUC Minas – Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas / karystoneng@gmail.com

Resumo

O presente artigo tem como propósito retratar as ações do fogo e os efeitos térmicos provocados em estruturas mistas em caso de incêndios, visando apresentar uma análise sistemática dos danos provocados por um incêndio proveniente de um curto circuito nas instalações elétricas da edificação onde funcionava a Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis Natureza Viva na cidade de Governador Valadares/MG. O trabalho foi desenvolvido por meio de inspeção realizada no local e de levantamento de referencial teórico referente às ações do fogo e seus efeitos em estruturas e alvenarias em razão de incêndio. Neste trabalho é apresentado um estudo de caso sobre o comportamento da estrutura e dos danos causados pelo fogo devido ao incêndio, tendo como resultado uma abordagem sobre a importância de levar em consideração os esforços causados por ações excepcionais e planejamento na hora de projetar seguindo as normas técnicas.

Palavras-chave

incêndio; estruturas, ações do fogo.

Introdução

Frequentemente, os meios de comunicação destacam notícias sobre incêndios ocorridos em edificações, apesar de não haver histórico da quantidade de imóveis atingidos por incêndios todos os anos, sabe-se que, na grande maioria das vezes, os incêndios em edificações são causados por problemas elétricos, falta de manutenção ou por incêndios acidentais ou criminosos, entre outros.

As estruturas de concreto, aço e madeira possuem resistência ao aquecimento, contudo após o início de um incêndio, dependendo de sua duração, o aumento da temperatura pode provocar deformações nestas estruturas podendo levá-las ao Estado de Limite Último.

O aumento de incidentes causados por incêndios mostrou a necessidade da implantação de práticas mais modernas para o combate ao incêndio, muitos acidentes relacionados às estruturas surgem em relação ao desconhecimento das ações extremas, resultantes de fatores externos pelos quais as estruturas estão expostas ao decorrer de sua utilização requerendo maior atenção nas análises de riscos inerentes à segurança contra incêndio e ao pânico. (HADDAD e SOUZA, 1998).

Nesta vertente, o trabalho em questão apresenta um estudo de caso a respeito do comportamento das estruturas em razão dos danos causados pelo fogo em galpões de estrutura mista.

O objetivo deste estudo de caso é apresentar uma análise dos comportamentos da exposição das estruturas dos galpões da Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis Natureza Viva - ASCANAVI sobre os efeitos causados pelas ações do fogo. Neste estudo de caso, a ocorrência do incêndio originou-se a partir de um curto circuito.

A seguir será apresentado um breve referencial teórico no qual buscou destacar os principais conceitos relacionados ao incêndio, às classes de fogo e às ações do fogo nas estruturas, em seguida será apresentado o estudo de caso.

Incêndio

Todos os anos, muitas edificações são afetadas por incêndios no Brasil, contudo não é possível estimar o tamanho dos danos causados por este motivo. Mesmo após a publicação da lei Kiss, (Lei nº 13.425 de 30 de abril de 2017), em que estabeleceu diretrizes gerais para prevenção de incêndios e medidas de resgate em edifícios e áreas de reuniões públicas, ainda são muitas as notícias de incêndios que atingem as edificações e colocam em risco as vidas de seus usuários.

Os incêndios surgem de diversas maneiras, desde fenômenos físicos, meios químicos, fenômenos da natureza e meios biológicos que costumam ser as causas mais comuns de incêndios em ambientes rurais e florestais. (RIPPER e SOUZA, 1998).

A ação térmica causada nos incêndios é um tipo de ação no ambiente causado pela passagem de calor, podendo iniciar pela radiação, condução e pela convecção. (SILVA, 2016).

A radiação ocorre por meio de ondas de um elemento que se encontra em temperatura elevada, que propaga para outro que possua menos calor. Devido ao compartilhamento de temperatura, a radiação é resultante de gases quentes advindos do fogo e das paredes no ambiente que estão aquecidas.

Segundo Silva, Vargas e Ono (2010), a condução acontece por meio do contato de um sólido altamente aquecido com uma região com menos temperatura. O processo de convecção realiza-se mediante ao fluxo de calor que envolve a movimentação de fluidos misturados, principalmente quando for materiais sólidos e fluidos inflamáveis oriundos do contato de gases que possuem diferentes temperaturas no ambiente incendiado, sendo um tipo de movimentação que ao obter contato com as estruturas permite a transmissão convectiva de calor. A propagação do incêndio varia de acordo com as condições do ambiente que facilitam ou não a sua propagação. Pode-se tomar como exemplo, ambientes que possuem uma boa passagem de ar e locais com pouca ventilação em relação à ambientes com a maior presença de oxigênio, sendo que o fogo se propaga com intensidade nos ambientes menos arejados e dependendo do seu fluxo atingem todo o ambiente e se espalha muito rápido. O fluxo de calor radiante, o fluxo de propagação das chamas por meio do processo de condução e o fluxo de calor convectivo podem ser observados na Figura 1.

