

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
HEITOR TADEU TEIXEIRA MENDONÇA

**EDIFICAÇÕES CIVIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO: ESTUDO DE CASO DA
BOATE KISS E DO EDIFÍCIO JOELMA**

FORMIGA – MG
2014

HEITOR TADEU TEIXEIRA MENDONÇA

**EDIFICAÇÕES CIVIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO: ESTUDO DE CASO DA
BOATE KISS E DO EDIFÍCIO JOELMA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.º Dr. Matheus de Faria e Oliveira Barreto.

FORMIGA – MG

2014

M539 Mendonça, Heitor Tadeu Teixeira.

Edificações civis em situação de incêndio: estudo de caso da Boate Kiss e do Edifício Joelma / Heitor Tadeu Teixeira Mendonça. – 2014.
74 f.

Orientador: Matheus de Faria e Oliveira Barreto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro Universitário de Formiga–UNIFOR - MG, Formiga, 2014.

1. Edificações em situação de incêndio. 2. Materiais combustíveis e de acabamento. 3. Propagação incêndio.
I. Título.

CDD 690.22

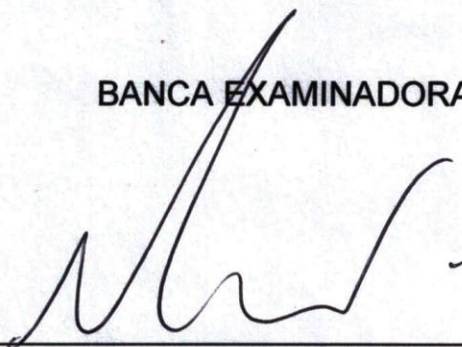
HEITOR TADEU TEIXEIRA MENDONÇA

**EDIFICAÇÕES CIVIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO: ESTUDO DE CASO DA
BOATE KISS E DO EDIFÍCIO JOELMA**

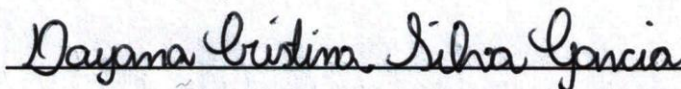
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
UNIFOR-MG, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof.º Dr. Matheus de Faria e
Oliveira Barreto.

BANCA EXAMINADORA



Prof.º Dr. Matheus de Faria e Oliveira Barreto
Orientador



Prof.ª Dayana Cristina Silva Garcia
FUNEDI/UEMG



Prof.ª Ms. Christiane Pereira Rocha
UNIFOR/MG

Formiga, 04 de novembro de 2014.

DEDICATÓRIA

À minha mãe Bernadete Auxiliadora Teixeira, exemplo de persistência, coragem, determinação, fé, honestidade, dedicação e amor incondicional à família, sempre presente e apoiando em tudo, exemplo a ser seguido e admirado.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por me permitir essa oportunidade, também a todos que de alguma forma fizeram parte deste momento de minha vida, o alcance de um curso superior. Dedico este trabalho a vocês!

Meu agradecimento especial ao meu orientador, professor Matheus de Faria e Oliveira Barreto, por todo apoio, incentivo e também pelo aprendizado nas áreas de Materiais de Construção e Concreto Armado. Exemplo de professor e profissional a ser seguido, que demonstra a paixão pela profissão e pela docência.

Aos meus irmãos Gil César e Janaína, pessoas sempre presentes incentivando e apoiando em tudo, principalmente nos meus estudos.

A todos os meus amigos, principalmente aos conquistados durante a caminhada, que se tornaram grandes amigos ao longo desses cinco anos. Em especial: André, Fernanda, Kélen, Madalena, Renan, Suzane e Tiago; esta trajetória foi perfeita porque vocês estavam presentes.

Aos professores do UNIFOR pela dedicação e empenho que destinam às aulas, buscando nos passar aquilo que sabem da melhor forma possível, obrigado!

A todos os meus familiares, em especial à Fabiana, ao Afonso e ao César, que acompanharam toda a trajetória, pelo apoio incondicional e compreensão nos momentos difíceis, por respeitarem a ausência exigida em inúmeros momentos e principalmente pela confiança que depositaram em mim. A vocês meu eterno agradecimento!

“Quando sofres uma derrota, uma parte do mundo cai em cima de ti e até outras pessoas te atiram pedras. Separa com cuidado as pedras todas e escolhe as boas para a tua construção. As outras deixes para entulho.”

RESUMO

O presente trabalho relata sobre a influência dos principais materiais de construção e edificação sem função estrutural em situações de incêndio. O trabalho aborda os materiais de forma generalizada, devido à vasta extensão de tipos de materiais que se enquadram dentro de cada grupo, o que enfatiza ainda mais a busca por estudos dentro desta área. As edificações, quando submetidas a situações que envolvem altas temperaturas, estão sujeitas a sofrer o colapso da parte estrutural, principalmente quando não se tem previamente um estudo sobre os materiais mais adequados para se utilizar, de acordo com o tipo e a funcionalidade da obra e as características dos próprios materiais. Os materiais não estruturais entram como medidas preventivas, uma vez que além de suas funções já consagradas, fornecem também uma proteção aos elementos estruturais, bloqueando, ou pelo menos dificultando, a ação dos meios externos na estrutura da edificação quando bem empregados. Com a consulta a diversas bibliografias, relatórios periciais, reportagens e ensaios já realizados, elaborou-se um estudo de caso envolvendo os incêndios da Boate Kiss e do Edifício Joelma, avaliando a influência dos materiais em estudo nas circunstâncias dos incêndios. A partir disto, há uma melhor oportunidade para se efetuar um comparativo entre os incêndios, averiguando mudanças e semelhanças entre os ocorridos e de se enfatizar a importância da adoção de métodos preventivos no emprego dos materiais nas edificações.

Palavras-chave: Edificações em situação de incêndio, Materiais combustíveis e de acabamento, Propagação incêndio.

ABSTRACT

This paper reports on the influence of the main construction materials and building without structural function in fire situations. The paper discusses the materials across the board, due to the vast expanse of material types that fall within each group, which emphasizes the pursuit of studies in this area further. The constructions, when subjected to conditions involving high temperatures, are likely to suffer the collapse of the structural part, especially when it has not previously a study on suitable materials for use in accordance with the type and functionality of the work and the characteristics of the materials themselves. Non-structural materials enter as preventive measures, since in addition to its accepted functions, also provide protection to structural elements, blocking or at least hindered the action of external means to the building structure as well as employees. Consultation with the various bibliographies, expert reports, reports and tests already carried out, we elaborated a case study involving fires and Kiss Nightclub Joelma building, assessing the influence of the material under study in the circumstances of fires. From this, there is a better opportunity to make a comparison between the fires, checking changes and similarities between incurred but to emphasize the importance of adopting preventive methods in the use of materials in buildings.

Keywords: Buildings in case of fire, combustible materials and finishing, fire propagation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Composição do Sistema de Laje Flutuante.....	23
Figura 2 – Triângulo do fogo	27
Figura 3 – Transferência de calor por condução.....	30
Figura 4 – Transferência de calor por convecção	31
Figura 5 – Transferência de calor por radiação.....	32
Figura 6 – Curva temperatura-tempo de desenvolvimento de um incêndio	33
Figura 7 – Forno para ensaio de incombustibilidade.....	38
Figura 8 – Forno para ensaio de incombustibilidade durante ensaio	38
Figura 9 – Câmara para teste de inflamabilidade	39
Figura 10 – Método de ensaio do painel radiante.....	41
Figura 11 – Bomba calorimétrica Parr modelo 1341	43
Figura 12 – Câmara de densidade de fumaça.....	44
Figura 13 – Início do incêndio na Boate Kiss	53
Figura 14 – Fachada da Boate Kiss após incêndio	55
Figura 15 – Incêndio Edifício Joelma	57
Figura 16 – Edifício Joelma após extinção das chamas	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Poder calorífico dos materiais (Hc).....	35
Tabela 2 - Cargas de incêndio de objetos comuns	36
Tabela 3 - Resistência ao fogo por parte das paredes de alvenaria	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo características Incêndio Boate Kiss	60
Quadro 2 - Resumo características Incêndio Edifício Joelma	61
Quadro 3 - Comparativo entre incêndios Boate Kiss e Edifício Joelma.....	62

LISTA DE SÍMBOLOS

Hc	–	Poder calorífico
SI	–	Sistema Internacional
°C	–	Graus Celsius
FIG.	–	Figura
TAB.	–	Tabela
MJ/Kg	–	Megajoule por quilograma
KJ/g	–	Quilojoule por grama
CBMSP	–	Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo
CBMMG	–	Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais
CBMES	–	Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo
Fs	–	Fator de segurança
”	–	Polegadas
mm	–	Milímetros
m	–	Metros
a.C	–	Antes de Cristo
d.C	–	Depois de Cristo
CMAR	–	Controle de materiais de acabamento, revestimento e termo acústicos
°	–	Graus (referente à angulação)
Pc	–	Fator de propagação de chama desenvolvida na superfície do material
ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	–	<i>AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS</i>
ISO	–	<i>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION</i>
W/cm²	–	Watt por centímetro quadrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivos específicos	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Materiais de construção sem função estrutural	17
3.1.1 Materiais de acabamento	17
3.1.1.1 Pisos/cerâmicas	18
3.1.1.2 Revestimentos	19
3.1.1.3 Elementos de compartimentação/divisórias	20
3.1.1.4 Elementos termoacústicos	21
3.1.1.4.1 Espumas	22
3.1.1.5 Vidros	23
3.1.1.6 Coberturas/forros	25
3.2 Incêndio	26
3.2.1 O fogo	27
3.2.2 Combustão	28
3.2.3 Transferência de calor	29
3.2.4 Fases do incêndio	32
3.3 Metodologia dos ensaios de reação ao fogo	36
3.3.1 Ensaio da incombustibilidade	37
3.3.2 Ensaio da ignitabilidade	39
3.3.3 Ensaio da propagação superficial de chamas	40
3.3.4 Ensaio de potencial calorífico	42
3.3.5 Ensaio de densidade ótima de fumaça	43
3.4 Legislação/Normalização	45
3.4.1 Legislação internacional	45
3.4.2 Legislação nacional	46
3.4.3 Exigências corpo de bombeiros	47
4 MATERIAIS E MÉTODOS	50
4.1 Materiais	50
4.1.1 Relatórios baseados nas perícias	51

4.1.2 Reportagens e mídia	51
4.2 Métodos.....	52
4.2.1 Estudo de Casos	52
4.2.1.1 Incêndio Boate Kiss	52
4.2.1.2 Incêndio Edifício Joelma	56
5 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	59
5.1 Incêndio Boate Kiss	59
5.2 Incêndio Edifício Joelma	61
5.3 Comparativo entre incêndios	62
6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS/CONCLUSÕES	64
7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	67

1 INTRODUÇÃO

A história do fogo já acompanha o homem desde os tempos mais antigos, e sua utilização veio sendo aprimorada cada vez mais, mas juntamente com isso as consequências de seu mau uso. Os incêndios, explosões e as armas de fogo têm sempre causado prejuízos e mortes todos os dias pelo mundo. Por outro lado, o fogo também propiciou ao homem uma maior facilidade no desenvolvimento das tarefas cotidianas e do trabalho, com a aplicação do mesmo na fabricação de peças, ferramentas, veículos, gêneros alimentícios, entre outras, como na área da saúde e decoração. No ramo da construção civil, Villar (2011) mostra que o fogo, assim como em outras áreas, trabalha tanto no benefício como no prejuízo das obras. A ignição de um incêndio em um edifício pode acarretar a perda total da obra, visto que a intensidade do fogo está diretamente proporcional à quantidade e qualidade do material combustível disposto em seu interior, além de outros fatores influentes como a dimensão dos compartimentos e a ventilação do ambiente.

Como aponta Seito (2008), os estudos relacionados ao comportamento dos materiais de construção e edificação em situação de incêndio são geralmente realizados considerando-se um regime permanente da temperatura, situação que dificilmente poderá vir a ocorrer em uma situação de incêndio. Ele ressalta ainda que os ensaios de reação ao fogo dos materiais devem ser realizados seguindo-se o regime transiente da temperatura, onde o material em estudo é afetado de forma heterogênea nas partes internas e externas do corpo de prova, podendo-se prever mais categoricamente como seria o seu comportamento em temperaturas elevadas.

A metodologia para o estudo do comportamento dos materiais em altas temperaturas exige uma grande abrangência dentro da área de normatizações e regulamentações nacionais e internacionais relacionadas a situações de incêndio. Cada estado do país, no caso do Brasil, possui suas Instruções Técnicas impostas pelo Corpo de Bombeiros para regulamentar e prevenir os projetos de incêndio, além das normas nacionais impostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. O conhecimento da composição do fogo, de seu comportamento e atuação nas mais diversas situações é um fator primordial para um bom desenvolvimento de um projeto de segurança para edificações, garantindo maior segurança e controle aos usuários nas questões relacionadas a incêndios.

2 OBJETIVOS

Analisar a importância do emprego correto dos materiais de construção nas edificações civis e evidenciar as possíveis consequências do mau uso dos mesmos em situações de incêndio.

2.1 Objetivos específicos

- Apresentar as principais metodologias dos ensaios de reação ao fogo;
- Caracterizar o comportamento dos grupos de materiais de construção sem função estrutural quando submetidos à situação de incêndio com base em trabalhos e literaturas de reconhecimento nacional;
- Elaborar um comparativo entre as principais características dos incêndios da Boate Kiss no estado do Rio Grande do Sul, e do Edifício Joelma em São Paulo;
- Identificar possíveis evoluções em âmbito às exigências de segurança e proteção contra incêndios em edificações civis através do estudo de casos de duas ocorrências de incêndios em épocas distintas e ambas em grande proporção quanto ao número de vítimas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Baseando-se em estudos relatados em livros, dissertações de mestrados, artigos e outros, pretende-se, nesta etapa do trabalho, realizar uma breve caracterização dos principais elementos construtivos não-estruturais quando submetidos a elevadas temperaturas, bem como apresentar as definições destes elementos, suas patologias e também as normatizações dos ensaios e da resistência dos mesmos.

