

**INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES DESTINADAS À REUNIÃO DE PÚBLICO COM  
CONCENTRAÇÃO: CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS À EXISTÊNCIA OU  
AUSÊNCIA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS SEGUNDO O *NATIONAL  
INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY***

Mateus Henrique Schuhmacher Valério<sup>1</sup>

Wagner Alberto de Moraes<sup>2</sup>

**RESUMO**

O presente artigo analisa o estudo realizado pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST) a respeito do incêndio ocorrido na boate *The Station* em *Rhode Island*, Estados Unidos da América, em 2003 e compara as principais características do incêndio com e sem a utilização de chuveiros automáticos. Dessa forma, pode ser classificado como uma pesquisa exploratória que se utiliza de pesquisa bibliográfica como principal método para alcançar o objetivo proposto. A partir da literatura pesquisada, a temperatura, o fluxo de calor e as concentrações de O<sub>2</sub>, CO e HCN na atmosfera foram identificados como os principais fatores causadores de prejuízo à vida humana em um incêndio. O comportamento de cada um desses fatores foi medido em experimentos laboratoriais realizados pelo NIST, o qual replicou as características da edificação onde funcionava a boate *The Station*. Os autores analisaram o comportamento dessas variáveis em incêndios com e sem a utilização de chuveiros automáticos e concluíram que a utilização do sistema de chuveiros automáticos foi suficiente para debelar o incêndio em seu princípio, mantendo o ambiente em condições habitáveis. Para o teste sem a utilização de chuveiros automáticos, foram necessários menos de 2 minutos para que todos os fatores mensurados ultrapassassem os limites compatíveis com a vida. Ao final, o texto traz algumas das alterações normativas recomendadas pelo NIST em 2005 comparando-as com as normas de segurança contra incêndio e pânico vigentes em Santa Catarina.

**Palavras-chave:** Chuveiro automático. Incêndio. Reunião de Público com Concentração.

**1 INTRODUÇÃO**

Na maior parte das cidades do mundo, é possível encontrar edificações destinadas à reunião de público. Elas são utilizadas para os mais variados fins como: teatros, cinemas,

---

<sup>1</sup> Cadete Bombeiro Militar, perito em incêndio e explosão, graduado em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: mateushsv@cbm.sc.gov.br.

<sup>2</sup> 1º Tenente do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, perito em incêndio e explosão, graduado em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Federal de Santa Catarina, mestre em engenharia mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: wagnerm@cbm.sc.gov.br.

casas noturnas, cultos religiosos, dentre outros. A concentração de pessoas em ambientes fechados traz consigo riscos diversos, dentre eles o risco à integridade física e à vida em casos de incêndio.

Ao observar a história recente, é possível identificar muitos episódios de incêndio em edificações destinadas à reunião de público que resultaram em um elevado número de mortes. Olhando mais especificamente para as edificações destinadas à reunião de público com concentração, que têm como maior representante as casas noturnas, os números são ainda mais impressionantes. Entre os anos de 1940 e 2015, 14 grandes incêndios nesse tipo de estabelecimento registraram 2438 mortes. A Tabela 1 a seguir detalha cada um desses casos.

Tabela 1 - Os principais incêndios em casas noturnas

Ano	País	Local	Nome do estabelecimento	Número de óbitos
1940	Estados Unidos	Natchez, Mississippi	Rhythm Club	207
1942	Estados Unidos	Boston, Massachusetts	Cocoanut Grove	492
1970	França	St. Laurent du Pont	Club Cinq-Sept	143
1977	Estados Unidos	Southgate, Kentucky	Beverly Hills Supper Club	165
1990	Estados Unidos	The Bronx, New York	Happy Land	97
1996	Filipinas	Quezon City	Ozone Disco Club fire	160
2000	China	Luoyang, Henan	The Dongdu Building	309
2003	Estados Unidos	West Warwick, Rhode Island	The Station	100
2004	Argentina	Buenos Aires	República Cromañón	194
2008	China	Shenzhen, Guangdong	Wuwang Club	44
2009	Tailândia	Watthana, Bangkok	Santika Club	67
2009	Rússia	Pern	Lame Horse	154
2013	Brasil	Santa Maria, Rio Grande do Sul	Kiss	242
2015	Romênia	Bucareste	Colectiv	64

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Fogo... (2015) e Ritto (2013).

No Brasil, o caso mais recente aconteceu em janeiro de 2013. O incêndio ocorreu na boate Kiss, localizada na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, e resultou em 242 mortes. Dez anos antes, em fevereiro de 2003, um incêndio de características semelhantes deixou 100 mortos na casa noturna *The Station Nightclub*, localizada na cidade norte-americana de *West Warwick*. Embora as grandes tragédias impulsionem as alterações no conjunto de normas que dizem respeito à segurança contra incêndio e pânico, ainda são poucos os materiais científicos sobre incêndio em edificação destinada à reunião de público

com concentração. A investigação do incêndio ocorrido na boate *The Station* deu origem a uma série de estudos, os quais contribuíram para a compreensão das características desse tipo de sinistro.

O *National Institute of Standards and Technology* (NIST), instituto do governo norte-americano, ligado ao Departamento de Comércio, foi um dos principais órgãos envolvido na investigação do desastre ocorrido na boate *The Station*. O estudo possuía a finalidade de identificar as possíveis falhas que levaram ao elevado número de mortes. Ao término dele, recomendaram-se melhorias como a intensificação da exigência de instalação de sistemas de chuveiros automáticos, também conhecidos como *sprinklers*.

Baseado nesses casos, surge o seguinte questionamento: como a utilização de chuveiros automáticos em boates poderia auxiliar no aumento da segurança contra incêndio e pânico?

A partir da pergunta problema surge o objetivo geral deste trabalho: analisar o estudo realizado pelo *National Institute of Standards and Technology* sobre o incêndio na boate *The Station* e comparar as principais características do incêndio com e sem chuveiros automáticos.

O presente objetivo geral origina os seguintes objetivos específicos: identificar os principais fatores que causam prejuízos à vida humana em um incêndio e comparar o comportamento desses fatores em incêndios com e sem a utilização de chuveiros automáticos.

A fim de delimitar o objeto de estudo definiu-se que não serão realizados experimentos laboratoriais que confirmem ou refutem os resultados do estudo utilizados como base. Também não faz parte do escopo criticar os métodos utilizados pelo NIST. No que diz respeito às Instruções Normativas (IN) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), não se tem a intenção de criar IN ou editá-las, mas, sim, gerar conhecimento para futuras atualizações.

De acordo com Gil (2018), o presente trabalho é classificado como uma pesquisa exploratória, uma vez que tem o propósito de proporcionar maior familiaridade com o problema. O principal método empregado para atingir o objetivo será a pesquisa bibliográfica.

## **2 CONCEITUAÇÃO**

Para permitir a compreensão integral deste trabalho é imprescindível que o leitor conheça alguns dos termos técnicos e conceitos básicos envolvidos na atividade exercida pelos corpos de bombeiros militares. A seguir, serão apresentados os principais deles.