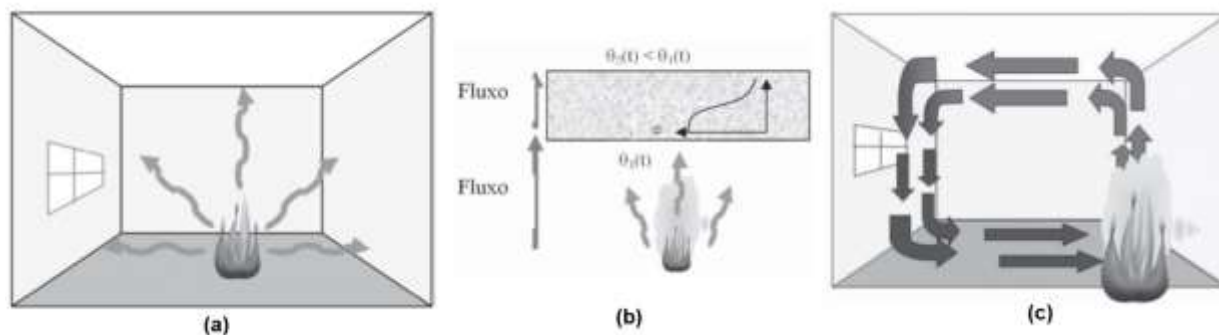


Figura 1: (a) fluxo de propagação das chamas; (b) fluxo de propagação por meio da condução e (c) fluxo de propagação das chamas por condução. – Fonte: Silva, 2016 – adaptado.

Para a formação do fogo torna-se necessário uma relação coexistente entre quatro componentes para que ocorra tal fenômeno, no qual essa relação representada é conhecida como tetraedro do fogo e seus componentes são: combustível (qualquer substância geradora de calor através de uma reação química), comburente (elemento do qual reage ao combustível e se dá a combustão; no caso do incêndio, é o oxigênio do ar), calor (forma de transmissão de energia de um sistema para outro, devido ao processo de transformação) e a reação química em cadeia. (MARCELLI, 2007).

De acordo com a Instrução Técnica nº 16 (sistema de proteção por extintores de incêndio) do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), existem cinco classes de fogo de acordo com as características dos materiais combustíveis ou inflamáveis, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Classes de Fogo

Classe	A	Fogo em materiais combustíveis sólidos, que queimam em superfície e profundidade através do processo de pirólise, deixando resíduos.
	B	Fogo em líquidos e/ou gases combustíveis ou inflamáveis e sólidos combustíveis que se liquefazem por ação do calor, como graxas, que queimam somente em superfície, podendo ou não deixar resíduos.
	C	Fogo em materiais, equipamentos e instalações elétricas energizadas.
	D	Fogo em metais combustíveis, como magnésio, titânio, alumínio, zircônio, sódio, potássio e lítio.
	K	Fogo em óleos e gorduras, animais e vegetais, utilizados na cocção de alimentos.

Tabela 1: Classes de fogo – Fonte: IT 16/2022 do CBMMG – adaptado.

Para Ripper e Souza (1998), o comportamento de um incêndio ocorre em três fases: na fase inicial há mudanças graduais na variação de temperatura, durante a fase intermediária ocorre uma queima generalizada (*Flashover*). Durante a ocorrência de um incêndio, o momento mais crítico ocorre durante a transição entre a primeira e a segunda fase e enquanto a última parte é a fase de extinção do incêndio em que há ausência de comburente para manter as chamas.

As chamas são fenômenos da fase gasosa, entretanto a combustão de combustíveis líquidos e sólidos devem envolver a conversão para a fase gasosa. Para a maioria dos líquidos inflamáveis o processo é apenas a evaporação da camada superficial e os líquidos com alto ponto de ebulição, como óleos de cozinha, que podem sofrer decomposição química são exceções. Para os materiais sólidos, o processo de decomposição química é a regra (CBMDF, 2019) e na imagem apresentada na Figura 2 pode-se observar o comportamento da curva característica das fases de um incêndio e as diferentes maneiras em que o vapor inflamável pode ser gerado de um combustível sólido.

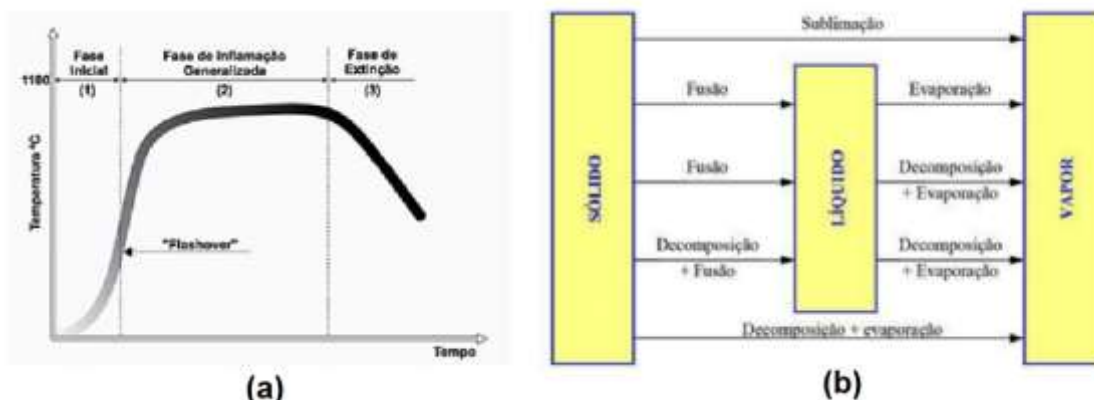


Figura 2: (a) curva característica de comportamento de um incêndio. (b) diferentes maneiras que o vapor inflamável pode ser gerado de um combustível sólido. Fonte: Marcelli, 2007 – adaptado.