3.1 Materiais de construção sem função estrutural

Esses materiais consistem em grupos de elementos que compõem as edificações, mas que a sua ausência não afeta diretamente na resistibilidade da estrutura da edificação, podendo, na maioria das vezes, serem modificados ou removidos sem grandes alterações na parte estrutural. Os conceitos aqui abordados foram baseados em bibliografias de diversos autores de conhecimento nacional, onde se objetivou selecionar as definições que se encaixassem de forma mais adequada e clara aos princípios deste trabalho e ao mesmo tempo atender aos principais ideais encontrados no referencial bibliográfico.

3.1.1 Materiais de acabamento

Quando se trata de materiais de acabamento dentro da construção civil, pode-se vir à mente uma infinidade de elementos que se enquadram dentro desta definição, com aplicações variadas, assim como a composição dos mesmos. Aqui vamos adentrar apenas nos mais usuais, utilizando-se de grupos ou elementos que representam de forma generalizada essa diversidade de componentes, de acordo com a similaridade das características e aplicações. Os principais grupos a serem considerados como os mais usuais aqui são: pisos e cerâmicas; revestimentos; elementos de compartimentação e divisórias; elementos termo acústicos; vidros e; coberturas e forros.

3.1.1.1 Pisos/cerâmicas

A cerâmica trata-se de uma peça de preparo a partir da argila, podendo ser dada como uma pedra artificial moldada e que utiliza do calor para adquirir resistência e durabilidade. Devido à disponibilidade de matéria-prima e à facilidade de fabricação, a indústria da cerâmica é considerada uma das mais antigas do mundo. Desde os tempos antigos o homem já utilizava o barro na construção de objetos, passando por descobertas e inovações que permitiram sua fabricação com maior agilidade, diversidade e variabilidade, inclusive aderindo características físico-químicas e melhorando a aparência das peças produzidas (BAUER, 2011).

Os pisos e cerâmicas são materiais amplamente empregados no campo da construção civil, principalmente em edifícios e construções residenciais. São elementos dispensáveis na construção, mas sua inserção pode vir a aderir maior segurança e conforto à edificação, além do aspecto arquitetônico. O revestimento das instalações pode ter como funções: a proteção dos elementos de vedação do edifício, o auxílio no isolamento térmico e acústico das vedações, funções exclusivamente estéticas ou também de impermeabilização (D2R ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES, 2014).

A desagregação das cerâmicas pode ocorrer como consequência da ação de agentes externos, como a umidade, a vegetação e o fogo. A desagregação através da umidade ou vegetação se dá através dos poros, justificando assim a influência da porosidade dos materiais cerâmicos sobre a resistência dos mesmos. Já na atuação do fogo como fator desagregador, a resistência à compressão da cerâmica age inversamente proporcional à temperatura, ou seja, quanto mais se eleva a temperatura, menos resistência à compressão a peça terá, havendo assim uma dilatação desuniforme e a possível desagregação da peça (BAUER, 2011).

Geralmente, em situações de incêndio, os pisos e cerâmicas sofrem o desprendimento das peças, devido à contração / expansão das peças, rejuntas ou argamassas colantes. Tal desprendimento coloca em risco os usuários do local durante um incêndio, pois dependendo do local da instalação do revestimento as peças podem vir a atingir as pessoas, ferindo-as ou até mesmo levando à morte. Por outro lado, a utilização destes materiais protege a parte estrutural da construção para que as chamas não a atinjam diretamente (SOUZA, 2007).

3.1.1.2 Revestimentos

Entre os processos de fabricação dos revestimentos, como o de deposição química ou física de vapor, eletrodeposição, soldagem e cladeamento, tem-se também, o processo de aspersão térmica. Este último é considerado o mais evoluído, e o mais utilizado atualmente, quando as características exigidas do revestimento são: resistência ao desgaste, compatibilidade biológica ou de isolamento térmico ou elétrico. O processo de aspersão térmica, como define Lima e Trevisan (2007), se trata de um processo onde a matéria-prima é finamente dividida e depositada na forma fundida ou semifundida sobre um substrato, sendo esta parte conhecida como depósito aspergido. Há muitas variáveis e componentes no processo, sendo que a atuação destas em conjunto é essencial para o melhor desenvolvimento deste processo.

Os revestimentos aspergidos são subdivididos em três camadas principais, sendo elas as de substratos, as de ligação e as de estrutura do revestimento. Nos substratos são aplicados os revestimentos, como metais, óxidos, cerâmicas, vidros, plásticos e madeiras. Alguns destes materiais podem necessitar de técnicas especiais para aplicação sobre o substrato, sendo a limpeza e a rugosidade da superfície fatores importantes para adesão entre as camadas. Nas camadas de ligação, essa liga pode ocorrer de forma mecânica, química, metalúrgica ou física, devendo sempre ser observado o material do revestimento, o substrato, a temperatura e a velocidade de impacto das partículas. Já na estrutura do revestimento, esta poderá apresentar características variadas, de acordo com o processo, técnica ou tipo de material, variando a densidade do depósito aspergido (SOUZA, 2011).

Na parte interna de um revestimento há diversas propriedades desuniformes que devem ser analisadas previamente à realização de qualquer ensaio. Essas propriedades são heterogêneas principalmente devido à microestrutura e à composição dos revestimentos, o que atribui aos mesmos diversas características de acordo com o ambiente de destinação. O controle de qualidade deve estar presente em todas as etapas da fabricação e também nos métodos de ensaios (Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais - CBMMG).

As características de resistência de um revestimento, como visto anteriormente, têm relação direta com a adesão entre camada e substrato e também à coesão entre as partículas depositadas, fatores estes que podem alterar a quantidade de defeitos das peças como: poros, trincas, óxidos, desgastes, entre outros. A qualidade da adesão e coesão do revestimento é primordial no seu desempenho, independentemente do local de aplicação e da espessura da peça a ser afixada (D2R ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES, 2014).

A mensuração da adesão permite verificar a influência da matéria-prima e dos métodos de fabricação no resultado final, de modo a se possibilitar alterações para se atingir a adesão desejada e também permitir identificar possíveis partes do revestimento que tenham deficiência na adesão. A maioria dos testes utilizados para medir esta adesão são destrutivos e apresentam falhas que podem influenciar nos resultados e impossibilitar a análise com maior precisão (LIMA e TREVISAN, 2007).

A resistência que a camada de revestimento argamassado proporciona à parede é comprovado nos ensaios realizados por Chichierchio (1990). No ensaio, as paredes construídas sem o revestimento resultou em um tempo de resistência ao fogo de aproximadamente 90 minutos. Já para as paredes revestidas de argamassa de cimento e areia, com espessura de 1,5 cm em cada face, o tempo de resistência se elevou até a marca dos 120 minutos. Este aumento no tempo de resistência garante maior segurança e estabilidade à edificação, pois caso o incêndio seja extinto antes do período de resistência se esgotar, a estrutura da construção terá maiores chances de não ser danificada.

3.1.1.3 Elementos de compartimentação/divisórias

Os elementos de compartimentação, como define Gouveia (2006), são os elementos responsáveis pelas divisões internas nos imóveis, como paredes, pisos e forros, podendo ser constituídos de materiais diversos. Porém esta constituição dos materiais deve atender às normas relacionadas à resistência dos mesmos, ou pelo menos seguir critérios de segurança quanto à resistência ao fogo de acordo com o local de aplicação. Quando esses elementos são de grande proporção, o que é comum em grandes edifícios comerciais e industriais, o volume dos mesmos é

limitado por normas técnicas ou são exigidas medidas adicionais de segurança. Também são exigidos dentro dos elementos de compartimentação que, quando se tenha juntas ou emendas entre dois ou mais elementos, ambos devem apresentar o mesmo percentual de resistência ao fogo, com devida estanqueidade, estabilidade e isolamento.

Conforme relata Mazzoni (2010), quando se têm compartimentações ou divisórias sem capacidade de reação ao fogo, as mesmas entram no processo como material combustível, sendo totalmente consumidas durante um incêndio. Esses elementos levam ao agravamento do incêndio quando representam cargas de incêndio, contribuindo para a propagação do fogo e aumento da temperatura interna do local. Os elementos de compartimentação e divisórias podem trabalhar de modo a auxiliar na extinção ou pelo menos isolação do foco do incêndio, mas para isso se faz necessário o estudo de suas características de resistência ao fogo para que possam suportar à uma possível elevação de temperatura.

3.1.1.4 Elementos termo-acústicos

Os materiais termo-acústicos são materiais que permitem, de forma individualizada ou em conjunto, a isolação da área interior em relação à exterior e vice-versa. Geralmente são empregados no interior das paredes ou misturados à matéria prima, mas também podem ser empregados individualmente em portas, janelas, pisos e tetos. Entre os materiais mais utilizados podemos destacar: as lãs, como a lã de rocha e de vidro; a vermiculita; as fibras, como a fibra de coco, e; as espumas plásticas/elastoméricas (DELL' ANTÔNIO, 2011).

Devido às exigências de projetos de alvenaria mais resistentes, leves e com propriedades isolantes, utiliza-se o preenchimento das cavidades existentes no interior dos blocos com areia ou outros materiais de baixa massa específica que ao mesmo tempo melhorem a resistência mecânica da parede. Com isso, a transferência de calor no interior das paredes deixa de ocorrer através da convecção e radiação, e passa a ser através da condução, mecanismos de transferência de calor que veremos mais à frente. O emprego destes materiais permite acrescentar certas características à parede, tais como o isolamento acústico, o isolamento térmico ou a resistência ao fogo (BRICK INDUSTRY ASSOCIATION, 2008).

Os elementos termo acústicos devem obedecer a um tempo de resistência ao fogo mínimo, tempo esse determinado através de ensaios laboratoriais padronizados. A resistência inclui, além das características físicas e mecânicas de integridade e estanqueidade, a continuidade da função termo acústica, não devendo ser realizado o emprego de materiais de baixa resistência que não atendam a estes critérios. Outro fator que deve ser observado dentro das propriedades termo acústicas é a presença de enchimentos nas paredes de alvenaria com blocos vazados. Essa característica da alvenaria, apesar de aumentar a condutibilidade térmica, quando bem empregada pode aumentar a capacidade de isolamento térmico do conjunto da alvenaria, se tornando um grande aliado no combate ao incêndio (OLIVEIRA, 1998).

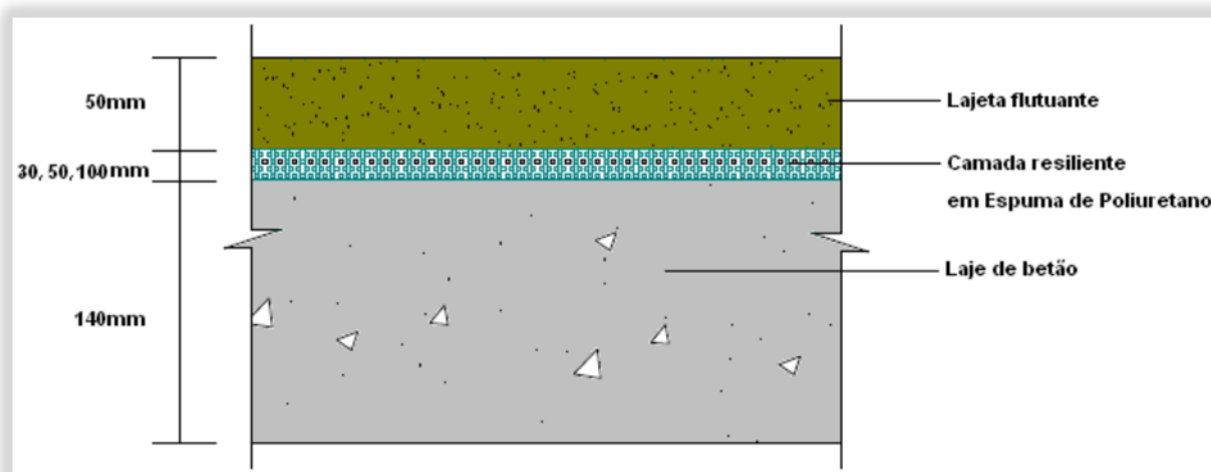
3.1.1.4.1 Espumas

Como apontam Mitidieri e Ioshimoto (1998), as espumas plásticas não são indicadas para serem utilizadas como material de revestimento ou acabamento interno nas edificações, exceto sob o invólucro de outro material que apresente resistência ao fogo. Para que possam ser empregadas, também são exigidas algumas características e propriedades de segurança por parte das espumas. Entre essas propriedades pode-se destacar: a composição das mesmas, que deve ser de modo a não liberar gases tóxicos quando submetida à ação do fogo; apresentarem índice de propagação superficial de chama não superior a 75, e; índice de fumaça inferior a 450, resultados estes obtidos dos ensaios que veremos mais adiante.

Entre as espumas disponíveis, a mais comum utilizada é a espuma elastomérica, que além da função de isolamento acústico também apresenta vantagens térmicas. Esse material trata-se de uma espuma de poliuretano poliéster, auto-extinguível, que deve receber tratamento de retardamento à chama para aprimorar suas propriedades de segurança ao fogo (CATAI, PENTEADO e DALBELLO, 2006).