## 2.1 SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da norma ABNT NBR 10897 de 2014, define o sistema de chuveiros automáticos como:

Sistema integrado de tubulações aéreas e subterrâneas, alimentado por uma ou mais fontes de abastecimento automático de água, para fins de proteção contra incêndio. A parte do sistema de chuveiros automáticos acima do piso consiste em uma rede de tubulações dimensionada por tabelas ou por cálculo hidráulico, instalada em edifícios, estruturas ou áreas, normalmente junto ao teto, à qual são conectados chuveiros automáticos segundo um padrão regular, alimentado por uma tubulação que abastece o sistema, provida de uma válvula de controle e dispositivo de alarme. O sistema é ativado pelo calor do fogo e descarrega água sobre a área de incêndio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

De forma simplificada, o sistema de chuveiros automáticos é composto por uma reserva de agente extintor (normalmente água) conectada aos chuveiros automáticos por tubulações. No tipo de instalação mais utilizado, a tubulação que conecta o reservatório ao chuveiro automático permanece pressurizada por bombas hidráulicas. Em condições de normalidade, o fluxo de água é bloqueado por um elemento termossensível localizado no bico aspersor. Tal elemento, ao atingir determinadas temperaturas, se rompe desobstruindo o orifício e liberando a passagem de água. As temperaturas nominais de operação dos chuveiros automáticos são indicadas na Tabela 2

Tabela 2 - Características dos chuveiros automáticos

<b>Limites de temperatura °C</b>	<b>Cor do líquido do bulbo de vidro</b>
57 – 77	Vermelha ou laranja
79 – 107	Amarela ou verde
121 – 149	Azul
163 – 191	Roxa
204 – 246	Preta
260 – 302	Preta
343	Preta

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014).

## 2.2 LOCAL DESTINADO À REUNIÃO DE PÚBLICO COM CONCENTRAÇÃO

A Instrução Normativa 01 editada pela Diretoria de Atividades Técnicas (DAT) do CBMSC traz em seu artigo 115 as possíveis classificações de ocupação dos imóveis em Santa Catarina. Dentre elas está a reunião de público com concentração.

Classificam-se como reunião de público com concentração os auditórios ou salas de reunião com mais de 100m<sup>2</sup>, boates, clubes noturnos em geral, salões de baile, restaurantes dançantes, bares dançantes, clubes sociais, circos, teatros, cinemas, óperas, templos religiosos sem assentos (cadeira, banco ou poltrona), estádios, ginásios e piscinas cobertas com arquibancadas, arenas em geral (CBMSC, 2014a).

O caput do artigo 137 da IN 01/DAT/CBMSC determina, em seu inciso VIII, que: “nas BOATES, CASAS NOTURNAS E DANCETERIAS deve ser ainda exigido o sistema de chuveiros automáticos, para aquelas com área total construída superior a 750 m<sup>2</sup> e com PPCI protocolado após a publicação desta IN.”, a qual data de 28 de março de 2014 (CBMSC, 2014a).

### **3 O INCÊNDIO NA BOATE *THE STATION***

A casa noturna *The Station* localizava-se na Avenida Cowesett, 211, na cidade de *West Warwick, Rhode Island*, Estados Unidos. Na noite de 20 de fevereiro de 2003, a banda que se apresentava no local utilizou artefatos pirotécnicos que inflamaram a espuma para tratamento acústico que revestia as paredes e o teto do palco. O fogo se espalhou rapidamente pelas paredes e pela área do teto sobre a pista de dança. A fumaça alcançou as portas de saída em pouco mais de um minuto e as chamas romperam uma porção do telhado em menos de cinco minutos. Cem pessoas perderam a vida no incêndio (UNITED STATES OF AMERICA, 2005, tradução nossa).

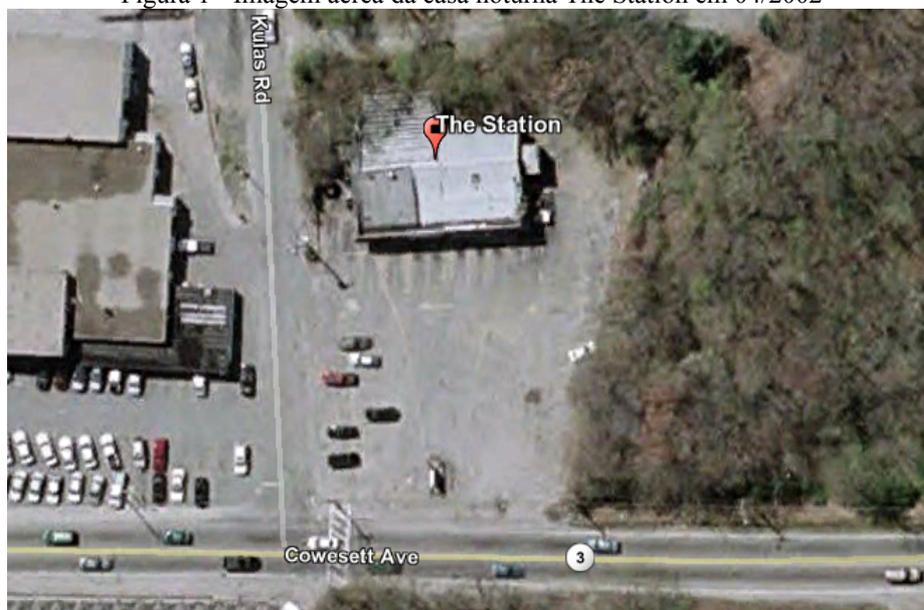
#### **3.1 A INVESTIGAÇÃO REALIZADA PELO NIST**

O *National Institute of Standards and Technology* (NIST), sob a autoridade do *National Construction Safety Team* (NCST), criou uma Equipe Nacional de Segurança da Construção em 27 de fevereiro de 2003, para determinar as prováveis causas técnicas da falha do edifício que levaram ao elevado número de mortes naquele incêndio. Dentre os objetivos da investigação estava a simulação e análise de fenômenos relacionados ao incêndio, incluindo propagação de fogo, movimento de fumaça, estudo do comportamento e resposta dos ocupantes e problemas de evacuação frente a uma situação de incêndio e pânico. Além da operação de sistemas ativos e passivos de proteção contra incêndio.

### 3.1.1 Características da Edificação

A boate *The Station* localizava-se em uma edificação de madeira de um único andar com área construída de cerca de 412 m<sup>2</sup>, além de um porão com aproximadamente 165 m<sup>2</sup> sob o bar principal. A porta principal da danceteria voltava-se para o norte e ficava a cerca de 42 metros da Avenida *Cowesett* e dava acesso a um estacionamento. A estrada *Kulas* corria ao longo do lado leste do edifício, distante cerca de 10 metros da saída lateral do bar principal. Os lados oeste e sul da edificação não possuíam acesso direto à rua. A Figura 1 a seguir mostra uma imagem aérea da edificação em abril de 2002.