Ações do Fogo sobre Estruturas de Aço de um Galpão

Quando o aço é submetido a altas temperaturas, o material não apresenta um bom comportamento, sendo necessário uma atenção especial para casos de incêndio. Em comparação ao concreto, as estruturas de aço possuem maior vulnerabilidade em exposição as altas temperaturas, causando perda de resistência e maior dilatação de acordo com o aumento de temperatura no ambiente em que o aço está exposto, comprometendo a estabilidade da estrutura. (MARCELLI, 2007).

Com o passar do tempo, o incêndio se propaga, a resistência do aço decresce conforme a temperatura aumenta, a imagem apresentada na Figura 3 demonstra tal feito. Em relação ao concreto, o aço possui um desempenho melhor em manter a sua resistência ao escoamento em função da temperatura, no qual o material inicia o seu processo de perda de resistência quando a temperatura do aço aproxima dos 400 °C. Na faixa de 400 °C à 600 °C o material perde consideravelmente a sua resistência, porém mantém seu desempenho superior em relação ao concreto. Em temperaturas superiores à 600 °C, a perda de resistência desses materiais tende a ser equivalentes. Já o concreto perde módulo de

elasticidade mais rapidamente do que o aço. Antes de alcançar a temperatura de 600 °C, o concreto já perdeu por completo as suas propriedades do módulo de elasticidade enquanto na mesma temperatura, o aço ainda não perdeu a metade do seu módulo de elasticidade, perdendo por completo ao alcançar temperaturas superiores à 1000 °C, contudo o aço possui uma deformação muito superior ao concreto. (SILVA; VARGAS; ONO, 2010).

A Figura 3 mostra o comparativo da redução do módulo de elasticidade e da resistência ao escoamento em função da temperatura do aço, do concreto, do alumínio e da madeira.

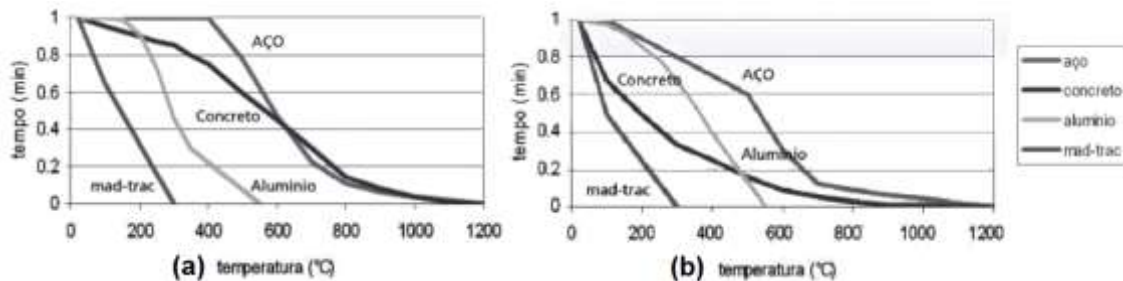


Figura 3: (a) redução da resistência ao escoamento em função da temperatura e (b) redução do módulo de elasticidade em função da temperatura. – Fonte: (Silva, Vargas e Ono, 2010) – adaptado.

Na Figura 4 são apresentados alguns gráficos que mostram o desempenho do aço quando submetido a elevadas temperaturas, no qual destaca uma perda considerável de resistência aos esforços de tração, demonstrando maior deformação conforme for o aumento de temperatura. Apesar do aumento de deformação estar proporcional ao aumento calorimétrico do material, pode-se observar que a tensão aplicada pode ser menor conforme vai se elevando a temperatura.

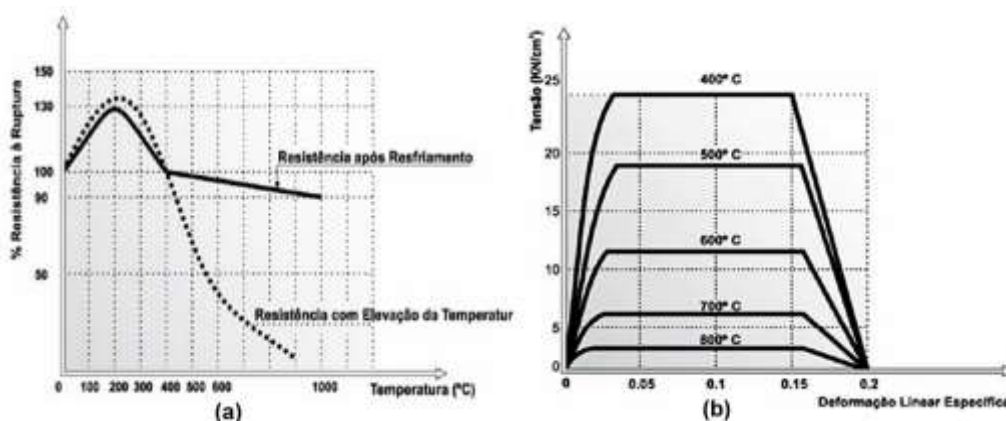


Figura 4: (a) resistência do aço à tração e (b) resistência do aço à tração em relação à temperatura – Fonte: Marcelli, 2007 – adaptado.