Um método de aplicação seguro, no aspecto da exposição a incêndios, seria o descrito por Sousa (2008), onde a camada de espuma pode variar entre 3 e 10 cm e é aplicada sobre uma laje de concreto de 14 cm, sendo ainda sobreposta por uma laje flutuante de aproximadamente 5 cm, como representado na FIG.1. Tal composição oferece resultados de isolamento acústico relativamente satisfatórios, não expõe a espuma ao fogo em situação de incêndio e, como mostra o autor, ainda atende aos critérios de isolamento previstos pela Norma Internacional EN 12354-2:2000.

Figura 1 – Composição do Sistema de Laje Flutuante



Fonte: Sousa (2008).

A partir da imagem acima é possível a visualização com clareza do esquema de montagem da laje flutuante.

3.1.1.5 Vidros

Conforme mostra Barros (2010), o vidro acompanha o homem desde os tempos antigos, sendo descoberto por volta de 1400 a.C. pelos egípcios, apesar de alguns historiadores considerarem sua descoberta bem antes, cerca de 2500 a 3000 a.C, mas sem provas concretas. Seus primeiros empregos foram na fabricação de vasos, enfeites, garrafas, jarras, entre outros, principalmente no Egito e posteriormente na Inglaterra. Também próximo à época, houve sua aplicação em janelas, nas ruínas de Pompéia e nas ruínas romanas da Inglaterra, sendo que as

primeiras janelas com o emprego do vidro foram fabricadas entre o primeiro e segundo século da era cristã.

Por volta de 23 e 37 d.C., quando Tibério era o imperador romano, foi apresentado por um artesão um tipo de vidro maleável, que apresentava resistência à flexão e a impactos, podendo ser martelado ou atirado ao chão sem se quebrar. Porém, o imperador ordenou a morte do artesão no local, se perdendo assim a possível invenção do vidro de segurança por quase 2000 anos, quando principalmente a partir de 1930 começaram-se a produzir os vidros de segurança temperados, com quase todas as características do material apresentado anteriormente, mas disso nunca saberemos de fato, pois a composição do vidro do artesão permanece um mistério (BAUER, 2011).

Segundo Barros (2010), o primeiro vidro de segurança laminado foi patenteado na Inglaterra, apesar de já haver uma invenção anterior na França. Este vidro foi empregado principalmente no setor automobilístico, de modo a oferecer maior segurança aos usuários, sendo posteriormente modificado e passando a ser adotado para algumas partes dos veículos o vidro de segurança temperado. Mas foi somente no século XX d.C. que houve grande impulso na aplicação do vidro no ramo da construção civil, devido principalmente o preço do mesmo ter caído de forma considerável, onde já se havia também uma maior variedade de vidros e de indústrias, com propriedades físicas e químicas de acordo com a destinação e aplicação do material.

No ramo da construção civil, a normatização quanto ao uso dos vidros de segurança não era tão severa quanto no setor automobilístico, sendo que somente a partir da década de 60 que a maioria dos países passou a regulamentar a utilização dos vidros de segurança em obras com grau de risco mais elevado. No Brasil, atualmente, através da NB-226 (NBR-7199), são considerados locais de risco com uso obrigatório dos vidros de segurança: balaustradas, parapeitos e sacadas; vidraças horizontais sobre passagens; claraboias e telhados; vitrines e; vidraças para o lado externo que não tenham proteção adequada, até 10 cm do piso em térreos e de 90 cm do piso nos outros pavimentos.

Dentre os vidros de segurança, o mais relevante neste trabalho é o vidro de segurança aramado que, conforme (BARROS, 2010), foi descoberto através de pesquisas para desenvolvimento de materiais resistentes ao fogo, sendo testado e aprovado quanto à função em 1899 nos Estados Unidos. Na sua fabricação, o vidro fundido é passado junto a uma malha metálica através de dois rolos, de modo a centralizar a malha dentro da camada de vidro. Entre suas vantagens estão: é considerado um material antichama; reduz o risco de acidentes, pois não quebra e nem se estilhaça graças à malha; é resistente à corrosão; não se decompõe e nem enferruja.

A produção do vidro de segurança aramado, aqui no Brasil, é produzido apenas nos modelos incolor e translúcido, com malha metálica de $\frac{1}{2}$ ", mais especificadamente 12,7 mm. Em outros países, como os Estados Unidos, este material é encontrado com outras cores, tipos de acabamento superficial e disposições de malha. As peças fabricadas no Brasil possuem espessura de cerca de 7 mm, comprimento entre 2 e 3 metros e largura de 1,51 metros, com peso variando entre 53 e 79 kg por chapa (BAUER, 2011).

Segundo Seito (2008), a utilização do vidro aramado devido à propriedade de resistência ao fogo se dá principalmente em portas corta-fogo, dutos de ventilação vertical, janelas e passagens para saídas de incêndio. Também é utilizado para várias outras situações, como locais sujeitos a impactos, sacadas, coberturas e locais onde a queda de cacos de vidros pode pôr em risco os usuários do local.

3.1.1.6 Coberturas/forros

O elemento forro trata-se de um tipo de revestimento inferior de cobertura, que pode ser constituído de diversos tipos de materiais, como gesso, madeira, vidro, plástico, entre outros. Sua função pode ser estética, ocultando a parte elétrica, hidráulica ou estrutural da edificação, como também pode ser de proteção, quando o forro possui propriedades de resistência ao fogo, por exemplo, protegendo as partes superiores do calor emitido em um incêndio. A má escolha deste material, assim como as divisórias e elementos de compartimentação vistos anteriormente, pode agravar o incêndio, contribuindo com o aumento da carga de material combustível e, conseqüentemente, o nível e temperatura do incêndio (OLIVEIRA, 1998).

Na parte de cobertura, encontram-se à disposição variados modelos e composições de materiais, em sua maioria sendo considerados como materiais combustíveis em situações de incêndio. Os ensaios para determinação da capacidade de reação ao fogo desses elementos devem ser realizados com base na NBR 9442 “Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante” e na NBR 15575-5 – “Requisitos para os sistemas de coberturas”, através das quais se deve escolher o tipo de cobertura e forro mais adequados para o tipo de edificação a se construir.

Quando são empregados materiais combustíveis nesta parte da edificação, como veremos mais à frente neste trabalho, esses materiais devem receber algum tipo de tratamento que retarde ou impeça a combustão dos mesmos em uma situação de incêndio. A combustibilidade dos materiais e o respectivo emprego em locais indevidos podem agravar seriamente as condições de fuga para os usuários da edificação, elevando a produção de gases e fumaça que impedem ou dificultam as condições de visibilidade e que podem levar as vítimas à asfixia antes mesmo de alcançarem a saída do local.

3.2 Incêndio

O incêndio é um conjunto de fenômenos de caracterização complexa que impossibilita o acompanhamento integral do processo para fins científicos. Esta dificuldade no acompanhamento se deve principalmente aos riscos de vida oferecidos aos que são sujeitos à situação e que não possuem treinamento ou equipamentos adequados para a segura interação e observação das fases do processo para desenvolvimento de estudos e testes.

A densidade da carga do incêndio, como mostra Iliescu (2007), tem papel fundamental na análise e aplicação dos riscos de incêndio, sendo considerada como uma medida da energia que pode ser liberada e dos danos que podem ser causados por um incêndio. Essa densidade é baseada em conceitos e normatizações nacionais e internacionais, que serão abordadas mais à frente neste trabalho, assim como outros temas de carácter significativo na elaboração de projetos de incêndio.

3.2.1 O fogo

Segundo Gouveia (2006), a explicação mais persistente, ao longo do tempo, para a formação do fogo seria à partir da presença de três elementos de modo simultâneo, sendo eles: o material combustível, o oxigênio e o calor, considerados essenciais para o desenvolvimento do fogo. O contato do calor com a superfície do material ocasionaria sua decomposição e a consequente geração de gases, que reagem com o oxigênio do ambiente e produzem fumaça. Todo este processo ficou conhecido como “Triângulo do Fogo”, sendo este Triângulo uma reação em cadeia, como representa a FIG. 2.

Figura 2 – Triângulo do fogo



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais - CBMMG (2014)

Quando se avalia as diversas situações que envolvem a presença destes elementos de forma simultânea, nota-se que nem sempre haverá o processo de ignição, talvez devido à insuficiência de algum dos três elementos ou à desproporcionalidade dos mesmos entre si. Pode ser que haja o início do fogo, mas com a insuficiência do material combustível ou devido sua localização em relação ao ponto da chama, esse foco pode não ter continuidade e se apagar, impedindo a generalização do foco para um incêndio (GOUVEIA, 2006).

Durante a elaboração de projetos de incêndio de qualquer empreendimento, deve-se sempre buscar a melhor distribuição e localização dos elementos no ambiente, de forma a garantir que, no ocasionamento de um incêndio, o fogo tenha certa dificuldade de se propagar e se extingua por si próprio, sem gerar grandes danos à edificação e aos bens do entorno (MATTOS e MÁSCULO, 2011)

3.2.2 Combustão

Bertolini (2010) define a combustão como o processo de decomposição do material combustível, podendo ocorrer com ou sem a presença de chamas. Quando não se tem as chamas (fenômeno que pode acontecer devida à falta de oxigênio), mas se tem uma quantidade de calor suficiente, pode haver uma grande produção de gases que podem ocasionar uma explosão, como ocorre quando há a injeção imediata de oxigênio no meio através do descobrimento de alguma abertura, porta ou janela.

Segundo MITIDIARI E IOSHIMOTO (1998) os tetos e paredes, assim como os demais elementos construtivos que recebem algum tipo de acabamento ou revestimento, estão sujeitos a requisitos classificativos impostos pelo Ministério da Construção. Essa classificação se baseia na combustibilidade dos materiais empregados, podendo ser: materiais incombustíveis; materiais semicombustíveis e; materiais fogo-retardantes.

Os materiais incombustíveis geralmente são compostos por materiais inorgânicos, não apresentando reações negativas à integridade da edificação quando submetidas à combustão. Os materiais semicombustíveis, por sua vez, já apresentam uma pequena quantidade de material combustível em sua composição, mas essa quantidade ainda não leva a grandes deformações ou alterações na estrutura na exposição às chamas, havendo pouco desenvolvimento de fumaça ou gases no processo. Já os materiais fogo-retardantes são caracterizados como materiais combustíveis que receberam algum tipo de tratamento químico para melhor resistirem à ação do fogo ou tiveram a superfície adequada com material incombustível, dificultando a queima do mesmo no processo de combustão (MITIDIARI e IOSHIMOTO, 1998).

Recentemente, segundo Mattos e Másculo (2011), a teoria do “Triângulo do fogo” veio a ser substituída pela pirâmide do fogo, onde se inclui nas extremidades do triângulo: o calor, o combustível e a reação em cadeia, reservando a área central ao comburente.

O início da reação química conhecida como fogo se dá pelo Ponto de fulgor, onde os materiais combustíveis começam a expelir gases que se incendiam na presença de uma fonte externa de calor, mas não havendo a propagação da reação por insuficiência desses gases. No ponto de combustão, sendo este considerado como a temperatura a partir da qual a quantidade de gases expelidos é suficiente para a sustentação do fogo, a chama ainda se sujeita à aspensão de gases, entrando em combustão somente no Ponto de Ignição, independentemente de outra fonte calor e onde a combustão pode passar a ser espontânea apenas pelo contato com o ar (oxigênio) (VILLAR, 2011).

3.2.3 Transferência de calor

Gouveia (2006) considera essa propriedade como sendo a responsável pelo fluxo de calor entre faces. Geralmente acontece em paredes, mas também pode ocorrer entre os demais elementos do imóvel. O tipo da parede, sua espessura e seus materiais de composição podem ser um agravante na carga de incêndio, afetando diretamente a transmitância de calor. Por isso, esses fatores devem ser considerados durante a confecção do projeto de segurança, de modo a permitir o isolamento e a estanqueidade do edifício em situações de incêndio.

Os volumes internos e externos da edificação podem dificultar o combate às chamas e conseqüentemente provocar seu alastramento para as edificações vizinhas. Para evitar esse tipo de problema deve-se exigir uma maior precaução quanto às proporções dos compartimentos e também a adoção de medidas e materiais que evitem tais alastramentos, como portas corta-fogo, vidros, pisos e forros resistentes às chamas, assim como alturas dos compartimentos que evitem o alastramento vertical (SEITO, *et al.*, 2008).

O calor pode gerar diversos efeitos sobre os materiais situados ao seu entorno. Esses efeitos variam de acordo com a intensidade de calor, distância entre o material e a fonte de calor e também dependendo próprio material. Com base em análises do comportamento dos materiais nas mais diferentes situações, se permite o desenvolvimento e confecção de equipamentos de proteção e combate a incêndios, assim como a adoção de medidas de prevenção que impeçam ou pelo menos amenizem os acidentes (SILVA, 2001).

Como coloca Mattos e Másculo (2011), os meios de propagação ou transferência de calor podem se dar através da condução, convecção ou radiação. Na condução calor é transmitido através do contato direto entre os materiais, podendo ou não haver outros materiais envolvidos na condução entre os dois objetos em que se estiver analisando (FIG. 3). Não há materiais de isolamento que possam ser introduzidos neste intervalo e que permitam o isolamento completo da transferência do calor entre os demais, pois os materiais de isolamento apenas apresentam baixa condutibilidade térmica, logo volume algum desses materiais poderia bloquear completamente a condução do calor entre os materiais.

Figura 3 – Transferência de calor por condução



Fonte: Corpo de Bombeiros do Espírito Santo– CBMES

A transferência do calor da Sala A para a Sala B ocorre mesmo havendo uma parede como divisória entre os compartimentos, dando continuidade ao incêndio para o outro compartimento.