Figura 1 - Imagem aérea da casa noturna The Station em 04/2002



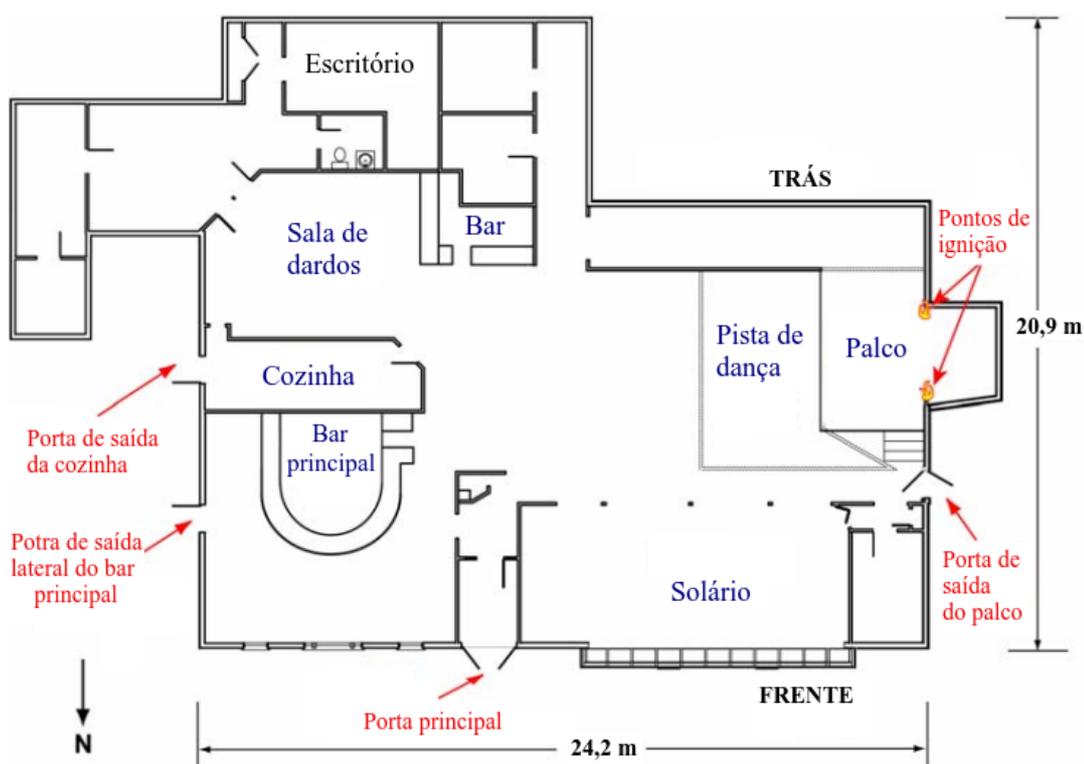
Fonte: Google Earth (2019).

Segundo United States of America (2005), a parte interna da edificação era composta pelos ambientes mostrados na Figura 2 a seguir. Partindo da porta principal encontrava-se um hall de entrada onde existia uma bilheteria. Observa-se à esquerda e abaixo a sala onde existia o bar, com janelas voltadas para a frente e uma saída para o exterior na parede esquerda. A cozinha, que também possuía saída direta para o exterior, separava a sala do bar principal de uma pequena área de concentração de pessoas (sala de dardos e um bar secundário). Nos fundos da boate havia uma área de armazenamento, escritório e banheiros.

À direita da entrada principal ficava uma área de concentração de pessoas composta por uma pista de dança, um solário/sala de bilhar, uma área de jantar elevada e uma

plataforma elevada utilizada como palco. Um vestiário ficava no canto noroeste e uma saída para o exterior localizava-se próxima ao palco. Exceto pela frente do solário, que era composta de janelas de vidro escurecido, não havia outras janelas na metade direita da boate.

Figura 2 - Planta baixa da boate The Station



Fonte: Adaptado de United States of America (2005).

A edificação em *wood frame* foi erguida em 1946 já com o intuito de abrigar uma casa noturna, sendo posteriormente utilizada com outras finalidades como casa de reuniões, restaurante e pub. Ao longo dos anos a construção passou por inúmeras reformas e alterações, sendo que as mais significativas ocorreram em decorrência de um incêndio em março de 1972 e de uma colisão de carro em junho de 2001.

### 3.1.2 A dinâmica do incêndio

Por volta das 23h07 as luzes foram apagadas e a banda subiu ao palco. Para iniciar o show, quatro dispositivos pirotécnicos foram ignificados. As faíscas quentes emitidas pelos dispositivos atingiam as paredes nos dois lados do palco. Em questão de segundos, a espuma de poliuretano em ambos os lados incendiou-se.

Onze segundos após a ignição, a banda notou as chamas e a multidão começou a perceber que o fogo não era intencional. Em 25 segundos, as chamas atingiram o teto, espalhando-se rapidamente pela espuma de poliuretano. A banda parou de tocar 30 segundos após o início do incêndio e as pessoas começaram a evacuar o local. Em 41 segundos, o alarme de incêndio soou e as luzes estroboscópicas de emergência começaram a piscar.

Em menos de 60 segundos, as centrais de emergências de *Rhode Island* começaram a receber ligações relatando um incêndio na boate. O Corpo de Bombeiros, localizado a 500 metros do local do sinistro, despachou viaturas para o atendimento da ocorrência.

Em cerca de 90 segundos, o plano neutro encontrava-se a 30 centímetros do chão. Menos de 100 segundos após a ignição, a porta principal foi bloqueada pelo congestionamento dos ocupantes que tentavam sair por ali. Os ocupantes começaram a quebrar as janelas da boate em busca de rotas de fuga alternativas. Cinco minutos após o início do incêndio (23h13) as chamas atingiram as janelas e a porta principal.

A primeira viatura do Corpo de Bombeiros chegou à cena e iniciou o combate por volta das 23h11 (6 minutos após o início do incêndio) e, por volta das 23h57, uma parte do teto da boate colapsou (UNITED STATES OF AMERICA, 2005, tradução nossa).

### **3.1.3 As simulações realizadas**

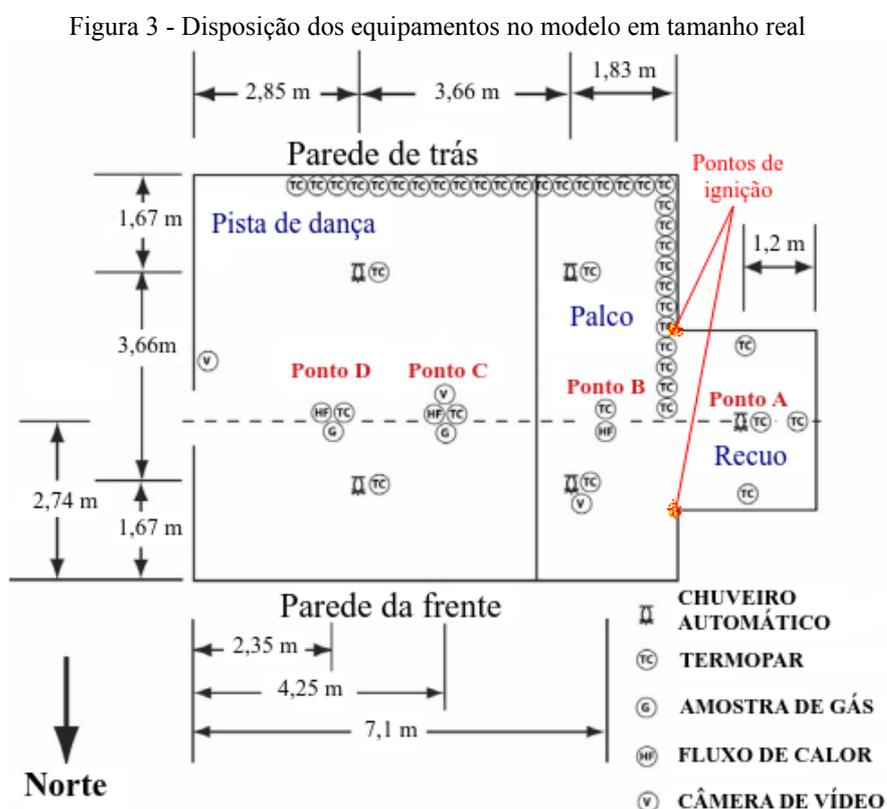
A fim de compreender questões relacionadas ao crescimento e à propagação do incêndio, como parte da investigação realizada pelo NIST, foi construído um modelo do palco e da pista de dança em tamanho real. A réplica representou aproximadamente 20% da casa noturna e recebeu os mesmos materiais de construção e acabamento da edificação original, como paredes cobertas de espuma de poliuretano, carpetes e painéis de madeira.