Além de atender às normas específicas para a concepção de uma edificação, ao projetar uma estrutura é importante ficar atento às recomendações da NBR 14.432:2001 (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimentos), bem como às instruções técnicas do Corpo de Bombeiros de acordo com a localidade em que será construída, buscando proteger as estruturas, pois mesmo que a proteção seja feita parcialmente por elementos mais robustos, os elementos de aço sofrem uma redução da taxa de absorção de calor, por causa da sua área de exposição a altas temperaturas, resultando no aumento de tempo para alcançar a temperatura de colapso. Além disso, se a região que foi aquecida, com menor resistência alcançar a plasticidade, os esforços que atuam na estrutura serão redistribuídos para a região fria, pois ainda possui maior conservação de resistência. Assim, é fundamental verificar se há necessidade de revestimento para a demanda de um cálculo estrutural e para a adoção de materiais de revestimento contra fogo é preciso ser levado em consideração: baixa massa específica aparente; baixa condutividade térmica; alto calor

específico; adequada resistência mecânica; garantia de integridade durante a evolução do incêndio; visando sempre um custo compatível. (SILVA; VARGAS; ONO, 2010)

As Figuras 5 e 6 retratam as situações observadas nos testes realizados por Lamont (2001), referente a ação do fogo em estruturas mistas, com o foco na análise do comportamento dos elementos estruturais metálicos, no qual foram realizados diversos testes em vários ambientes da edificação que ficaram sujeitos às situações de incêndio controlado, em que foram utilizados diferentes tipos de materiais inflamáveis para alimentar as chamas nos diversos ambientes. Após a ação das chamas, foi realizada a análise do comportamento dos elementos estruturais metálicos e após os testes realizados, os elementos metálicos que não possuíam nenhum tipo de revestimento para proteção de incêndios foram os que mais sofreram com o efeito das altas temperaturas.



Figura 5: (a) vigas e pilares metálicos submetidos a temperatura de até 750 °C por aquecimento a gás, (b) estrutura submetida a aquecimento por queima de madeira, com temperatura chegando a 1000 °C e (c) falha na conexão da estrutura ocorridas pela alta temperatura no qual a peça foi submetida. – Fonte: Lamont, 2001 – adaptado.

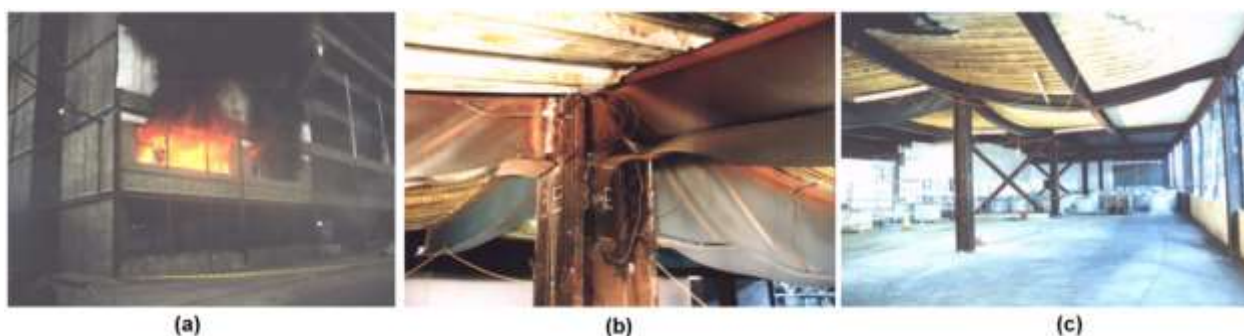


Figura 6: (a) estrutura onde as vigas desprotegidas chegaram a alcançar temperaturas acima de 1150 °C, (b) flambagem observada próximo ao encontro das vigas após o incêndio e (c) ambiente após os testes de incêndio. – Fonte: Lamont, 2001 – adaptado.

As metodologias adotadas para melhorar a eficiência dos elementos estruturais metálicos contra as ações das chamas, ocorrem pela utilização de revestimentos materiais para proteção térmica para que possam resistir melhor aos efeitos causados pelo fogo. Para a proteção desses elementos estruturais contra incêndio, costuma-se utilizar tintas intumescentes, revestimento com argamassas projetadas, lãs, mantas de material fibroso e placas de gesso ou a utilização de perfis maiores, aumentando consideravelmente o consumo de aço na obra. (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Ações do fogo sobre alvenaria de concreto

Para Marcelli (2007), em caso de incêndio, o concreto se torna muito dependente do comportamento do agregado a exposição a altas temperaturas, apresentando um bom comportamento até 300 °C. Acima dessa temperatura os agregados começam a apresentar uma dilatação excessiva, provocando fissuras no concreto. Outro fator de grande importância a ser levado em consideração é o cobrimento de armaduras, pois quando as armaduras estão em posição próxima à superfície o concreto não

consegue proteger a ferragem do calor por muito tempo e a resistência do concreto a esforços de compressão diminui de acordo com o aumento da temperatura.