Para a convecção, FIG. 4, Rosemann (2011) justifica que se faz necessário o envolvimento de um fluido em movimento para ocorrer à transferência do calor entre os corpos, não havendo o contato direto entre os corpos, assim como ocorre em uma estufa. Neste processo há a expansão e aspensão do ar aquecido, seguidas da propagação deste ar na direção de baixo para cima, mas podendo também ocorrer em outras direções.

Figura 4 – Transferência de calor por convecção



Fonte: Corpo de Bombeiros do Espírito Santo – CBMES (2014)

Muitos incêndios se devem a este tipo de transferência de calor, principalmente se tratando de edifícios em altura, onde o ar quente atinge os demais andares através dos poços dos elevadores ou vãos das escadas. Para se evitar ou amenizar tais ocorrências, exige-se que as portas destas instalações apresentem elevada resistência ao fogo, oferecendo segurança aos andares subsequentes.

Já na radiação, a transmissão do calor ocorre através de ondas ou raios, conforme FIG.5, onde a proximidade ou o afastamento entre os materiais e a fonte é um fator primordial na análise de riscos, pois quanto mais próximos estiverem os materiais em relação à essa fonte, maior será a transferência do calor e maior o risco de ignição do material (VILLAR, 2011).

Figura 5 – Transferência de calor por radiação



Fonte: Corpo de Bombeiros do Espírito Santo – CBMES (2014)

Para prevenir possíveis incêndios através deste processo de transferência de calor pode-se; por exemplo, optar nos projetos por materiais opacos ao invés de vidraças nas aberturas do imóvel, bloqueando em parte a transferência do calor do meio interior para o exterior, evitando a generalização do fogo para outros compartimentos ou imóveis (VILLAR, 2011).

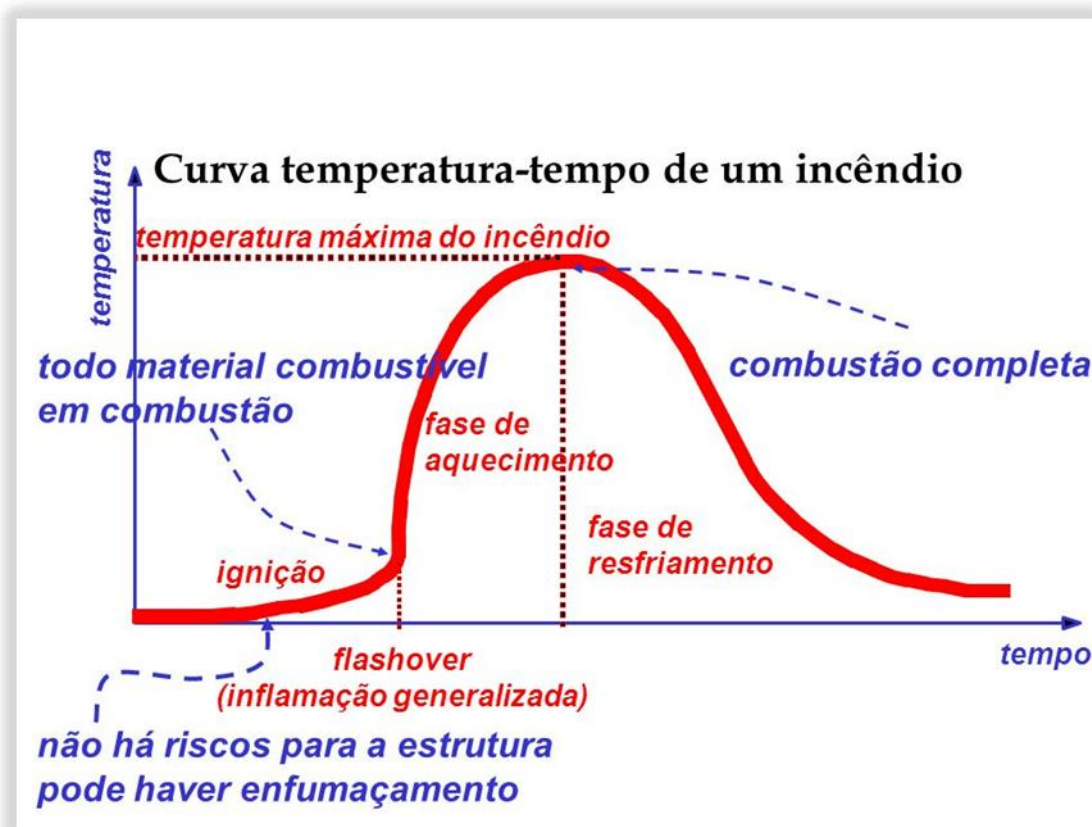
3.2.4 Fases do incêndio

O incêndio pode ter sua severidade definida como a intensidade de seus efeitos sobre o imóvel ou local onde ocorreu, sendo que estes efeitos podem ser minimizados com algumas medidas de segurança que devem ser planejadas e centralizadas em um projeto de incêndio. Nem sempre o alcance máximo da temperatura em um incêndio pode ser comparada isoladamente à severidade deste, pois essa intensidade depende de diversos fatores como os tipos de materiais combustíveis que compõem o local, as medidas preventivas e corretivas adotadas e o preparo dos usuários para interagirem com uma situação de incêndio (SILVA, 2001).

Moreira (2002) considera que a avaliação da severidade dos incêndios é bem subjetiva, devido à ausência de normalizações ou regulamentações que sujam escalas ou tabelas formais do tema. Mas por outro lado, essa avaliação subjetiva não influi negativamente na elaboração dos projetos de segurança, pois ela se baseia na proporção da parte consumida pelo incêndio com o potencial máximo de danos que poderia ter ocasionado.

Além da severidade, o incêndio também pode ser avaliado em relação à curva tempo-temperatura, onde se avalia a temperatura desde a ignição até a extinção do fogo e se representa a variação através de um gráfico, conhecido como: “Curva de desenvolvimento de um incêndio” (FIG.6) (SILVA, 2001).

Figura 6 – Curva temperatura-tempo de desenvolvimento de um incêndio



Fonte: Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural - ABECE (2010)

Em cada uma das etapas da curva de desenvolvimento do incêndio, podem ser observadas características de fácil percepção no incêndio. Na fase inicial, Gouveia (2006) considera com um tempo de duração entre 2 e 5 minutos, e com variação da temperatura de 20° C para o intervalo de 250-350° C, dependendo da combustibilidade e inflamabilidade dos materiais. É justamente nesta etapa inicial que devem entrar em ação os detectores de incêndio, chuveiros automáticos, extintores manuais ou outros métodos de combate ao incêndio que constem no projeto.

Entre a fase de ignição e a de extinção, se encontra o flashover ou ponto de inflamação generalizada, que é onde realmente ocorre o fenômeno do incêndio, com a elevação da temperatura, dos volumes de fumaça e também o alastramento das chamas. Essa fase, ainda segundo Gouveia (2006), tem a duração regida de acordo com a densidade de carga de incêndio e o fator de ventilação, ocorrendo geralmente na faixa entre 20 e 40 minutos, ou até o tempo do consumo de aproximadamente 70% dos materiais combustíveis. Já para a fase de extinção, Gouveia (2006) considera uma duração de 1 a 3 horas, sendo esta é a fase onde o incêndio passa pelo processo de resfriamento pela ausência de oxigênio e de material combustível, mas também onde pode ocorrer o reinício das chamas, dependendo da porcentagem de consumo do material ou do colapso da estrutura ou vedação. Esta seria a breve explicação do processo de incêndio através da curva tempo-temperatura proposta pelo autor, mas o mesmo destaca que podem haver maiores durações dos períodos de cada fase, uma vez que o fator propagação não entra como fator de relatividade na avaliação da curva.

Um modelo para descrição dos incêndios muito utilizado na análise do risco de incêndio em edificações é o modelo de duas camadas, que pode fornecer, por exemplo, uma estimativa do tempo para escape seguro e as condições de sustentabilidade da vida humana em função do desenvolver do incêndio. Neste modelo temos a divisão da camada atmosférica do ambiente em duas camadas: a superior, onde a temperatura é mais elevada e há maior concentração dos gases quentes emitidos pelas chamas; e a camada inferior, onde se encontram os gases de temperaturas mais baixas. No decorrer do incêndio a camada superior tende a aumentar de espessura, enquanto a inferior de diminuir essa espessura, e caso haja uma súbita entrada de oxigênio no ambiente por uma abertura ou rompimento de janelas, pode haver uma explosão ou um grande aumento no nível de radiação do calor, conforme visto anteriormente, consumindo os materiais combustíveis com maior intensidade e generalizando o incêndio ainda mais (SEITO, et al., 2008).

Como mostra Gouveia (2006), no processo do incêndio um dos fatores determinantes na generalização do mesmo são os materiais combustíveis. Estes materiais apresentam uma característica denominada poder calorífico (H_c), que está relacionado com a energia que pode ser fornecida por eles, na forma de calor e pela unidade de massa do material.

Esse poder calorífico é medido através de ensaios normalizados e usualmente possuem unidades no Sistema Internacional (SI) como KJ/g (quilojoule por grama) ou MJ/Kg (megajoule por quilograma), como mostram as TAB. 1 e TAB. 2:

Tabela 1 - Poder calorífico dos materiais (Hc)

Material	Hc (MJ/kg)	Material	Hc (MJ/kg)
ABS	34-40	Resina melamina	16-19
Acrílico	27-29	Óleo de linhaça	38-40
Algodão	16-20	Seda	17-21
Asfalto	40-42	Ureiaformaldeído	14-15
Betume	41-43	Espuma de ureiaformaldeído	12-15
Carvão	34-35	Borracha isoprene	44-45
Carvão mineral, coque	28-34	PVC	16-17
Celulóide	17-20	Metanol	19-20
Celulose	15-18	Espuma de borracha	34-40
Cera, parafina	46-47	Óleo diesel	40-42
Couro	18-20	Placa de isopor	17-18
Espuma de poli-isocianurato	22-26	Cetileno	48,2
Espuma de poliuretano	23-28	Etanol	26,8
Fenolformaldeído	27-30	Licores alcoólicos	26-28
Gordura	40-42	Madeira	17-20
Grãos (sementes e cereais)	16-18	Palha, sapé, capim	15-16
Lixo de cozinha	8-21	Lã	21-26
Papel, papelão	13-21	Gasolina	43-44
Petróleo	40-42	Isopropil	31,4
Policarbonato	28-30	Butano	45,7
Poliéster	30-31	Fumo	37-39
Poliéster reforçado com fibras	20-22	Benzeno	40
Poliestireno	39-40	Etil álcool	27
Polietileno	43-44	Benzil álcool	27
Polipropileno	42-43	Hidrogênio	119,7
Politetrafluoretileno	5	Metano	50
Resina epóxi	33-34	Óleo de parafina	40-42
Roupas	17-21	Borracha de pneu	31-33

Fonte: BUCHANAN, A. H. Fire engineering design guide. New Zeland: University of Canterbury, 1994.

Tabela 2 - Cargas de incêndio de objetos comuns

Objeto	Hc (MJ/kg)	Objeto	Hc (MJ/kg)
Aparelho de TV	21	Máquina de lavar louças	31
Aparelho de som	21	Secadora de roupas	32
Aparelho de DVD	21	Forno de microondas	28
Geladeira, freezer, frigobar	28	Forno elétrico	28
Sofá de um lugar	19	Cadeiras de escritório	22
Tapete	27	Videocassete	20
Almofadas (espuma)	18	Computador	492 (MJ/un)
Couro	19	Impressora	146 (MJ/un)
Máquina de lavar roupas	32	Sofá de dois lugares (tecido)	904 (MJ/un)
		Sofá de três lugares (tecido)	983 (MJ/un)

Fonte: BUCHANAN, A. H. Fire engineering design guide. New Zeland: University of Canterbury, 1994.

Por fim, propõe-se que sempre se faz necessário a realização de uma análise probabilística e de risco em todos os projetos de segurança, de modo a garantir a integridade dos envolvidos através da previsão matemática e visual do risco de incêndio nas edificações, e evitando o início do processo de ignição ou pelo menos a generalização do incêndio (BUCHANAN, 1994).

3.3 Metodologia dos ensaios de reação ao fogo

Na realização dos ensaios de resistência ao fogo dos materiais de construção e edificação, deve-se sempre estabelecer os parâmetros a serem adotados durante o ensaio, tais como a temperatura do ambiente, a radiação sobre o material em estudo, a existência de chama-piloto, as dimensões do corpo de prova e o condicionamento prévio. Essa padronização, conforme relata (BERTO, 2007), permite a realização dos ensaios de incombustibilidade, ignitabilidade, propagação superficial de chamas, potencial calorífico e de densidade ótima de fumaça.

3.3.1 Ensaio da incombustibilidade

Este método tem sua base na norma internacional ISO 1182 – *Firetests – Buildingmaterials – Non-combustibility*, onde se permite verificar a capacidade dos materiais de entrarem em ignição e auxiliarem para o crescimento e propagação do incêndio. O objetivo da norma é regulamentar os materiais utilizados nas edificações, de modo a se reduzir os estragos causados por um incêndio com o emprego de materiais com pouca ou nenhuma produção de calor ou ignição em temperaturas próximas de 750 °C.