Com o modelo dentro de um laboratório de incêndio, utilizou-se de equipamentos pirotécnicos semelhantes aos que iniciaram o incêndio na boate *The Station* para simular incêndios controlados e coletar dados como a temperatura dos gases, o fluxo de calor e as concentrações dos gases durante a propagação do fogo. Tais dados permitiram avaliar e calibrar um modelo de simulação computacional de incêndio.

Dois testes em escala real foram realizados: um sem a utilização de chuveiros automáticos e outro utilizando-os. A partir deles, pode-se determinar o benefício do uso desse sistema em um incêndio semelhante ao que ocorreu na boate *The Station* e obter informações sobre as condições na danceteria durante a propagação das chamas.

### 3.1.4 O modelo em tamanho real

De acordo com United States (2005, tradução nossa) a sala de testes foi equipada com termopares, câmeras de vídeo, medidores de fluxo de calor, sondas de extração de gás para medir monóxido de carbono (CO), oxigênio (O<sub>2</sub>) e cianeto de hidrogênio (HCN), entre outros. Além disso, foram instalados detectores de calor de temperatura fixa e termovelocimétrico, assim como os chuveiros automáticos. A disposição dos equipamentos pode ser vista na Figura 3.



Fonte: Adaptado de United States (2005).

Nos pontos B, C e D, identificados na Figura 3, foi instalada uma sequência vertical de termopares, distantes do teto em 0,025 m, 0,30 m, 0,61 m, 0,91 m, 1,22 m, 1,52 m, 1,83 m, 2,13 m, 2,44 m, 2,74 m, 3,05 m, 3,35 m, 3,66. Cada uma das três paredes do recuo do palco também recebeu uma sequência vertical de termopares instalados em seus centros, distantes do teto em 0,30 m, 0,61 m, 0,91 m, 1,22 m, 1,52 m e 1,83 m.

Além das sequências verticais, uma sequência horizontal de termopar foi instalada a 0,30 m abaixo do teto. Os termopares foram espaçados aproximadamente 0,30 m entre si,

iniciando na linha central do recuo do palco, seguindo para o sul ao longo da parede do palco até encontrar a parede traseira e seguindo ao longo dessa por 6,1 m. Também foram posicionados termopares junto aos chuveiros automáticos.

Ao todo foram instalados cinco chuveiros de resposta rápida do tipo pendente, espaçados 3,66 m entre si, cuja temperatura de ativação era de 74 °C. Um dos aspersores foi instalado no centro da área recuada do palco, dois foram instalados sobre a área do palco e dois sobre a área da pista de dança, conforme pode ser observado na Figura 3. A instalação do sistema e seu abastecimento de água foram baseados em uma classificação de risco leve, de acordo com as normas da *National Fire Protection Association* (NFPA).

### **3.1.5 Principais fatores que causam prejuízos à vida humana em um incêndio.**

De acordo com Purser (2002, tradução nossa), um ambiente torna-se incompatível com a vida humana quando qualquer uma das seguintes situações ocorrem: a temperatura exceder 120 °C, o fluxo de calor exceder 2,5 kW/m<sup>2</sup> ou a fração de volume de oxigênio cair abaixo de 12%. Esses níveis fornecem diretrizes geralmente aceitas pela profissão de engenharia de proteção contra incêndios como levando a incapacitação rápida, mas podem ser toleradas por um curto período de tempo. O cianeto de hidrogênio e o monóxido de carbono também representam riscos significativos para os seres humanos. A menor concentração de um material capaz de causar a morte em humanos é denominado Concentração Letal Mínima, a qual, de acordo com Lewis (1995, tradução nossa), é de 0,02% para o cianeto de hidrogênio e de 0,5% para o gás carbônico, considerando-se o tempo de exposição de 5 minutos,.

### **3.1.6 Comparativo dos resultados dos experimentos com e sem chuveiros automáticos**

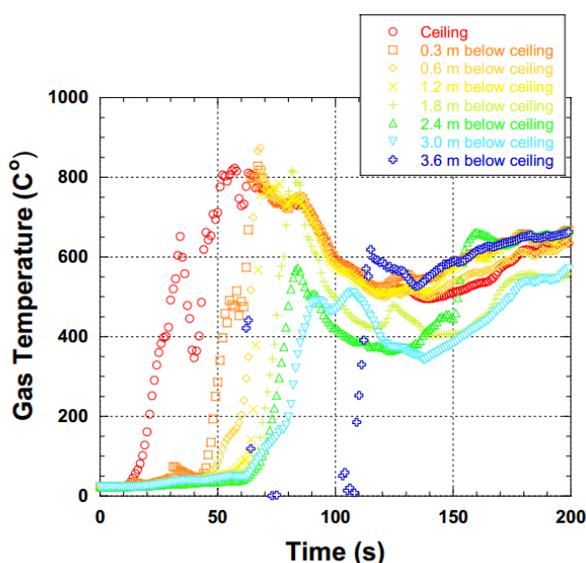
Para auxiliar na comparação do comportamento do incêndio nos experimentos realizados com e sem a utilização de chuveiros automáticos, os dados registrados durante os testes serão apresentados a seguir. A começar pelos gráficos de temperaturas em função do tempo em termopares posicionados nos pontos B, C e D indicados na Figura 3 pela sigla TC.

As Figuras 4 e 5 mostram as temperaturas registradas no ponto B para os testes sem e com chuveiros automáticos, respectivamente. Percebe-se que sem a utilização dos aspersores a temperatura no teto (*Ceiling*) aumenta a partir do 10º segundo após a ignição, ultrapassando os 800 °C em aproximadamente 50 segundos. Em pouco mais de 70 segundos, a temperatura

excedeu 120 °C a 1,4 m acima do piso (*2.4 m below ceiling*) e, após 110 segundos, a temperatura próxima ao piso (*3.6 m below ceiling*) ultrapassou os 600 °C.

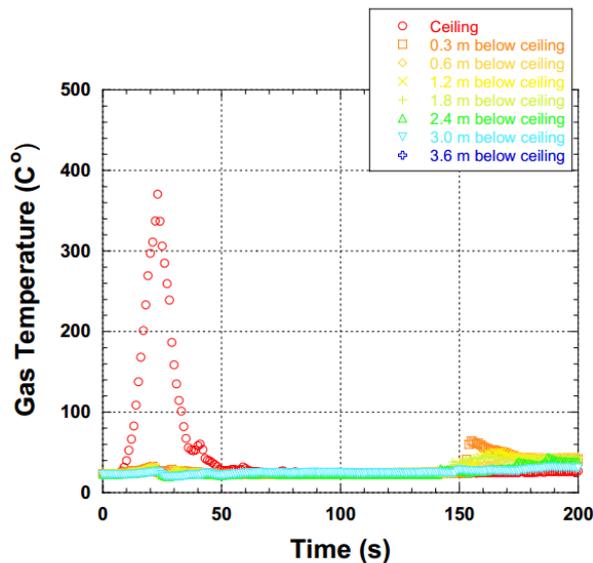
Para o teste utilizando chuveiros automáticos, a máxima temperatura registrada foi de 380 °C e ocorreu junto ao teto (*Ceiling*) cerca de 20 segundos após a ignição. Quando os aspersores foram acionados, a temperatura diminuiu rapidamente, caindo para cerca de 20 °C 40 segundos após a ignição.

Figura 4 - Temperaturas no ponto B sem chuveiro automático



Fonte: United States of America (2005).