Neste sentido Silva (2016), afirma que quando o mesmo atinge a temperatura de 1200 °C, é perdido por completo sua resistência por esforços de compressão. Concretos com agregados predominantemente calcários apresentam menor perda em seu desempenho quando elevados a temperaturas extremas em relação à concretos com agregados predominantemente silicosos.

Segundo Neville (2016), com o aumento da temperatura do concreto, não há apenas a perda de sua resistência, mas também há mudanças em sua coloração. Esse tipo de manifestação patológica é conhecido como calcinação do concreto. Um ponto a ser analisado a esse tipo de comportamento é que a perda de resistência em altas temperaturas são maiores em concretos saturados em relação à concretos secos, pelo qual o teor de umidade no momento da aplicação da carga de incêndio se torna o responsável por tal diferença. Na pesquisa de Hager (2013), foi realizado um comparativo entre concretos de alta performance, concretos comuns, argamassas e pastas de cimento, onde foram expostos a altas temperaturas, no qual mostrou cada vez mais perceptível as mudanças de coloração nos materiais colocados em teste, conforme mostrado na Figura 7.

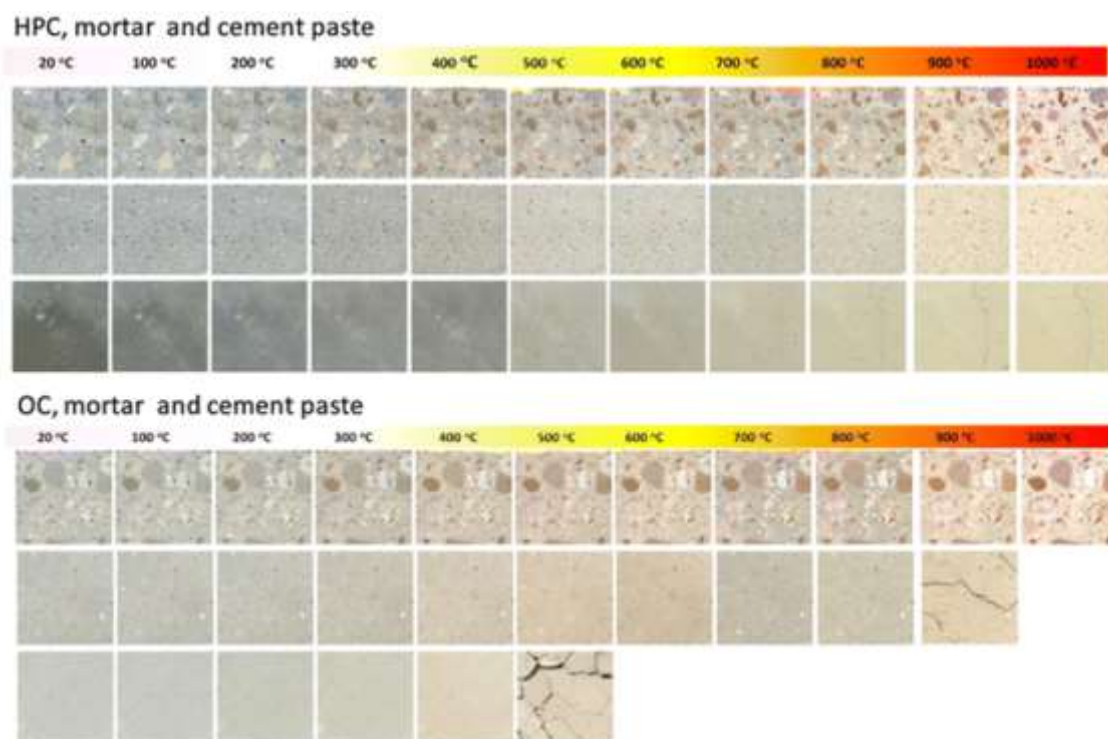


Figura 7: Comparativo entre concretos, argamassas e pastas de cimento expostos em várias temperaturas entre 20 °C à 1000 °C – Fonte: Hager, 2013.

A evolução do comportamento do concreto em função da elevação da temperatura ambiente pode ser observada na Tabela 2, onde está apresentada a relação entre mudança na coloração do concreto e sua perda de resistência de acordo com o aumento da temperatura. Os efeitos do fogo sobre as características do concreto podem ser melhor entendidos ao analisar os resultados destacados na Tabela 3, onde Carvalho, 2001 apresenta as correlações existentes entre a exposição do concreto em altas temperaturas, suas causas, efeitos e características.