No ensaio é possível a avaliação dos materiais nos aspectos de elevação de temperatura, chamejamento e perda de massa devido à submissão ao calor. Baseia-se em um ensaio prático e com boa repetibilidade, onde os corpos de prova são cilíndricos e devem apresentar dimensões próximas de 45 mm de diâmetro, com altura de 50 mm. Depois de inseridos em um forno com temperatura próxima de 750 °C, os corpos de prova são avaliados segundo a sustentabilidade que dão às chamas, determinando sua combustibilidade e verificando também sua perda de massa para o registro de temperaturas não detectadas pelo aparelho. Essa não detecção por parte do aparelho se dá quando os materiais em estudo são de baixa densidade ou muito inflamáveis, desenvolvendo altas temperaturas em um pequeno intervalo de tempo (MOREIRA, 2002). As FIG. 7e FIG. 8 representam o equipamento através do qual o ensaio é realizado:

Figura 7 – Forno para ensaio de incombustibilidade



Fonte: ISO 1182 – *Buildings materials – non – combustibility test.*

Figura 8 – Forno para ensaio de incombustibilidade durante ensaio



Fonte: BERTO (2007)

A classificação dos materiais quanto à combustibilidade ocorre obedecendo a algumas condições, conforme expõe Souza (2007), sendo elas:

- não deve-se haver elevação da temperatura do forno ao se atingir 30 °C para a Classe A e 50 °C para a Classe B;
- caso ocorra chamejamento, sua duração deve ser inferior a 5 segundos para a Classe A e inferior a 20 segundos para a Classe B;
- independente da classe, a perda de massa dos corpos de prova não pode exceder 50% da massa inicial.

3.3.2 Ensaio da ignitabilidade

Consiste em um teste para determinação da facilidade do material entrar em ignição, empregado principalmente para avaliação de materiais de construção rígidos e semirrígidos. Este ensaio é regulamentado pela norma internacional BS EN ISO 11925-2 – *Reaction to fire tests – Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame - Part 2: Single-flame source*, sendo um teste de fácil aplicação e avaliação, realizado através de uma câmara de inflamabilidade, conforme FIG.9:

Figura 9 – Câmara para teste de inflamabilidade



Fonte: StiroLab Material TestingTechnology (2014)

Os corpos de prova devem possuir 228 mm², com espessura igual ao do material original. Geralmente são utilizadas três amostras, que são presas no sentido vertical ao aparelho e são submetidas a um jato de gás por um período de 10 segundos, registrando-se a conseqüente chama nos segundos seguintes. O resultado é obtido observando se a chama permanece por mais 10 segundos ou se neste mesmo período a queima alcance as bordas das amostras. Em caso de positivo, o material é classificado como “facilmente ignizável” com desenvolvimento indicado pela letra ‘X’, em caso de negativo (não se mantendo ou não atingindo a borda no intervalo), recebe a classificação de “não facilmente ignizável”, com desenvolvimento indicado pela letra ‘P’ (MOREIRA, 2002).

3.3.3 Ensaio da propagação superficial de chamas

Neste ensaio, a avaliação dos materiais geralmente é realizada de acordo com a sua aplicação na edificação e com a classificação imposta pela NBR 9442/86 – “Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chamas pelo método do painel radiante”. A partir disto, permite-se determinar o índice de propagação superficial da chama, com o emprego do método do painel radiante. A caracterização dos materiais neste método é embasada na facilidade de ignição, na velocidade da propagação e na quantidade de calor desenvolvida pelo material durante o ensaio (BERTO, 2007).

O método do painel radiante é utilizado principalmente na avaliação de materiais como pisos, paredes/divisórias, teto/forro, cobertura e revestimento acústico da edificação. Trata-se de um ensaio em escala reduzida, de fácil execução e que apresenta boa repetitividade e reprodutibilidade. No ensaio, o material a ser avaliado é enquadrado em classes que variam de A a E, de acordo com o índice de propagação obtido. A classe A representa os materiais que apresentaram melhor desempenho durante o ensaio, sendo esse desempenho decrescente em relação às classes, ficando a classe E com os materiais que apresentaram o pior desempenho (MITIDIERI e IOSHIMOTO, 1998). Os resultados obtidos são organizados então e reproduzidos em relatórios conclusivos, onde se define a taxa de propagação do fogo no material analisado e as respectivas medidas restritivas e preventivas a serem tomadas para cada tipo de edificação.

Os corpos de prova a serem ensaiados devem apresentar dimensões aproximadas de 150 mm de largura por 460 mm de comprimento, podendo ter variação de mais ou menos 5mm. Os corpos são então inseridos sobre um suporte metálico e colocados em frente a um painel radiante poroso, com 300 mm de largura e 460 mm de comprimento, alimentado por gás propano e ar. A inserção do conjunto (suporte e corpo de prova), de acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, deve ser realizada de modo a se obter uma inclinação de 60° em relação ao painel, permitindo a exposição do corpo de prova a um fluxo radiante padronizado.

Porém para Seito (2008), essa inserção do conjunto deve ser realizada de modo a se obter uma inclinação de 30° em relação ao painel. Ele ainda acrescenta que este painel deve estar calibrado de modo a garantir um fluxo de energia térmica entre 3 W/cm^2 e $0,78 \text{ W/cm}^2$, respectivamente nas regiões mais próxima e na mais distante do painel, e por um período de 15 minutos. O autor ainda justifica que, com esses critérios é possível o melhor acompanhamento da propagação da chama no ensaio, pois caso ocorra a ignição do corpo de prova a chama estará no sentido oposto, de cima para baixo, não havendo interferência das labaredas sobre a parte do material que ainda não está em ignição. A FIG.10 mostra um corpo de prova sendo ensaiado no aparelho pelo método do painel radiante.

Figura 10 – Método de ensaio do painel radiante



Fonte: Moreira (2002)

O conceito da inclinação da amostra a 30°, além de demonstrar ser mais eficiente e compatível com o ensaio, é também relatada por outros autores como sendo a inclinação padrão adotada. Moreira (2002) defende a inclinação de 30° para a amostra, e ainda relata que as amostras devem ser mantidas em estufa com ventilação próxima de (60 ± 3) °C por um período de 24 horas, com posterior condicionamento em câmara climatizada em (23 ± 3) °C e (50 ± 3) % de umidade relativa. Afirma ainda que durante o ensaio, seguidas essas recomendações, é possível que se consiga uma temperatura de operação de até 800 °C.

O índice de propagação da chama é obtido por meio do produto entre o fator propagação de chama desenvolvida na superfície do material (P_c) e o fator de evolução de calor desenvolvido pelo material (Q). A medição do fator P_c é realizada através do tempo, a fim de se atingir as distâncias padronizadas no suporte metálico com o corpo de prova. Já para o fator Q , a medição é feita a partir da utilização de sensores de temperatura, conhecidos como “termopares” e que devem estar localizados em uma chaminé sobre o painel e o suporte com o corpo de prova (Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT).

3.3.4 Ensaio de potencial calorífico

A partir deste ensaio é possível se determinar o quantitativo máximo de calor que um material pode gerar durante sua total queima. O ensaio tem sua base na norma internacional ISSO 1716 – *Buildingmaterials – Determinationofcalorific potencial*, de onde se determina a utilização de uma bomba calorimétrica para se obter os resultados do teste, conforme ilustra a FIG.11.

Figura 11 – Bomba calorimétrica Parr modelo 1341



Fonte: *Direct industry* - Bomba calorimétrica Parr modelo 1341 (2014)

A combustão neste aparelho ocorre de forma constante, de forma a garantir que a quantidade de calor lançada atinge totalmente o corpo de prova, de modo a não haver dissipação de energia. O aparelho possui ainda um termômetro interno para registro da temperatura interna, o que permite uma maior precisão nos testes e auxilia na determinação dos resultados (SOUZA, 2008).

3.3.5 Ensaio de densidade ótima de fumaça

Através deste ensaio pode-se qualificar os materiais de construção e edificação de acordo com a produção de fumaça em situações de incêndio, sendo o mesmo regulamentado pela norma internacional ASTM E 662 – *Specific optical density of smoke generated by solid materials*. No Brasil um exemplo de normatização vigente é o Decreto do estado de São Paulo nº 46076/2001 – IT 10, que propõe a classificação de acordo com a destinação e caracterização do material, seguindo o proposto pelas normas ISO 1182, ASTM E 662 e NBR 9442. A densidade ótima de fumaça é determinada através de sua opacidade, onde se dispõe de uma fonte luminosa e um receptor para a realização do teste, que consiste na medição da transmitância de luz recebida (BERTO, 2007).

Moreira (2002) relata que esta fonte luminosa de energia deve ser eletricamente aquecida e deve ser instalada dentro de uma tubulação cerâmica. Quanto ao posicionamento, este deve permitir que a fonte produza uma irradiação de $2,5 \text{ W/cm}^2$ acima do diâmetro central da amostra. O prendedor do equipamento utilizado no ensaio, uma câmara fechada –FIG.12, acomoda amostras com proporção superiores a 25,4 mm, sendo usual a de medida 76,2 mm por 76,2 mm por permitir a exposição de uma área aproximada de 65,1 mm por 65,1 mm e promover uma condição de ensaio não inflamável.

Figura 12 – Câmara de densidade de fumaça



Fonte: Polimate - *Fire Testing Technology* (2014)

Para materiais sólidos de espessura até 25 mm, a densidade de fumaça tem sua medição de acordo com a queda da intensidade do feixe de luz ao transpor um ambiente preenchido por fumaça do material em combustão. O corpo de prova deve seguir condições padronizadas de exposição e estar associado no intervalo das fases de início e inflamação generalizada do incêndio. Na situação inflamável, passa-se a utilizar de seis tubos para a aplicação das chamas, sendo os mesmos dispostos equidistantes uns dos outros e que resultam na combustão uniforme do material (SOUZA, 2007).

Através de ensaios realizados pelo *Underwriters Laboratories* (UL) e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, determina-se o valor de 450 para o índice de densidade ótima de fumaça máximo permitido. O emprego dos materiais construtivos nas edificações deve ser realizado de modo a garantir valores menores ou iguais a este, para que, em possíveis situações de incêndio, não haja o rápido escurecimento das rotas de fuga do local. Os ensaios realizados consistem no preenchimento de uma sala com a fumaça de determinado material e a verificação dos estágios de opacidade dos sinais luminosos de emergência instalados no cômodo, registrando a opacidade das luzes em função do tempo (MOREIRA, 2002).

3.4 Legislação/Normalização

Cada país possui sua regulamentação no que se refere ao comportamento dos materiais de construção e edificação em situações de incêndio, com uma multiplicidade de códigos, regulamentos, instruções técnicas e normas que impossibilitam uma padronização a nível internacional dos métodos a serem adotados para estas situações (SEITO, *et al.*, 2008).

Mesmo que ocorra a padronização da normatização, jamais deixarão de existir os regulamentos internos de cada país, até mesmo porque há vários fatores que influem nos incêndios e que são característicos de cada país / região de forma individualizada. Entre esses fatores, podemos citar os materiais empregados nas edificações, as condições ambientais e geográficas, distância entre edificações, tipos de materiais combustíveis empregados no interior, entre vários outros fatores que exigem a regulamentação exclusiva para a maior segurança dos envolvidos.

3.4.1 Legislação internacional

Países como Estados Unidos e Europa são referência mundial no que diz respeito à regulamentação na área de controle de materiais em situações de incêndio. O interesse despertado pelas empresas seguradoras auxiliou no desenvolvimento de pesquisas no final do século XX que acabaram resultando na criação das principais normas sobre testes de resistência ao fogo em 1911, com a criação da ASTM E 119. Esta norma regulamenta os métodos de teste padrão para testes de incêndio de Construção Civil e Materiais (SILVA, 2001).

Dentre as normas reconhecidas internacionalmente, vários autores e o corpo de bombeiros brasileiros citam como referência as seguintes normas:

- ASTM E662:2013 – *Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials.*
- ASTM E119:2000 - 12a – *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials.*
- ASTM E162:2013 - *Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source.*
- ISO 1182:2010 – *Buildings materials – non – combustibility test.*
- EN ISO 1716:2010 -*Fire technical testing of building products – Determination of calorific potential.*
- BS EN ISO 13823:2002 – *Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item.*
- BS EN ISO 11925-2:2010/Cor 1:2011 – *Reaction to fire tests - Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame - Part 2: Single-flame source.*

3.4.2 Legislação nacional

A legislação brasileira sobre a segurança contra incêndios é bem recente, se deu a partir da criação de normas nacionais com base nos critérios adotados no exterior, em países como Estados Unidos e Europa. Tais normas também se aliaram às homologações de decretos e instruções técnicas estaduais no país, e à criação de cursos de pós-graduação dentro da área, auxiliando de forma considerável na regulamentação dos projetos de prevenção a incêndios (SEITO *et al.*, 2008).

A normalização brasileira em sua grande maioria exige o tempo de 120 minutos de resistência ao fogo por parte dos materiais construtivos, de acordo com Gouveia (2006). Esta referência de tempo é dada como suficiente para a maioria das cargas de incêndio em edificações, visto que se estima que o fogo atinja a fase de extinção em até duas horas.