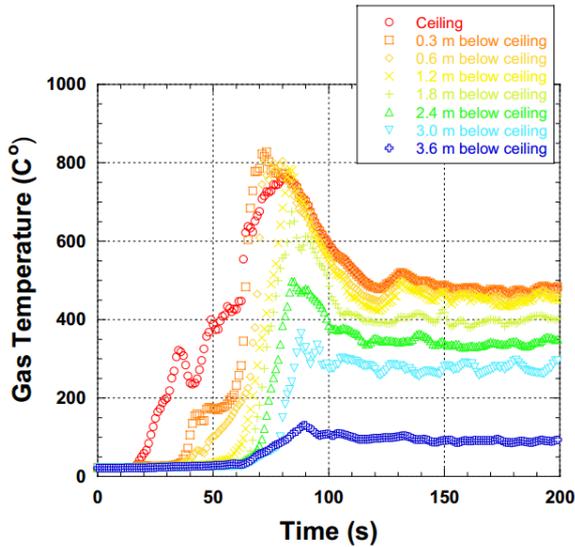
Figura 5 - Temperaturas no ponto B com chuveiro automático



Fonte: United States of America (2005).

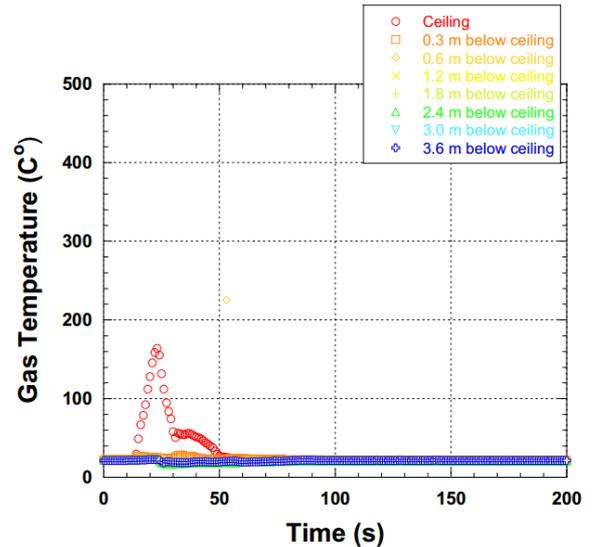
As Figuras 6 e 7 mostram as temperaturas no ponto C para os testes sem e com chuveiros automáticos, respectivamente. Observando os gráficos é possível notar que as temperaturas necessitaram de aproximadamente 15 segundos para começar a aumentar. No teste sem chuveiros automáticos a temperatura máxima de 800 °C foi atingida em cerca de 70 segundos. Em aproximadamente 76 segundos a temperatura medida a 1,4 m do solo (*2.4 m below ceiling*) atingiu 120 °C e após 90 segundos as temperaturas próximas ao solo (*3.6 m below ceiling*) atingiram 100 °C. No teste com chuveiros automáticos a temperatura no teto (*Ceiling*) atingiu um pico de 170 °C em cerca de 20 segundos e decaiu para próximo da temperatura ambiente em 60 segundos.

Figura 6 - Temperaturas no ponto C sem chuveiro automático



Fonte: United States of America (2005).

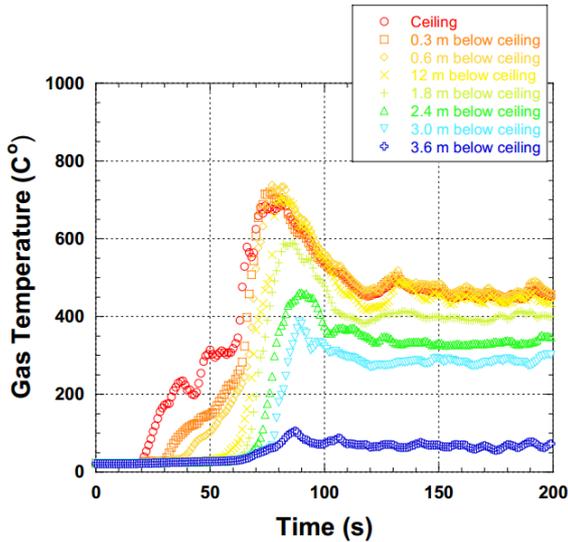
Figura 7 - Temperaturas no ponto C com chuveiro automático



Fonte: United States of America (2005).

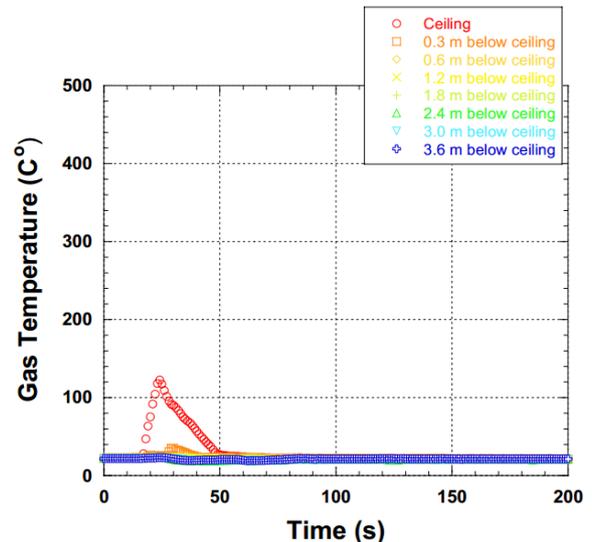
As Figuras 8 e 9 mostram as temperaturas no ponto D para os testes sem e com chuveiros automáticos, respectivamente.

Figura 8 - Temperaturas no ponto D sem chuveiro automático



Fonte: United States of America (2005).

Figura 9 - Temperaturas no ponto D com chuveiro automático



Fonte: United States of America (2005).

No teste sem chuveiros automáticos, a temperatura no teto (*Ceiling*) elevou-se a partir de 20 segundos, atingindo um máximo de 700 °C em cerca de 80 segundos. Em aproximadamente 71 segundos a temperatura a 1,4 m do solo (*2.4 m below ceiling*) atingiu 120 °C e, após

90 segundos as temperaturas próximas ao solo (*3.6 m below ceiling*) atingiram 100 °C. No teste com chuveiros automáticos a temperatura no teto (*Ceiling*) atingiu um pico de 130 °C em cerca de 20 segundos e declinaram para perto da temperatura ambiente em 60 segundos.

De acordo com os gráficos das figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9 é possível perceber que, para os três pontos analisados, as temperaturas registradas nos dois testes evoluem de forma semelhante até o 25º segundo, momento em que é acionado o sistema de chuveiros automáticos. Tal repetitividade das curvas de temperatura indica a similaridade do fogo aplicado em ambos os ensaios. Percebe-se ainda que no teste com chuveiros automáticos as temperaturas registradas nos termopares abaixo de 0,3 metro do teto foram muito próximas da temperatura ambiente.

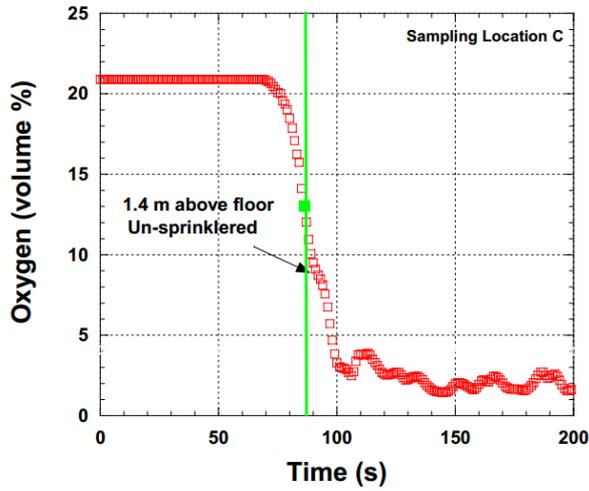
Além da medição de temperatura, também foram aferidas as taxas de trocas térmicas. No ponto B foram instalados um radiômetro elíptico junto ao teto direcionado para baixo e um medidor de fluxo de calor junto ao piso do palco direcionado para cima. Nos pontos C e D foram instalados um radiômetro elíptico junto ao teto direcionado para baixo e dois medidores de fluxo de calor 1,5 m acima do piso, direcionados para cima e para o palco.