Relação entre a elevação de temperatura e coloração do concreto

Temperatura em °C	Cor do concreto	Condição do concreto	Perda de resistência
0 a 200	Cinza	Não afetado	0%
300 a 600	Rosa	Razoavelmente bom	≤ 40%
600 a 900	Rosa e vermelho	Friável, com alta sucção de água	70%
900 a 1200	Cinza avermelhado	Friável	100%
> 1200	Amarelo	Decomposto	100%

Tabela 2 - Evolução do comportamento do concreto em função da elevação da temperatura ambiente - Fonte: Cánovas, 1977, apud. Souza e Ripper, 1998.

Efeitos do fogo sobre as características do concreto

Característica	Efeito	Causa
Dureza superficial	Fissuração, fragmentação, fragilização	Desidratação a 100°C, remove a água livre; a desidratação se completa em 540°C; 2 Ca(OH) ⇒ CaO em 450 a 500°C A pasta primeiro expande, depois retrai.
Fissuração	Fissuração superficial a 290°C; Fissuração profunda a 540°C	Perpendicular à face, e interna; pode assemelhar-se a fissuras de retração
Mudança de cor (sem lascamento)	Cor normal até 230°C Avermelhada de 290 a 590°C Vermelho/cinza de 590 a 900°C Cinza/camurça acima de 900°C O calcário se torna branco	Rochas sedimentares e metamórficas podem incorporar calor de forma estável em temperaturas baixas, tornam-se instáveis em maiores temperaturas e mostram permanente mudança de cor sob aquecimento.
Comportamento do agregado	Lascamento explosivo para concretos com alto teor de agregados silicosos próximos à superfície, acima de 573°C	Agregados diferem em difusibilidade, condutividade, coeficiente de dilatação; a transmissão de calor decresce para concretos feitos com agregados altamente silicosos, areia basáltica, calcário, agregados leves. Baixo quartzo inverte para alto quartzo em 573°C com expansão de 0,85% do volume.
Lascamento	Ocorre paralelamente à superfície livre seguido por quebra em lascas finas nos cantos e quinas (esfoliação)	Redução da resistência

Tabela 3 - Efeitos do fogo sobre as características do concreto - Fonte: Carvalho, 2001

Os agregados apresentam diferentes comportamentos quando estão suscetíveis ao aumento de temperatura, principalmente agregados silicosos, pois a sílica é um bom condutor térmico. A interação entre pasta de cimento de agregados pode ser mediante processos físicos (incompatibilidade térmica) ou químicos. A interação por processos físicos, ocorrem por meio de expansão térmica diferencial entre cimento e agregado, resultando no acúmulo de tensões não previstas em projeto, reduzindo a resistência do concreto, possibilitando a ruptura do concreto quando atinge elevadas temperaturas. Um exemplo de reação química é a liberação de cristais de Hidróxido de Cálcio Ca(OH)₂, liberados pela hidratação de cimento *Portland* comum e o componente carbonato de magnésio MgCO₃ de alguns agregados de calcários, causando uma reação expansiva, enfraquecendo

e causando ruptura no concreto e a medida que a temperatura aumenta, o agregado tende a expandir, enquanto nos inícios do processo de elevação de temperatura, a pasta de cimento e o cimento *Portland* em relação ao agregado sofrem uma pequena expansão, posteriormente há uma grande etapa. (FIB, 2007).

Estudo de caso

O acidente na sede da ASCANAVI ocorreu na madrugada do dia 11 de maio de 2017, na região leste do Estado de Minas Gerais. Os galpões possuem um espaço de aproximadamente 700,00 m², estrutura mista composta de alvenaria de concreto, perfis metálicos e estrutura de telhado metálica. O fato ocorrido teve como origem um curto circuito que comprometeu toda a estrutura elétrica do local, gerando um incêndio que danificou consideravelmente boa parte da estrutura do galpão e seu maquinário que era utilizado no processo de segregação e compactação dos materiais recicláveis, resultando em queima de boa parte desses materiais que estavam dentro dos galpões, ajudando na propagação do incêndio.

De acordo com a classificação das chamas dada pela Instrução Técnica n° 16 do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) apresentadas na Tabela 1, as chamas do incêndio podem ser classificadas como classe C. (Fogo em materiais, equipamentos e instalações elétricas energizadas). O incêndio alastrou-se por boa parte da estrutura do galpão danificando uma grande parcela da estrutura metálica pelo qual gerou a deformação dos perfis metálicos.

A Figura 8 mostra a vista superior da localização dos galpões, o combate às chamas e os danos na parte elétrica do imóvel onde iniciou o incêndio. Um fator importante a ser observado na imagem é a quantidade de material reciclável espalhado ao redor dos galpões (Figura 8b), o que tornou um excelente material para a alimentação das chamas após o início do incêndio e potencializou os danos observados na estrutura, nesta mesma imagem pode-se observar ainda o momento em que a equipe de bombeiros apagavam as chamas no local. Para a contenção do incêndio foi necessária uma equipe composta por oito bombeiros que permaneceu atuante no local por um período de seis horas, onde foram utilizados, aproximadamente, 10.000 litros de água para extinguir as chamas.



Figura 8: (a) vista superior do local, (b) equipe de bombeiros apagando as chamas dos galpões, ao fundo da imagem pode-se observar a deformação da estrutura do galpão causada pela exposição das altas temperaturas provocadas pelas chamas e (c) disjuntor deteriorado após ser consumido pelas chamas. - Fonte: TV Leste, 2017.