Entre as principais Normas Brasileiras em vigor com relação aos materiais de construção e edificação em situação de incêndio, podemos destacar as seguintes, sendo as de maior relevância para o desenvolvimento deste trabalho:

- NBR 7199:1989- NB 226 - Projeto Execução e Aplicações Vidros na Construção Civil.
- NBR 8633:1984 - carvão vegetal: determinação do poder calorífico: método de ensaio.
- NBR 8660:2013 - Ensaio de reação ao fogo em pisos - Determinação do comportamento com relação à queima utilizando uma fonte radiante de calor.
- NBR 9442:1986 - Materiais de construção - determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante - método de ensaio.
- NBR 10636:1989 - Paredes divisórias sem função estrutural: Determinação da resistência ao fogo.
- NBR 14432:2000 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.
- NBR 15575-5:2013 - Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas.
- NR 23 – Proteção Contra Incêndios

3.4.3 Exigências corpo de bombeiros

Como já visto anteriormente, a espessura das paredes afeta diretamente a resistência ao fogo e pode evitar a propagação das chamas para outros compartimentos, assim como a escolha dos pisos e forros também podem exercer influência. Essas medidas permitem a atribuição aos compartimentos de “*riscos isolados*”, onde a transferência das chamas de um compartimento ao outro é dificultada ou impedida através da adoção de medidas de segurança. Para tal, Gouveia (2006) cita a TAB. 3, que se refere à resistência ao fogo das paredes de alvenaria, sendo a mesma fornecida através do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo:

Tabela 3 - Resistência ao fogo por parte das paredes de alvenaria

Elemento construtivo		Espessura total da parede (cm)	Duração do ensaio (min)	Resistência ao fogo (min)
Parede de tijolos de barro cozido (dimensões nominais dos tijolos: 5x10x20 cm e massa de 1,5 Kg)	Meio tijolo sem revestimento	10	120	90
	Um tijolo sem revestimento	20	395	≥ 360
	Meio tijolo com revestimento	15	300	240
	Um tijolo com revestimento	25	300	> 360
Parede de blocos vazados de concreto de 2 furos (dimensões nominais dos blocos: 14x19x39 cm e massas de 13 Kg e 17 Kg, respectivamente)	Bloco de 14 cm sem revestimento	14	100	90
	Bloco de 19 cm sem revestimento	19	120	90
	Bloco de 14 cm com revestimento	17	150	120
	Bloco de 19 cm com revestimento	22	185	360
Paredes de concreto armado monolítico sem revestimento	Traço 1: 2,5 : 3,5 e armadura simples posicionada a meia espessura das paredes, possuindo malha de 15 cm de aço CA-50 de diâmetro ¼ de polegada	11,5	150	90
		16	210	180

Fonte: IT 08/2004, Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do estado de São Paulo.

O Corpo de Bombeiros possui uma extensa legislação, constituída por Leis, Decretos, Portarias e Instruções Técnicas através das quais estabelece uma série de condições que devem ser atendidas e seguidas no emprego dos materiais de acabamento e de revestimento em edificações. Tais exigências visam restringir a propagação de fogo e o desenvolvimento da fumaça nos diversos materiais que compõem a estrutura da edificação. Entre essas legislações podemos citar por exemplo a lei 14.130 de 19 de dezembro de 2001, que dispõe sobre a prevenção e combate a incêndios em edifícios ou espaços comerciais, industriais ou de prestação de serviços e os prédios de apartamentos residenciais. Tal lei foi de extrema importância para o posterior desenvolvimento de estudos mais específicos sobre o assunto (Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais - CBMMG).

Na Instrução Técnica nº38, do Corpo de Bombeiros de Minas Gerais, é estabelecido que seja exigido nas obras o CMAR - Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento, em função da posição dos materiais de acabamento, revestimento e termo-acústicos, e em razão da ocupação e uso da edificação. Afirma também que a responsabilidade desse controle de materiais de acabamento e de revestimento deve ser do responsável técnico, sendo a manutenção de responsabilidade do proprietário ou responsável pelo uso da edificação (Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais - CBMMG).

Conforme já citadas acima, o Corpo de Bombeiros de Minas Gerais (CBMMG) dispõe de diversas instruções técnicas com relação aos materiais de construção em situações de incêndio, tais como:

- IT01- Procedimento Administrativo.
- IT05 - Separações entre Edificações (Isolamento de Risco).
- IT07 - Compartimentação Horizontal e Compartimentação Vertical.
- IT09 - Carga Incêndio nas Edificações e Áreas de Risco.
- IT11 - Plano de Intervenção de Incêndio.
- IT14 - Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio.
- IT17 - Sistema de Hidrantes e Mangotinhos para Combate a Incêndio.
- IT18 - Sistema de Chuveiros Automáticos.
- IT35 - Segurança Contra Incêndio em Edificações Históricas.
- IT38 - Controle e Materiais de Acabamento e Revestimento – CMAR.

Gouveia (2006) mostra que ainda não se têm disponível no Brasil métodos ou equipamentos laboratoriais que permitam a avaliação completa das propriedades físicas dos materiais de construção, principalmente no que diz respeito à geometria, acabamento, meios de aplicação dos mesmos, e dentre outros fatores que são tão maleáveis dentro do ramo. Estas características acabam dificultando ou até mesmo impossibilitando a análise e padronização do comportamento desses materiais nas mais diversas situações, como no caso em estudo, onde esses materiais se submetem a elevadas temperaturas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta etapa do trabalho, buscou-se aplicar os conceitos teóricos já apresentados até o momento, utilizando-se da citação e explanação de situações reais que envolvem a aplicação dos materiais de construção sem função estrutural. A metodologia empregada consiste na caracterização dos incêndios e sua correlação com o tema e com os objetivos iniciais desta pesquisa, enfatizando a importância do emprego correto dos materiais nas edificações civis.

Como exemplo de situações reais, fundamentou-se da caracterização dos principais aspectos do incêndio da Boate Kiss em 2013, no Estado do Rio Grande do Sul (RS), e do Edifício Joelma em 1974, no Estado de São Paulo(SP). A diferença de aproximadamente 39 anos entre os incêndios, apesar da decadência de informações sobre o incêndio mais antigo ser considerável, permite o questionamento a respeito das mudanças no campo da construção civil no que se refere à segurança e prevenção de incêndios no Brasil.

4.1 Materiais

A obtenção dos materiais de consulta se deu através de trocas de mensagens eletrônicas (*e-mail*) com as autoridades responsáveis pela elaboração dos mesmos e de consultas em sites e páginas eletrônicas da internet. Tal busca permitiu o enriquecimento do trabalho com base em outros trabalhos acadêmicos, pesquisas, legislações e publicações relacionadas aos ocorridos. Vale destacar sobre a dificuldade de acesso aos relatos dos incêndios, uma vez que as autoridades responsáveis pela elaboração e guarda das perícias são em sua maioria instituições públicas com políticas internas de sigilo que variam de acordo com a região. Além disso, alguns incêndios ocorreram em épocas onde não haviam investigações criteriosas como as elaboradas atualmente, o que inviabiliza em parte a disposição de informações mais concisas sobre a caracterização dos incêndios.

4.1.1 Relatórios baseados nas perícias

Em contato com o Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul – IGP, foi possível o acesso aos relatórios elaborados pela Polícia Civil e disponibilizados nos sites tanto do Ministério Público quanto da própria Polícia Civil do Estado do Rio Grande do Sul. O acesso direto aos laudos periciais elaborados pelo IGP foi restringido apenas à Polícia Civil do Estado, uma vez que quando solicitados para o desenvolvimento do trabalho acadêmico, obteve-se insucesso no pedido devido à burocracia interna do órgão.

Os relatórios elaborados pela Polícia Civil sobre o incêndio na Boate Kiss no geral se voltam à análise criminalística dos incêndios, no entanto é apresentado algumas das principais informações do incêndio do ponto de vista da engenharia civil. Estas informações consistem basicamente nas características de propagação e dimensão do incêndio, tais como a duração, as temperaturas atingidas, o foco do incêndio, meio de propagação, materiais envolvidos, dentre outros que permitem o estudo do risco de colapso da estrutura e a situação pós-incêndio da edificação.

Informações sobre o estabelecimento antes do acidente também devem ser analisadas, uma vez que a ausência de um projeto de incêndio, a falta de fiscalização em obras e as reformas sem acompanhamento de responsável técnico são os fatores que comprometem a segurança dos usuários nas edificações. Neste aspecto, a análise criminalística é de grande serventia, uma vez que envolve todos os pontos acima citados e inclusive trata da legalidade dos projetos das edificações perante os órgãos públicos locais.

4.1.2 Reportagens e mídia

Atualmente a mídia e as redes sociais têm facilitado em grande parte na divulgação e no acesso às informações dos mais diversos assuntos. Quando se trata de tragédias a situação não é diferente, as notícias e resultados são compartilhados em uma velocidade relativamente alta quando comparada a cinco ou dez anos atrás. O que se deve observar ao deparar com essas informações é a veracidade das mesmas e a fonte de dados de onde surgiram, para que não sejam cometidos equívocos ou confrontos de dados ao se realizar comparativos e relatos.

O enriquecimento de dados deste trabalho através de fontes eletrônicas, além das demais já citadas anteriormente, decorreu com consultas a sites como o da Rede Globo de Televisão, Corpo de Bombeiros, Ministério Público, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA, além de outros sites de universidades e prefeituras.

4.2 Métodos

Os métodos utilizados consistem na coleta e organização de dados para a posterior elaboração de um comparativo entre os incêndios relatados, caracterizando primeiramente cada um dos incêndios e em um segundo momento correlacionando-os entre si. Foram escolhidos dois incêndios, em estados e épocas distintas, mas semelhantemente caracterizados como sendo de grande escala e repercussão nacional, tanto em danos às estruturas quanto em número de vítimas.

4.2.1 Estudo de Casos

Para melhor afixar a ideia da importância da escolha dos materiais de construção adequados, selecionou-se dois casos de edificações que se depararam com uma situação de incêndio e que resultaram em tragédias que marcaram a história do Brasil. Os casos selecionados, como já citados anteriormente, foram a Boate Kiss, em Santa Maria-RS, e o Edifício Joelma, em São Paulo-SP.

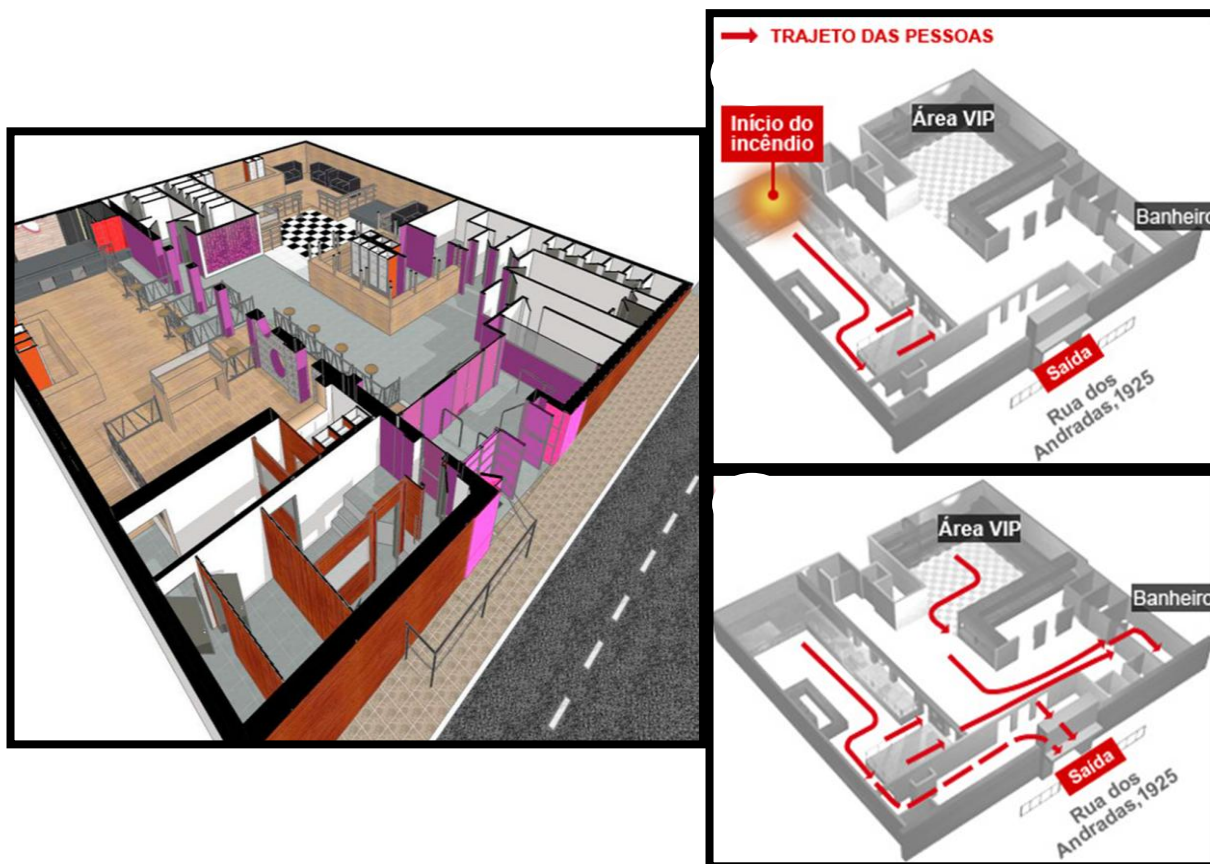
4.2.1.1 Incêndio Boate Kiss

A Boate Kiss tratava-se de uma casa noturna, de um pavimento, situada na região central da cidade de Santa Maria-RS, onde frequentemente ocorriam festas e eventos com atrações musicais e grande participação da população jovem. A capacidade máxima da Boate, segundo a perícia, seria de 769 pessoas, mas de acordo com o alvará de proteção e prevenção contra incêndio do Corpo de Bombeiros, a capacidade máxima do local seria de 691 pessoas. Na noite do incêndio, conforme depoimentos, a polícia local concluiu que havia cerca de pelo menos mil pessoas dentro do local (REBELLO e CAVALHEIRO, 2013).

Conforme informações da 1ª Delegacia de Polícia de Santa Maria-RS, o incêndio teve início por volta das 03:00 horas do dia 27 de janeiro de 2013, nas dependências da Boate Kiss. O ocorrido deixou 241 vítimas fatais, sendo todas as mortes por asfixia decorrente da fumaça do incêndio, além de aproximadamente 123 feridos e das várias pessoas intoxicadas pela fumaça (RIO GRANDE DO SUL, 2013).

No local estava acontecendo uma festa, a qual contava com a participação de uma banda que acabou sendo a responsável pelo início do incêndio devido à utilização de um fogo de artifício dentro do ambiente. Durante a ativação do produto, uma chama ou faísca entrou em contato com o forro de isolamento acústico, sendo este composto por uma espuma de poliuretano altamente inflamável, conforme ilustra a FIG. 12. Com a ignição do incêndio, a espuma, não sendo própria para isolamento acústico, propiciou a rápida expansão do incêndio com grande liberação de uma fumaça negra e de gases tóxicos, sendo o principal responsável pela asfixia e morte das vítimas através da inalação do mesmo (RIO GRANDE DO SUL, 2013).