No teste realizado sem a utilização de chuveiros automáticos os fluxos de calor registrados nos pontos C e D atingiram 2,5 kW/m<sup>2</sup> em aproximadamente 60 segundos a contar da ignição. Os valores máximos ocorreram após 70 segundos, alcançando cerca de 50 e 40 kW/m<sup>2</sup> nos pontos C e D respectivamente. No teste utilizando chuveiros automáticos não foram observadas variações significativas nos fluxos térmicos registradas pelos equipamentos instalados nos pontos C e D.

Os experimentos também contaram com sondas de extração de amostras gasosas, instaladas a 1,4 m acima do piso nos pontos C e D, conforme indicado pela letra G na Figura 3. Tais equipamentos foram utilizados para a medição dos níveis de O<sub>2</sub>, CO e HCN na atmosfera do ambiente incendiado.

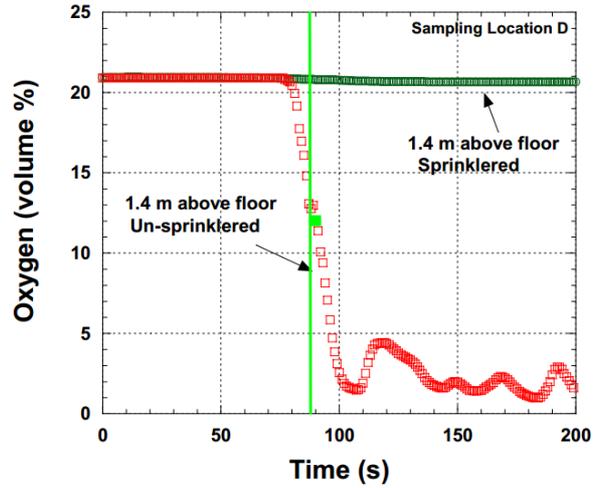
As Figuras 10, 11, 12, 13, 14 e 15 apresentam os gráficos das frações de volume dos gases O<sub>2</sub>, CO e HCN para os experimentos de queima com e sem a utilização de chuveiros automáticos medidas a 1,4 m do piso nos pontos C e D. As linhas verdes na vertical indicam os momentos a partir dos quais a concentração de cada gás atinge limites letais à vida humana durante o teste de queima sem chuveiro automático. Percebe-se que o gráfico da Figura 10 não apresenta os níveis de oxigênio no ponto C durante o teste sem chuveiro automático. Isso porque um equipamento de medição apresentou defeito durante o experimento.

Figura 10 - Níveis de O<sub>2</sub> no ponto C a 1,4 m do piso



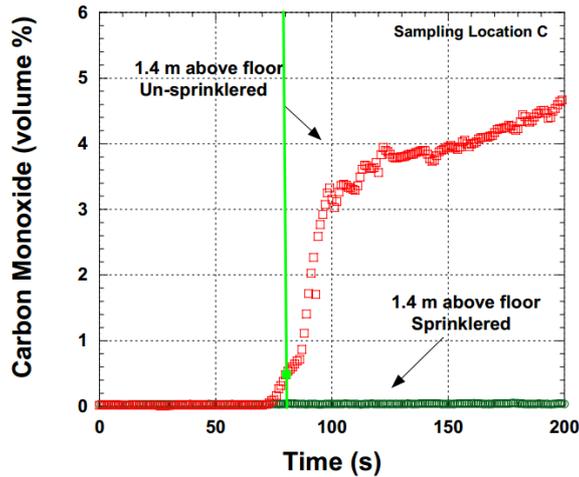
Fonte: Adaptado de United States of America (2005).

Figura 11 - Níveis de O<sub>2</sub> no ponto D a 1,4 m do piso



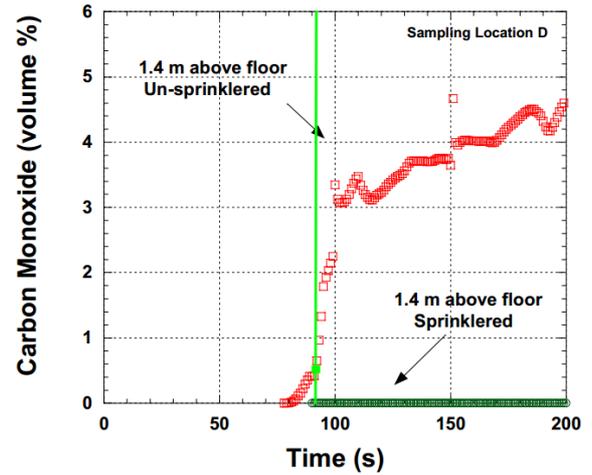
Fonte: Adaptado de United States of America (2005).

Figura 12 - Níveis de CO no ponto C a 1,4 m do piso



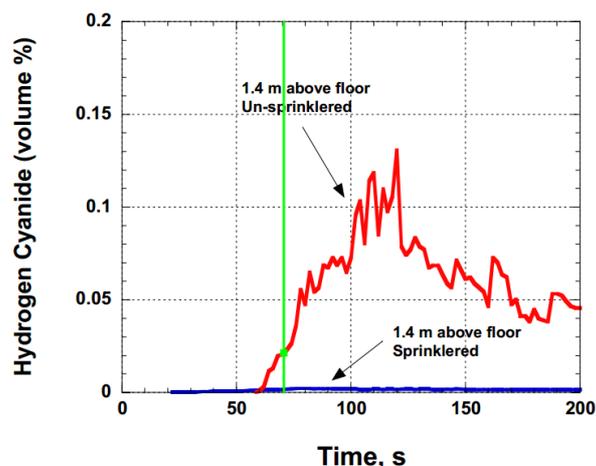
Fonte: Adaptado de United States of America (2005).

Figura 13 - Níveis de CO no ponto D a 1,4 m do piso



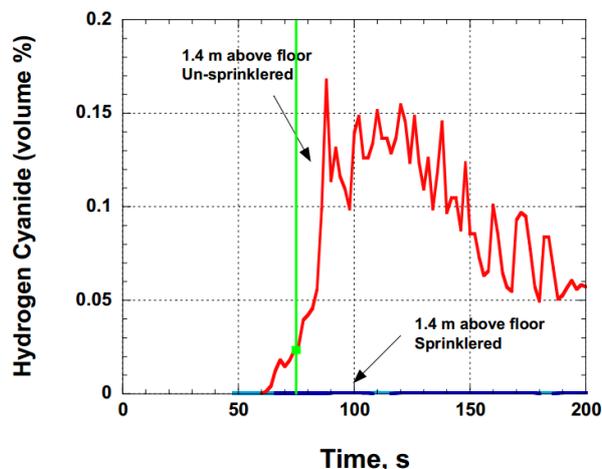
Fonte: Adaptado de United States of America (2005).

Figura 14 - Níveis de HCN no ponto C a 1,4 m do piso



Fonte: United States of America (2005).