Durante o trabalho do Corpo de Bombeiros para conter o incêndio, as chamas chegaram a alcançar a estrutura no telhado, causando superaquecimento em algumas partes. A Figura 9 mostra os efeitos das chamas que atingiram o telhado e apresenta o resultado da estrutura depois do incêndio.

As estruturas dos galpões da ASCANAVI possuem alvenarias de blocos vazados de concreto de dois furos, tipo de alvenaria no qual tende a seguir uma especificação de TRRF entre 90 e 180 minutos. Para concretos que empregam cimento *Portland* comum em sua composição, agregados usuais em temperaturas até 300 °C, as propriedades mecânicas se alteram muito pouco. Em casos de temperaturas mais altas é recomendável a utilização de cimento aluminoso e pozolânico. Quando o cimento atinge a temperatura de 900 °C encontra-se em risco de destruição total.

Na Figura 10 pode-se observar que na parte externa da entrada do galpão, a alvenaria foi bastante afetada com os efeitos causados pelo incêndio, principalmente na parte superior da estrutura, onde

apresenta uma coloração escura por causa da mudança de temperatura extrema que ocorreu no incêndio. Na Figura 9c, de forma mais aproximada, pode-se perceber a situação de uma das paredes da entrada do galpão que apresentam uma enorme rachadura na parte inferior da parede de um ângulo de aproximadamente 90°. Os resultados do incêndio causado na parte interna do galpão onde o fogo quase alcançou a altura do teto deformou parte da estrutura metálica e danificando ainda outros elementos da estrutura que sofreram deformações consideráveis.

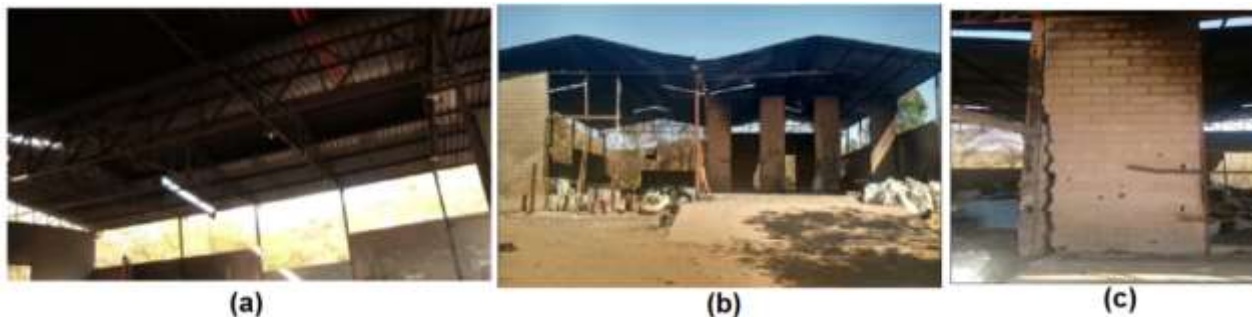


Figura 9: (a) estrutura do telhado afetado pelas chamas, a área do telhado possui bastante fuligem em boa parte da área interna, (b) entrada do galpão e (c) trinca da alvenaria após o incêndio. – Fonte: o autor, 2017.

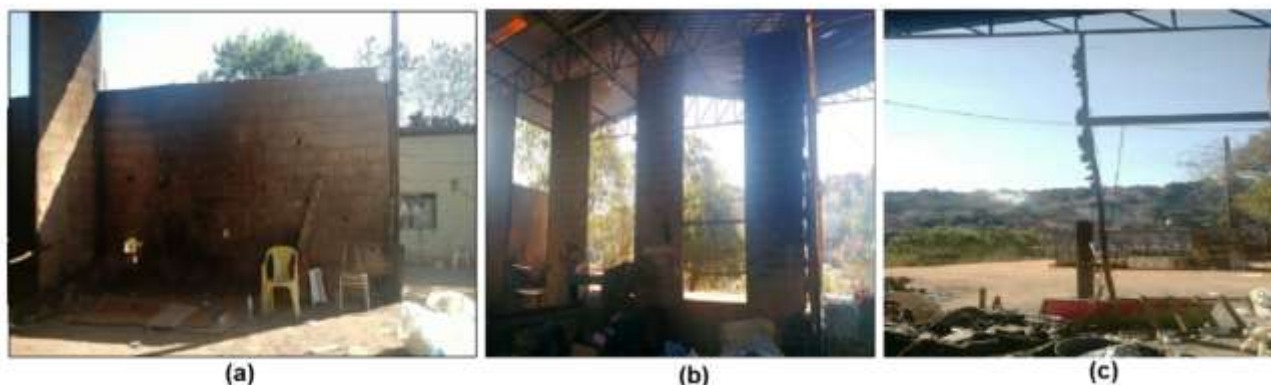


Figura 10: (a) alvenaria após o incêndio, (b) situação interna do galpão e (c) parte da estrutura após o incêndio - Fonte: o autor, 2017.