Figura 13 – Início do incêndio na Boate Kiss



Fonte: Rebello e Cavalheiro (2013).

Outro agravante no ocorrido foi o meio de instalação da espuma. O proprietário do estabelecimento buscou consultoria com um engenheiro civil. Foi elaborado e executado um projeto de isolamento acústico no final de 2011 para o local, com a construção de paredes de alvenaria e colocação de duas camadas de gesso e sobre estas mais duas camadas de lã de vidro no forro. A lã de vidro possui resistência de 30 minutos de fogo sem entrar em combustão. Ainda havendo reclamações da vizinhança quanto ao barulho do local, o proprietário se propôs a incrementar o isolamento com uma espuma de borracha, mesmo sendo advertido pelo responsável técnico que o material era totalmente inadequado para o local. As mantas de espuma piramidal foram adquiridas em uma loja de colchões local, sendo instaladas no local de forma amadora pelos próprios funcionários da boate e sem consulta a qualquer responsável técnico ou projeto (RIO GRANDE DO SUL, 2013).

A maior parte das alterações e reformas irregulares da boate aconteceu após a vistoria e emissão de alvará do Corpo de Bombeiros. Mesmo assim, durante a vistoria a unidade deixou passar por despercebidas pelo menos 11 falhas gravíssimas no local, como aponta a perícia. Dentre as alterações também vale destacar que houve a instalação de guarda-corpos de ferro no interior da boate, fechamento das janelas com lã de vidro e com madeiras do revestimento da fachada da edificação (FIG. 14) e também a redução das saídas de emergência, provocando o afunilamento e prejudicando a saída das pessoas durante a fuga (RIO GRANDE DO SUL, 2013).

Figura 14 – Fachada da Boate Kiss após incêndio



Fonte: Rebello e Cavalheiro (2013).

Tais alterações foram as grandes responsáveis pela dificuldade de fuga e consequente morte de várias pessoas, pois como mostra um vídeo amador gravado por um jovem dentro da boate, cerca de 40 segundos após a ignição do fogo na espuma do forro, grande parte da boate já estava tomada pelas chamas e pela fumaça, provocando tumulto e acúmulo de pessoas nas poucas saídas do estabelecimento. Também devido à má sinalização de fuga do local, muitos buscaram os banheiros pensando haver janelas, mas as mesmas haviam sido cobertas nas reformas e grande parte destes vieram a falecer no local (RIO GRANDE DO SUL, 2013).

4.2.1.2 Incêndio Edifício Joelma

O edifício Joelma, hoje atual Edifício Praça das Bandeiras, se localizava na região central de São Paulo-SP, sendo composto por 25 pavimentos. Na época, na edificação funcionava vários escritórios de um banco de investimentos e estacionamentos nos seus 9 primeiros andares. Tal edificação também se deparou com uma situação de incêndio, ocorrido em 1º de fevereiro de 1974, deixando 179 vítimas fatais e cerca de 300 feridos. O edifício se encontrava despreparado para auxiliar na fuga e combate do incêndio, uma vez que não havia escadas externas de emergência para saída da edificação e nem heliporto, sendo este último compreensível devido à época ser de baixo tráfego aéreo, reservado principalmente ao exército brasileiro. Mas conforme relatos, o edifício contava com um sistema de hidrantes, que na ocasião se encontrava com a água fechada, inutilizando o sistema e permitindo a propagação do fogo sem intervenção (PEREIRA e ARAÚJO JÚNIOR, 2011).

O incêndio teve início através de um curto circuito no aparelho de ar condicionado de uma janela do 12º andar do edifício, propagando-se para todos os andares acima, até o 25º (FIG. 15). A propagação aconteceu devido à grande presença de materiais combustíveis na composição dos pavimentos, inclusive o forro, que era composto por uma fibra sintética altamente combustível. Além do forro, os andares atingidos também possuíam vários móveis de madeira, pisos acarpetados e cortinas, propiciando ainda mais o alastramento das chamas. A composição estrutural do edifício se encontrava nos conformes para resistir ao incêndio, mas devido à falta de legislação específica e fiscalização na época, o acabamento internos dos andares acabou sendo empregado de forma totalmente leiga quanto aos preceitos de prevenção de incêndios. A observância de alguns fatores poderia certamente ter evitado ou pelo menos amenizado o ocorrido, tais como a manutenção periódica dos aparelhos elétricos, a fiscalização das condutas construtivas e também a atualização constante das legislações referentes aos métodos e projetos preventivos de incêndios (VIESTEL, 2012).

Figura 15 – Incêndio Edifício Joelma



Fonte: <<http://www.bombeirosemergencia.com.br/incendiojoelma.html>>. Acesso em: 16 Agosto 2014.

A duração do incêndio foi de aproximadamente 3 horas, tendo início por volta das 08:30 horas. Na composição do edifício também havia grande presença de madeira, como por exemplo, na cobertura, que era de telhas de cimento amianto sobre estrutura de madeira; na compartimentação dos escritórios, que se dava através de divisórias de madeira; pelo forro, que como visto anteriormente já se tratava de material combustível e ainda era afixado em ripas de madeira. Mesmo com a tamanha presença de materiais combustíveis e consumo de toda essa matéria pelo incêndio (FIG. 16), a vistoria pós-incêndio de engenheiros estruturais constatou que não houve danos estruturais no edifício, havendo apenas um esfoliamento mais severo na laje de piso no 11º andar (ALVES, 2005)

Figura 16 – Edifício Joelma após extinção das chamas



Fonte: <<http://www.bombeirosemergencia.com.br/incendiojoelma.html>>. Acesso em: 16 Agosto 2014.

No Brasil, infelizmente, a área de segurança contra incêndios se impulsiona somente após a ocorrência de grandes tragédias. A exemplo disso, dois ocorridos na década de 1970, os incêndios nos edifícios Andraus e Joelma, resultaram na sensibilização das autoridades e acadêmicos e levou à criação do Laboratório de Ensaios de Fogo no Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, no Estado de São Paulo. Tal feito pode ser considerado um grande avanço na área, tendo em vista a decadência de estudos específicos na época. A análise desde os projetos arquitetônicos até à composição do acabamento interno das edificações são fatores que podem salvar várias vidas em situações de incêndio e que influenciam diretamente na propagação entre os pavimentos e até mesmo entre edifícios vizinhos (ONO, 2007).

5 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Através da análise das características particulares de cada um dos casos em estudo, elaborou-se, de forma resumida, um levantamento de dados dos dois incêndios, de modo a propiciar a visualização com maior clareza das semelhanças e diferenças entre os ocorridos. Tal levantamento foi elaborado com base nas informações aqui já contidas e outras mais reservadas exclusivamente para esta etapa do trabalho, sendo o mesmo organizado em quadros a fim de facilitar a compreensão.

5.1 Incêndio Boate Kiss

No QUADRO 1 se apresenta as principais características relativas à edificação e ao incêndio no qual a Boate Kiss foi submetida, com base nas referências consultadas para a elaboração do trabalho.

Quadro 1 - Resumo características Incêndio Boate Kiss

Local	Santa Maria – Rio Grande do Sul.
Data do incêndio	27/01/2013.
Duração do Incêndio	Menos de 20 minutos.
Foco do incêndio	Contato de faísca de artigo pirotécnico com espuma inadequada e desprotegida no forro acima do palco.
Meio de propagação das chamas	Forro do teto e laterais, sendo em ambos a espuma de poliuretano.
Temperaturas atingidas	Em média 110°C.
Combate inicial às chamas	Houve tentativa, porém houve falha nos extintores e não havia equipe treinada para tal.
Saídas de emergência	Insuficientes, dispostas de modo a levar ao afunilamento do público e ainda obstruídas por guarda-corpos.
Número de pavimentos	Pavimento único.
Pavimentos afetados	Todo o pavimento
Principais materiais combustíveis envolvidos	Espuma de poliuretano, tecidos, materiais plásticos e madeira.
Vítimas fatais	241.
Causas das mortes	Asfixia por inalação de gases tóxicos.
Feridos	Cerca de 123.
Número de pessoas envolvidas	Comprovadas 864, mas suspeita-se que mais de 1000.
Danos Estruturais	Não houve.
Irregularidades agravantes do incêndio	Reforma não autorizada, concessão indevida de alvarás, fechamento das janelas e instalação de guarda-corpos no interior do estabelecimento.
Projeto de Prevenção de incêndios	Houve, porém foi modificado sem consulta a responsável técnico.
Sinalização de fuga	Insuficiente e inadequada.
Sinalização de alerta de incêndio	Não havia.
Superlotação do local	Comprovada a superlotação.

Fonte: O autor (2014).

A Boate Kiss demonstrou grande despreparo quanto à segurança contra incêndios. Por se tratar de uma obra recente, para a qual já se existia legislação própria para a reforma, as modificações da boate, tais como fechamento de aberturas, e inserção de guarda-corpos e de materiais altamente combustíveis no interior, não poderiam ser realizadas sem aprovação de profissional habilitado, havendo falha também por parte da fiscalização municipal quanto às modificações.

5.2 Incêndio Edifício Joelma

Para o QUADRO 2 foram reservadas as características pertinentes ao incêndio ocorrido no Edifício Joelma, também tendo seu embasamento nas referências consultadas para as demais etapas deste trabalho.

Quadro 2 - Resumo características Incêndio Edifício Joelma

Local	São Paulo – São Paulo.
Data do incêndio	01/02/1974.
Duração do Incêndio	Aproximadamente 3 horas
Foco do incêndio	Curto circuito em aparelho de ar condicionado no 12º andar.
Meio de propagação das chamas	Propagação horizontal: Forro do teto (fibra sintética), piso acarpetado, divisórias e móveis em madeira e cortinas. Propagação vertical: vidraças da fachada do prédio.
Temperaturas atingidas	Em média 700°C.
Combate inicial às chamas	Não houve e hidrantes se encontravam com a água fechada.
Saídas de emergência	Não possuía, nem escadas de emergência, nem heliporto.
Número de pavimentos	25 pavimentos.
Pavimentos afetados	12º ao 25º pavimento.
Principais materiais combustíveis envolvidos	Fibra sintética (forro), carpete do piso, móveis e divisória em madeira e cortinas.
Vítimas fatais	179.
Causas das mortes	Carbonização, intoxicação, exposição às altas temperaturas, atiramento do prédio.
Feridos	Cerca de 300.
Número de pessoas envolvidas	Cerca de 750
Danos Estruturais	Não houve.
Irregularidades agravantes do incêndio	Grande presença de materiais combustíveis, ausência de métodos preventivos de incêndio e de saídas de emergência.
Projeto de Prevenção de incêndios	Não foi elaborado.
Sinalização de fuga	Não havia.
Sinalização de alerta de incêndio	Não havia.
Superlotação do local	Não havia.

Fonte: O autor (2014).

O Edifício Joelma apesar de apresentar grandes irregularidades construtivas, principalmente quanto à aplicação dos materiais de acabamento em seu interior, não deixou a desejar no que se refere à parte estrutural. Mesmo exposto a altas temperaturas e durante um período considerável, a estrutura não chegou a ser afetada.

5.3 Comparativo entre incêndios

Ambos os Incêndios são considerados entre as maiores tragédias envolvendo incêndios no país, tanto em número de vítimas fatais e feridas, quanto em devastação e abrangência do incêndio. O QUADRO 3 mostra um comparativo entre os ocorridos, dando destaque às diferenças entre os incêndios e também aos problemas compartilhados entre ambos

Quadro 3 - Comparativo entre incêndios Boate Kiss e Edifício Joelma

Característica	Boate Kiss	Edifício Joelma
Finalidade edificação	Comercial	Comercial
Turno/Horário do Incêndio	Madrugada	Manhã (Dia)
Principal material responsável pela propagação das chamas.	Forro – Espuma de poliuretano	Forro – Fibra sintética
Queima dos materiais combustíveis do local	Parcial	Total
Porcentagem de vítimas fatais em relação aos envolvidos	28%	23,86%
Porcentagem de feridos em relação aos envolvidos	14,23%	40%
Métodos preventivos para situações de incêndio	Não	Não
Ano de ocorrência	2013	1974
Existência legislação preventiva	Sim	Insuficiente
Falha por parte do poder público/fiscalização	Sim	Sim
Mortes/tempo de incêndio	12/min	1/min
Principal causa das mortes	Fumaça tóxica	Altas temperaturas
Mortes ocasionadas por suicídio	Não	Sim
Demora do socorro/resgate	Não	Sim
Dificuldade no socorro/resgate	Sim	Sim
Existência de outras aberturas para auxiliar a fuga	Não	Sim
Queda de energia em curto prazo	Sim	Não
Incidência de incêndios na época no Estado	Sim	Sim

Fonte: O autor (2014).

Através do quadro acima é possível realizar a verificação da similaridade em vários aspectos das características das edificações e dos incêndios aqui abordados. Mesmo havendo a presença de vantagens de um projeto sobre o outro em algumas características relacionadas à segurança e prevenção, ambos se mantêm em equilíbrio no apanho geral do desfecho dos ocorridos.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS/CONCLUSÕES

A diferença de praticamente 39 anos entre as catástrofes da Boate Kiss e do edifício Joelma leva à reflexão sobre a necessidade constante de mudanças e adequações nos processos construtivos. Mesmo havendo, atualmente, várias legislações em vigor que objetivam a prevenção e minimização de danos dos incêndios, falta ainda a fiscalização para o cumprimento das mesmas e até mesmo a melhor acessibilidade e compreensão dos conteúdos. Muitas normas são obscuras nas especificações, permitindo assim interpretações diversas por parte dos profissionais que buscam nelas o embasamento de seus projetos, também favorecendo ao surgimento de brechas dentro das normas e a consequente burla dos princípios estabelecidos.