Figura 15 - Níveis de HCN no ponto D a 1,4 m do piso

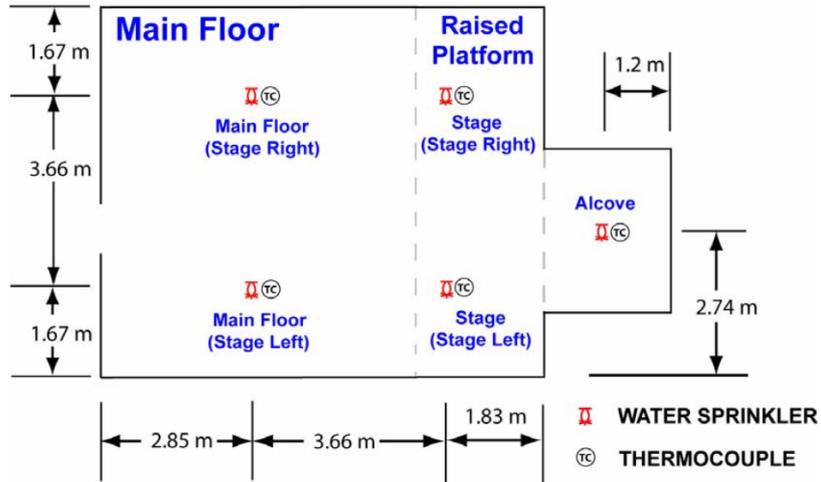


Fonte: United States of America (2005).

Para o experimento realizado sem a utilização de chuveiros automáticos observa-se que os níveis de  $O_2$  e  $CO$  começam a apresentar variações a partir de 70 segundos após a ignição, enquanto os percentuais de HCN na atmosfera apresentam variação a partir de 60 segundos. Nota-se ainda que as frações de volume de oxigênio estavam abaixo de 12% aos 90 segundos e flutuaram entre 1% e 4% após aproximadamente 100 segundos. As frações volumétricas de monóxido de carbono eram superiores a 0,5% nos pontos C e D em 82 e 92 segundos respectivamente, atingindo cerca de 4,5% em ambos os pontos após 200 minutos. As frações volumétricas de cianeto de hidrogênio atingiram níveis superiores a 0,02% em menos de 75 segundos para ambos os pontos de medição, chegando a picos de 0,13% e 0,17% nos pontos C e D em 120 e 90 segundos respectivamente.

Durante o teste de queima utilizando os chuveiros automáticos, as concentrações de oxigênio, monóxido de carbono e cianeto de hidrogênio não apresentaram variações significativas em relação às concentrações atmosféricas em ambos os pontos de medição. Nesse teste, o primeiro aspersor a ser acionado localizava-se acima da área do palco, mais próximo à parede frontal da edificação (identificado na Figura 16 como *Stage Left*) e foi ativado em 23 segundos. O aspersor localizado acima da área do palco, mais próximo da parede traseira (identificado na Figura 16 como *Stage Right*), foi o segundo a ser acionado, disparando em 26 segundos. Um segundo depois, o aspersor localizado no centro da área recuada do palco foi acionado. Os demais aspersores permaneceram inativos.

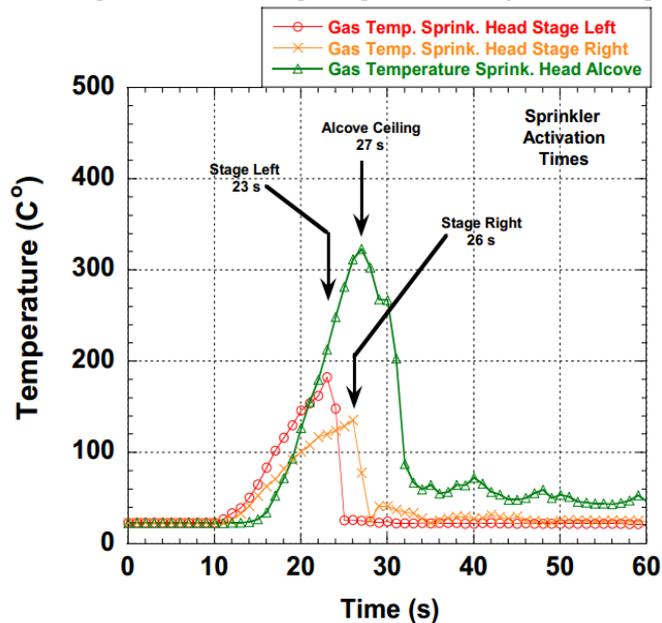
Figura 16 - Posicionamento dos chuveiros automáticos



Fonte: United States of America (2005).

As temperaturas monitoradas por termopares posicionados ao lado dos aspersores são mostradas no gráfico da Figura 17. A série grafada em vermelho corresponde ao primeiro aspersor a ser ativado, percebe-se um aumento da temperatura em seu entorno até aproximadamente 180 °C antes do elemento termossensível se romper. As séries grafadas em laranja e verde correspondem respectivamente ao segundo e ao terceiro aspersor a serem ativados. Nota-se que, embora as temperaturas no entorno dos aspersores foram bastante distintas, os equipamentos acionaram quase que simultaneamente.

Figura 17 - Temperatura nos termopares posicionados juntos aos aspersores



Fonte: United States of America (2005).

A Tabela 3 a seguir compara os limites de incompatibilidade com a vida humana aos dados coletados durante os experimentos de queima com e sem chuveiros automáticos.

Tabela 3 - Tempo para atingir o critério de incompatibilidade com a vida ou o valor máximo atingido

	<b>Temperatura &gt; 120 °C</b>	<b>Fluxo de calor &gt; 2,5 kW/m<sup>2</sup></b>	<b>O<sub>2</sub> &lt; 12 %</b>	<b>CO &gt; 0,5 %</b>	<b>HCN &gt; 0,02 %</b>
<b>Com chuveiros automáticos</b>					
Ponto B	< 28 °C	Sem medição	Sem medição	Sem medição	Sem medição
Ponto C	< 24 °C	< 0,32 kW/m <sup>2</sup>	Sem medição <sup>3</sup>	< 0,002 %	< 0,004 %
Ponto D	< 24 °C	< 0,21 kW/m <sup>2</sup>	> 20,6 %	< 0,04 %	< 0,0006 %
<b>Sem chuveiros automáticos</b>					
Ponto B	71 segundos	Sem medição	Sem medição	Sem medição	Sem medição
Ponto C	76 segundos	61 segundos	87 segundos	82 segundos	71 segundos
Ponto D	71 segundos	61 segundos	85 segundos	92 segundos	75 segundos

Fonte: Adaptado a partir de United States of America (2005).

De acordo com os resultados experimentais expostos na Tabela 3, o tempo necessário para o ambiente incendiado sem a utilização de chuveiros automáticos atingir os limites de incompatibilidade com a vida humana é curto. Em pouco mais de 60 segundos o fluxo de calor atinge 2,5 kW/m<sup>2</sup> e, antes de 90 segundos, todos os cinco critérios supracitados extrapolam os limites compatíveis com a vida humana.

Por outro lado, o incêndio com a utilização de chuveiros automáticos não chegou a desenvolver-se, por esse motivo, nenhum dos cinco critérios analisados atingiram limites considerados letais aos seres humanos.

Embora a estrutura da boate *The Station* fosse de madeira (*wood frame*), os resultados obtidos nos experimentos em tamanho real são válidos para diferentes métodos construtivos. Nota-se que em menos de dois minutos, ou seja, antes mesmo de o fogo atingir a parte estrutural, as condições de fluxo de calor, temperatura e concentração de O<sub>2</sub>, CO e HCN já não eram compatíveis com a vida.