Uma equipe de especialistas foi ao local para avaliar os danos causados pelas chamas na estrutura. A equipe constatou uma perda total da instalação elétrica do local que era bem antiga, perda de alguns maquinários e a necessidade de serem refeitas as estruturas dos galpões para que os funcionários pudessem retornar as suas atividades.

Conclusões

A vistoria realizada no local teve o objetivo de verificar a estabilidade e segurança da edificação após o incêndio, visando a constatação dos danos e orientações para subsídios na contratação de projeto para recuperação das estruturas. Durante a vistoria não foi possível determinar a resistência da estrutura, módulo de elasticidade, temperatura das chamas e presença de demais anomalias ocultas, até porque a inspeção técnica realizada para este estudo não teve como foco uma perícia ou desenvolvimento de projeto de terapia para a edificação, teve como fator avaliar a estabilidade da estrutura após o incêndio e subsidiar nas orientações para a contratação de projeto de reparo da estrutura. Logo, devido a intensidade das deformações provocadas pelo incêndio, não se deslumbrou a necessidade de realizações de testes ou ensaio para saber sobre a real situação das propriedades dos elementos estruturais após o incêndio. Nos trechos mais afetados pelas chamas, houve uma mudança de coloração na alvenaria de tonalidade rosada, enquanto outros trechos tiveram uma grande presença de fuligem. O fogo atingiu consideravelmente a estrutura metálica gerando deformações dos perfis

de aço e telhados, afetou também um grande volume de materiais recicláveis que estavam prensados e embalados prontos para serem comercializados. No final da vistoria, após constatados todos os danos, foi recomendada a interdição do local até a definição das obras de recuperação. Posteriormente, teve-se notícias de que uma equipe de especialistas foi ao local e após nova inspeção, condenou a estrutura, afirmando que os galpões não seriam capazes de serem recuperados.

Analisando o estudo de caso apresentado, conclui-se que acidentes podem ocorrer em estruturas mesmo não apresentando erros de projeto ou algum tipo de omissão de execução na construção da edificação, porém deve-se tomar os devidos cuidados durante o uso e ocupação das estruturas. Na etapa de projeto, independentemente do seu porte, deve-se atentar em seguir as normas adequadas e instruções técnicas dos Corpos de Bombeiros para a correta definição do tempo necessário de TRRF (Tempo Requerido de Resistência ao Fogo) que as estruturas precisam atender.

É importante prever, sempre que possível, proteções para as estruturas em áreas de armazenamentos de materiais combustíveis, realizar inspeções periódicas nas edificações, prever a implantação de dispositivos de combate a incêndio na forma proposta pelo projeto específico aprovado pelo Corpo de Bombeiros e não voltar a utilizar a edificação afetada por incêndio sem o ateste da estabilidade da estrutura por um profissional habilitado. Neste contexto é recomendado que, sempre que possível, avalie a possibilidade de proteger as estruturas, programe inspeções periódicas na edificação, implante dispositivos de combate ao incêndio na forma proposta em projeto específico aprovado pelo Corpo de Bombeiros e não habite edificações que passaram por incêndios antes do ateste de um profissional habilitado, medidas como estas podem evitar danos a vida e ao patrimônio.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento, Rio de Janeiro, 2001.
- BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, Patologia das Estruturas, São Paulo - SP, 2019.
- CARVALHO, E. F. T. Contribuição ao estudo da resistência residual do concreto submetido ao tratamento térmico padrão para situações de incêndio. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS. Instrução Técnica nº 16 - Sistema de Proteção por Extintores de Incêndio, Belo Horizonte, 2022.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Manual de Perícia em Incêndios e Explosões I - Conhecimentos Gerais, Brasília, 2019.
- FIB – FÉDÉRATION INTERNACIONALE DU BÉTON. FIB Bulletin nº 38: fire design of concrete structures – materials, structures and modelling. State-of-art Lausanne, 2007.
- HADDAD, Assed Naked; SOUZA, Vicente C. M. Explosão e Incêndio de Tanques de Armazenamento de Aguardente em Campos-RJ, Niterói: UFF, 1998.
- HAGER, Isabela. Fire Technology: Colour Change in Heated Concrete, v. 50, n. 4, 2013. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-012-0320-7> > acesso em 29 de abril de 2021
- LAMONT, Susan, The behaviour of Multi-storey Composite Steel Framed Structures in Response to compartment Fires, 2001.
Disponível em: < <https://era.ed.ac.uk/handle/1842/1485> > acesso em 10 de maio de 2021.
- MARCELLI, Mauricio. Sinistro na construção civil: Causas e soluções e prejuízos em obras. 1ª. ed. São Paulo: PINI, 2007.
- NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. 5ª Ed, Porto Alegre – RS, 2016.
- RIPPER; SOUZA, Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto, 1ª Ed, São Paulo - SP, 1998.
- SILVA, Valdir Pignatta e; VARGAS, Mauri Resende; ONO, Rosária. Prevenção Contra Incêndio no Projeto de Arquitetura. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010.
- SILVA, Valdir Pignatta, Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio Conforme ABNT NBR 15200:2012. 2ª ed. 2016.
- TV LESTE, Incêndio na ASCANAVI em Governador Valadares, 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gtuwUw2tb7o>>. Acesso em 29 de abril de 2021.