Apesar da diferença temporal entre os incêndios, ainda se vê o cometimento dos mesmos erros nos processos construtivos e também a escassez nas atividades fiscais para com a execução de edificações civis e reformas de imóveis. Muitas vezes são realizadas modificações nos projetos originais das edificações sem o consentimento dos órgãos públicos ou até mesmo dos respectivos responsáveis técnicos dos projetos. Tais alterações são as principais fontes de desastres envolvendo edificações civis e de vítimas fatais dentro de estabelecimentos comerciais e de trabalho.

A Boate Kiss e o Edifício Joelma compartilharam de falhas semelhantes na composição dos compartimentos e que foram as responsáveis pela dimensão alcançada nas tragédias. Em ambas as edificações a propagação das chamas se deu através dos forros, compostos por materiais altamente combustíveis e com ausência de proteção dos mesmos por material retardante de chamas. Além do forro também vale destacar a ausência de saídas de emergência adequadas nas edificações e o descuido para com os materiais de combate às chamas que acabaram por inutilizados devido ao descuido e falta de treinamento da equipe, levando ao alastramento dos incêndios sem qualquer tentativa de combate nos focos iniciais.

Além do emprego inadequado de materiais nos forros das edificações, também se constatou que as edificações dispunham em seu interior de outros materiais combustíveis, tais como carpetes, móveis e bancadas de madeira, cortinas, tecidos, divisórias em madeira, entre outros. Tais materiais nas normatizações atuais são de uso restrito de acordo com a edificação, devendo os mesmos apresentar características resistivas ao fogo mínimas para aceitação de sua aplicação. Como já visto anteriormente, tais características são obtidas através de ensaios normatizados podendo ser conjunto à aplicação de materiais secundários na superfície ou entorno dos materiais combustíveis a fim de aderir maior resistência e capacidade de suporte às chamas sem que haja a combustão espontânea dos mesmos.

A elaboração dos projetos arquitetônicos das edificações é a etapa onde se deve ter maior atenção quanto ao dimensionamento e quantificação de entradas e aberturas da edificação. A realização de reformas corretivas dificilmente atende à demanda solicitada pelas normas e à satisfação do cliente de forma concomitante, sempre deixando uma das partes em desfavorecimento, geralmente a relativa à normatização. Tais atitudes estão ligadas principalmente à busca incessante pelo lucro e economia de custos nas edificações, deixando para segundo plano as medidas de segurança e proteção à vida que são, em sua maioria, responsáveis pela elevação de custos nas obras.

Através de uma análise histórica-temporal é possível se observar o despreparo de alguns Estados brasileiros quando às medidas de prevenção de incêndio em edificações. São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul são exemplos desses Estados, pois foram palco das maiores tragédias nacionais envolvendo edificações em situações de incêndio de grande porte e com elevado número de vítimas. Tal fato pode ser justificado por se tratarem de regiões com grande densidade de edificações em altura, mas que não descartam ou imunizam os mesmos das irregularidades construtivas de segurança.

Os incêndios aqui relatados serviram de grande aprendizado para o campo da Engenharia Civil no Brasil, promovendo grandes mudanças nos conceitos relacionados ao emprego dos materiais construtivos adequados e do dimensionamento das estruturas de acordo com as atividades a serem desenvolvidas nas mesmas. Lastimavelmente para tais mudanças ocorrerem foi-se necessário o envolvimento e perda de várias vidas, sendo em sua maioria indivíduos leigos e inocentes sobre os riscos a que estavam se envolvendo, uma vez que os devidos responsáveis por buscar tais conhecimentos não fizeram jus em sua parte.

As principais mudanças ocorridas devido às tragédias estão na normalização e legislação, tanto estaduais quanto nacionais; nas práticas de projeto que tiveram grande avanço e também; na modernização das exigências e dos equipamentos de combate do Corpo de Bombeiros. Como exemplo disso, temos a criação da Norma Brasileira ABNT NBR 15575/2013 – Edificações Habitacionais - Desempenho, que se subdivide em seis partes: Requisitos Gerais (NBR 15.575-1); Sistemas estruturais (NBR 15.575-2); Sistemas de pisos (NBR 15.575-3); Sistemas de vedações verticais internas e externas (NBR 15.575-4); Sistemas de coberturas (NBR 15.575-5); e Sistemas hidrossanitários (NBR 15.575-6). Além disso, após os incêndios, foram revistos e atualizados os códigos de obras de ambos os estados e diversos outros, além da criação de diversos decretos e legislações. Houve maiores alterações principalmente após o incêndio no Edifício Joelma, devido à decadência da regulamentação contra incêndios na época.

7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVES, A. B. C. G. **Incêndio em edificações: a questão do escape em prédios altos em Brasília (DF)**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília. Brasília, p. 205. 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E 162** - *Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source*. Detroit, 2013.

_____. **ASTM E 119 12a** – *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials*. Detroit, 2000.

_____. **ASTM E 662** – *Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials*. Detroit, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL - ABECE. **Incêndio**. 2010. Disponível em: <<http://site.abece.com.br/index.php/incendio>>. Acesso em: 15 mai. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Catálogo**. Rio de Janeiro, 1989. Disponível em: < <http://www.abntcatalogo.com.br/>>. Acesso em: 05 maio 2014.

_____. **NBR 7199**- NB 226 - Projeto Execução e Aplicações Vidros na Construção Civil. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 8633** carvão vegetal: determinação do poder calorífico: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 8660** - Ensaio de reação ao fogo em pisos — Determinação do comportamento com relação à queima utilizando uma fonte radiante de calor. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 9442** - Materiais de construção - determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 10636**- Paredes divisórias sem função estrutural: Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 14432** - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 15575-5** - Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

BARROS, C. **Apostila de Vidros - Materiais de construção**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - IFRS. Pelotas, out. 2010, p. 19. 2010.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2011. 538 p.

BERTO, A. F. **Controle dos materiais empregados nas edificações**. Seminario Internacional de Seguridad Contra Incendio en la Edificación - Instituto Nacional de Tecnología Industrial. São Paulo, p. 18. 2007.

BIBLIOGRAPHY \ 1046 BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

BRICK INDUSTRY ASSOCIATION – BIA. **Technical Note 16: Fire resistance of brick masonry**. Reston, VA, 2008. 16 p.

BUCHANAN, A. H. **Fire engineering design guide**. New Zeland: University of Canterbury, 1994.

CATAI, R. E.; PENTEADO, A. P.; DALBELLO, P. F. **Materiais, Técnicas e Processos Para Isolamento Acústico**. 17ª CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais; Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Foz do Iguaçu: Departamento Acadêmico de Construção Civil. 2006. p. 11.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - COBREAP. **Perícias relacionadas a incêndios**, 2013. Disponível em: <<http://www.cobreap.com.br/2013/trabalhos-aprovados/>>. Acesso em: 15 maio 2014.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS - CBMMG. **Instruções Técnicas**. Disponível em: <<http://www.bombeiros.mg.gov.br>>. Acesso em: 05 Maio 2014.

_____. **Instrução Técnica 38 - Controle e Materiais de Acabamento e Revestimento**. Disponível em: <<http://www.bombeiros.mg.gov.br>>. Acesso em: 05 Maio 2014.

_____. **Instrução Técnica 01 - Procedimento Administrativo**. Disponível em: <www.bombeiros.mg.gov.br>. Acesso em: 05 Maio 2014.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SÃO PAULO - CBMSP. **Instrução Técnica 08 - Resistência ao fogo dos elementos de construção**. Disponível em: <www.bombeiros.sp.gov.br>. Acesso em: 05 Maio 2014.

_____. **Instrução Técnica 09 - Compartimentação horizontal e compartimentação vertical**. Disponível em: <www.bombeiros.sp.gov.br>. Acesso em: 05 Maio 2014.

CHICHIERCHIO, L. C. Conforto ambiental: Desempenho térmico e acústico e proteção contra o fogo. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA - ABCI. **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: ABCI, 1990. p. 119-141.

DELL' ANTÔNIO, G. B. **Materiais e Técnicas Construtivas para Um Melhor Isolamento Acústico**. Universidade Regional de Blumenau - FURB. Blumenau, p. 51p. 2011.

D2R ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES. Processo construtivo. **Revestimentos Cerâmicos**. Disponível em: <<http://www.d2reengenharia.com.br/>>. Acesso em: 15 Maio 2014.

DIRECT INDUSTRY. **Customizable Laboratory Apparatus**, 2014. Disponível em: <<http://www.directindustry.es/prod/parr-instrument-company/bombas-calorimetricas-isotermicas-28323-1291563.html>>. Acesso em: 15 maio 2014.

GONÇALVES, A. D. S. **Caracterização Acústica de espumas de Poliuretano - Absorção Sonora**. Tese de Mestrado - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP). Porto. 2008.

GOUVEIA, A. M. C. **Análise de Risco de Incêndio em Sítios Históricos**. Brasília: IPHAN / Monumenta, 2006. 104 p. p.

ILIESCU, M. Palestra - Patologia e recuperação das estruturas incendiadas.. **Iliescu Structural Repair**, 2007. Disponível em: <<http://www.iliescu.com.br/palestras/patologiaerecuperacaodasestruturasincendiadas.pdf>>. Acesso em: 2014 maio 15.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Reação ao fogo dos materiais**. Disponível em: <<http://www.ipt.br/>>. Acesso em: 05 Maio 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1182 – Buildings materials – non – combustibility test**. Geneva, 2010.

_____. **ISO 1716 -Fire technical testing of building products – Determination of calorific potential**. Geneva, 2010.

_____. **ISO 13823** – *Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item*. Geneva, 2002.

_____. **ISO 11925-2** – *Reaction to fire tests - Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame - Part 2: Single-flame source*. Geneva, 2010/Cor 1:2011.

LIMA, C. R. C.; TREVISAN, R. D. E. **Aspersão Térmica: Fundamentos e Aplicações**. 2ª. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2007. 99-115 p.

MAZZONI, F. **Simulação computacional de incêndios: aplicação no caso do Condomínio Edifício Cacique em Porto Alegre-RS**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre, p. 66. 2010.

MITIDIERI, M. L.; IOSHIMOTO, E. **Proposta de Classificação de Materiais e Componentes Construtivos com Relação ao Comportamento Frente ao Fogo - Reação ao Fogo**. EPUSP. São Paulo, p. 25. 1998. (BT/PCC/222).

MOREIRA, P. E. R. **Reação ao fogo dos materiais e tempo de escape em edifícios de centros comerciais no Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas. Ouro Preto, p. 114. 2002.

OLIVEIRA, L. A. P. de. **Estimativa da resistência ao fogo de paredes de alvenaria pelo critério de isolamento térmico**. Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, nº 05, dezembro 1998. 10 p. Disponível em: < <http://bt.fatecsp.br/>>. Acesso em: 11 setembro 2008.

ONO, R. **Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 17. 2007.

PEREIRA, A. G.; ARAÚJO JÚNIOR, C. F. D. **Prevenção de incêndios nas edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo**. VIII Congresso Virtual Brasileiro. São Paulo, p. 15. 2011.

POLIMATE. **Fire Testing Technology**, 2014. Disponível em: <<http://www.polimate.com.br/poli/testes-de-resistencia-a-fogo/431-camara-de-densidade-de-fumaca.html>>. Acesso em: 15 maio 2014.

REBELLO, V.; CAVALHEIRO, P. G1 Rio Grande do Sul. **Laudos confirmam 100% das mortes por asfixia e superlotação na Kiss**, 17 Março 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/03/laudos-confirmam-100-das-mortes-por-asfixia-e-superlotacao-na-kiss.html>>. Acesso em: 15 Agosto 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Delegacia de Polícia Civil. **Relatório Final Boate Kiss**, 2013. Disponível em: <http://www.pc.rs.gov.br/upload/20140718162221relatorio_ip_01_de_2013__licenciamento_da_boate_kiss_final.pdf>. Acesso em: 15 Agosto 2014.

ROSEMANN, F. **Resistência ao fogo de paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos pelo critério de isolamento térmico**. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis. 2011.

SEITO, A. I. et al. **A segurança contra incêndios no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. 496 p.

SILVA, V. P. E. **Estruturas de aço em situações de incêndio**. São Paulo: Zigate Editora, 2001.

SOUZA, C. P. D. **Determinação do poder calorífico**. Relatório de prática de laboratório - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2008.

SOUZA, N. F. C. D. **Ambiente e Sustentabilidade: Estudo comparativo de revestimentos poliméricos obtidos por aspensão térmica.** MOSTRA ACADÊMICA UNIMEP, 9., 2011. Piracicaba. Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP. **Anais eletrônicos.**, Piracicaba: UNIMEP, 2011. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/9mostra/1/339.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2014.

SOUZA, W. P. D. **Reação ao fogo dos materiais - Uma avaliação dos métodos de projeto de saídas de emergência em edificações não industriais.** Dissertação (Mestrado) - REDEMAT - Rede Temática em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 120. 2007.

BIBLIOGRAPHY \ 1046

STIROLAB. **Material Testing Technology**, 2014. Disponível em: <<http://www.stirolab.com/flammability-testing-equipment.html>>. Acesso em: 15 maio 2014.

VIESTEL, R. M. **Edifício Joelma: Desafios da oralidade.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 9. 2012.

VILLAR, A. D. M. **Higiene e Segurança do Trabalho.** Rio de Janeiro: Elsevier / Abepro, 2011. Cap. Proteção contra incêndio e explosões, p. 159-182.