Vale ressaltar que os testes simularam um cenário único e seus resultados devem ser extrapolados para outras edificações com cautela, uma vez que fatores como a altura do pé direito, a proximidade do chuveiro com o foco do incêndio, o tipo de material combustível, podem influenciar na efetividade do sistema de chuveiros automáticos.

<sup>3</sup> O sensor de medição apresentou falha durante o experimento.

### 3.1.7 Recomendações do NIST

Visando aumentar a segurança da população e evitar novas tragédias como o incêndio na boate *The Station*, a investigação realizada pelo NIST gerou uma série de recomendações, dentre elas destacam-se a exigência de chuveiros automáticos para todas as boates novas e para as existentes com lotação superior a 100 pessoas e a proibição da substituição de chuveiros automáticos por sistemas que reduzam o tempo de evacuação.

Quanto aos materiais utilizados no acabamento/revestimento das edificações, recomendou-se a proibição da utilização de espuma de poliuretano não retardante e outros materiais que inflamem e propaguem chamas tão rapidamente em todas as boates novas e existentes, além da restrição da utilização de dispositivos pirotécnicos em boates.

Referente ao projeto de vias para abandono do local, recomendou-se considerar que: 1,5 minuto é o tempo máximo admissível para a evacuação de boates similares ou menores que a *The Station*; uma saída poderá ficar inacessível em uma evacuação de emergência e; no mínimo, dois terços dos ocupantes sairá pela saída principal.

Analisando as Instruções Normativas do CBMSC sobre esses pontos, nota-se que a IN01/DAT/CBMSC exige sistema de chuveiros automáticos para boates maiores do que 750 m<sup>2</sup> construídas após março de 2014. Ressalta-se que as boates Kiss e The Station possuíam menos do que 750 m<sup>2</sup>. A IN09/DAT/CBMSC determina que o cálculo de lotação máxima de boates seja realizado com base na área da edificação, adotando uma concentração de 2 pessoas/m<sup>2</sup>. Logo, exigem-se chuveiros automáticos para boates com lotação máxima superior a 1500 pessoas. A mesma IN também exige que casas noturnas com mais de 100 m<sup>2</sup> possuam, no mínimo, 2 portas e que 50% a 70% delas estejam localizadas no acesso principal.

A IN18/DAT/CBMSC prevê que o revestimento de parede, divisória, teto, forro, decoração e materiais termoacústicos devem ser incombustíveis, retardantes de chama ou não propagantes de chamas, além de desautorizar a utilização de PVC para tetos e forros e de poliestireno expandido (EPS) ou espumas em teto, forro, decorações, material termoacústico. Enquanto a IN27/DAT/CBMSC proíbe a utilização de qualquer artefato pirotécnico no interior das edificações.

Comparando as recomendações feitas pelo NIST em 2005 com as normas de segurança contra incêndio e pânico vigentes em Santa Catarina, percebe-se um forte alinhamento, havendo contudo diferenças nos rigores exigidos. Isso indica que o incêndio da

boate *The Station* e suas investigações influenciaram, direta ou indiretamente, as normas catarinenses.

#### **4 CONCLUSÃO**

O presente trabalho analisou o estudo realizado pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST) sobre o incêndio na boate *The Station* e comparou as principais características do incêndio com e sem chuveiros automáticos. Para isso, foram identificados como os principais causadores de prejuízos à vida humana os seguintes fatores: a temperatura, o fluxo térmico e as concentrações de O<sub>2</sub>, CO e HCN no ambiente.

Comparou-se o comportamento desses fatores nos testes com e sem a utilização de chuveiros automáticos realizados pelo NIST e concluiu-se que: para a situação simulada da boate *The Station*, a utilização do equipamento foi suficiente para debelar o incêndio em seu princípio, evitando que todos os fatores analisados atingissem níveis incompatíveis com a vida humana. Para o teste sem a utilização de chuveiros automáticos, foram necessários menos de 2 minutos para que todos os fatores ultrapassassem os limites compatíveis com a vida.

O estudo contribuiu para o aumento da compreensão sobre os fenômenos envolvidos no incêndio e sobre como a utilização de chuveiros automáticos em boates pode auxiliar no aumento da segurança em casos de incêndio e pânico. Ainda, o estudo poderá ser utilizado como apoio para a edição de normas de segurança contra incêndio e pânico, ajudando a minimizar os riscos e contribuindo com o ciclo operacional de Bombeiro.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10897**:Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos: Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

CBMSC. **Instrução Normativa 001/DAT/CBMSC**, de 28 de março de 2014. Da Atividade Técnica. Florianópolis, 2014a. Disponível em:[https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo\\_pdf/IN/IN\\_01\\_17-04-2015.pdf](https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_01_17-04-2015.pdf). Acesso em: 07 mar. 2019.

CBMSC. **Instrução Normativa 009/DAT/CBMSC**, de 28 de março de 2014. Sistemas de Saída de Emergência, 2014. Disponível em:[https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo\\_pdf/IN/IN\\_29\\_06\\_2014/IN\\_09.pdf](https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_29_06_2014/IN_09.pdf). 2019. Acesso em: 07 mar. 2019.

CBMSC. **Instrução Normativa 015/DAT/CBMSC**, de 23 de julho de 2018. Sistema de Chuveiros Automáticos. Florianópolis, 2018. Disponível em:[https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo\\_pdf/IN/2018/IN\\_015\\_SPk\\_17julho2018.pdf](https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/2018/IN_015_SPk_17julho2018.pdf). Acesso em: 07 mar. 2019.

CBMSC. **Instrução Normativa 018/DAT/CBMSC**, de 28 de março de 2014. Controle de Materiais de Revestimento e Acabamento. Florianópolis, 2014. Disponível em:[https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo\\_pdf/IN/IN\\_18\\_DAT\\_2016\\_12\\_01.pdf](https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_18_DAT_2016_12_01.pdf). Acesso em: 07 mar. 2019.

CBMSC. **Instrução Normativa 030/DAT/CBMSC**, de 28 de março de 2014. Armas, Munições, Explosivos e Fogos de Artifício. Florianópolis, 2014. Disponível em:[https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo\\_pdf/IN/IN\\_29\\_06\\_2014/IN\\_30.pdf](https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_29_06_2014/IN_30.pdf). Acesso em: 07 mar. 2019.

FOGO em casa noturna em Bucareste deixa pelo menos 27 mortos. **G1**, São Paulo. 30 out. 2015. Mundo . Disponível em: <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2015/10/explosao-em-casa-noturna-em-bucareste-deixa-mortos.html>. Acesso em: 02 mar. 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2018.

Lewis, Richard.J., **Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials**, 9. ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1995

PURSER, David A., **Toxicity Assessment of Combustion Products**. 3. ed. Society of Fire Protection Engineers, Bethesda, 2002. Disponível em: [http://ogneborec.su/files/uploads/files/0460561\\_8A68C\\_sfpe\\_handbook\\_of\\_fire\\_protection\\_engineering.pdf](http://ogneborec.su/files/uploads/files/0460561_8A68C_sfpe_handbook_of_fire_protection_engineering.pdf). Acesso em: 05 mar. 2019.

RITTO, Cecília. Depois do fogo: como a ciência encontra os culpados em um incêndio. **Veja**, São Paulo, 03 fevereiro 2013. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/brasil/depois-do-fogo-como-a-ciencia-encontra-os-culpados-em-um-incendio/>. Acesso em 28 fevereiro 2019

**United States of America. Department of Commerce. National Institute of Standards and Technology**. Vol. I. Washington: NIST, 2005. Disponível em:[https://ws680.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=100988](https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=100988). Acesso em 15 fev. 2019.