

DIEGO COIMBRA RIBEIRO

**POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM EM PROJETOS DE
PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS
UM ESTUDO DE CASO EM UM DEPÓSITO DE PLÁSTICO PET**

SÃO PAULO

2022

DIEGO COIMBRA RIBEIRO

**POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM EM PROJETOS DE
PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS
UM ESTUDO DE CASO EM UM DEPÓSITO DE PLÁSTICO PET**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho

SÃO PAULO

2022

RESUMO

RIBEIRO, Diego Coimbra. **Potencial da utilização da metodologia BIM em projetos de prevenção e combate a incêndios. Um estudo de caso em um depósito de plástico PET.** 2022.71f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

O presente estudo visa apresentar e discutir a potencialidade da utilização da metodologia BIM em processos de Proteção Contra Incêndio e, para isso, foi apresentado um estudo de caso da implantação de um Centro Logístico com depósito de fardos de garrafas PET, onde foi aplicado os métodos já conhecidos desta utilização. Primeiramente foi apresentado um conteúdo bibliográfico sobre as definições de fogo, incêndio, segurança contra incêndio e BIM, e foi apresentado o comparativo entre os métodos convencionais e os métodos que se fundamentam no uso de BIM. Em seguida, foram apresentados trabalhos já publicados sobre o tema e a aplicabilidade dos conceitos por eles expostos. O estudo de caso teve como objetivo verificar a efetividade destes métodos e levantar as vantagens e desvantagens do uso de BIM nos processos de projeto e operação das medidas de contra incêndio. Por fim, com a apresentação dos resultados obtidos foi possível constatar o potencial deste tipo de utilização da metodologia BIM e compreender como esta tecnologia tem se desenvolvido, bem como, entender as dificuldades que este tipo de método pode sofrer para ser implantado. Concluiu-se que há um potencial a ser explorado no uso do BIM em sistemas de proteção contra incêndio, porém há a necessidade de avanços em pesquisa e em incentivos governamentais para a criação de edifícios tecnologicamente seguros.

Palavras chaves: BIM. Interoperabilidade. Sistema de Proteção Contra Incêndios

ABSTRACT

RIBEIRO, Diego Coimbra. **Potencial da utilização da metodologia BIM em projetos de prevenção e combate a incêndios. Um estudo de caso em um depósito de plástico PET.** 2022.71f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

This study aims to present and discuss the potential of using the BIM methodology in Fire Safe processes, for a case study of the implementation of a Logistics Center with storage for PET bottle recycle bales were presented, where were applied the known methods for this use. First, was present bibliographic content with definitions of fire, fire safety, and BIM, in addition to presenting the comparison between conventional methods and methods based on the use of BIM. Then, works already published on the subject and the applicability of the concepts exposed by them was presented. The case study aimed to verify the effectiveness of these methods, and raise the advantages and disadvantages of the use of BIM in the design and operation processes of fire protection measures. Finally, with the presentation of the results obtained, it was possible to verify the potential of this use of BIM and to understand how this technology has been developed, as well as understand the difficulties that this type of method can suffer to be implemented. It was concluded that there is a potential to be explored with the use of BIM in fire protection systems, but there is a need for advances in research and government incentives for the creation of technologically safe buildings.

Keywords: BIM. Interoperability. Fire Protection System

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Incêndio natural causado por raios	14
Figura 2 - Funcionamento de uma máquina a vapor	15
Figura 3 - Incêndio no Edifício Andraus em 1972.....	16
Figura 4 - Incêndio no Edifício Joelma.....	16
Figura 5 - Curva temperatura–tempo de um incêndio	17
Figura 6 - Sinalização de proibição	28
Figura 7 - Sinalização de Alerta.....	28
Figura 8 - Sinalização de orientação e salvamento	29
Figura 9 - Sinalização de equipamentos	29
Figura 10 - Adoção de BIM no mundo ao longo dos anos.....	38
Figura 11 - O BIM no ciclo de vida da construção	40
Figura 12 - As etapas previstas da Estratégia BIM BR para a implementação do BIM.....	42
Figura 13 - Uso do BIM por continente.....	44
Figura 14 - Gráfico de estrutura de gerenciamento de desastres baseado no modelo BIM	45
Figura 15 - Disposições dos Blocos da Edificação	54
Figura 16 - Exigência para edificações classificadas como J-4.....	56
Figura 17 - Verificação de conflito entre a rota de acesso da viatura e o sistema de hidrantes.....	61
Figura 18 - TRF dos elementos e dos espaços	62
Figura 19 - Tabela de Categoria de Risco e TRF dos espaços	63
Figura 20 - Tabela de Classes de Materiais por ambiente	64
Figura 21 - Simulação da Iluminação de Emergência	66
Figura 22 - Modelo 3D do sistema de hidrantes	68
Figura 23 - Vista do modelo 3D do sistema de hidrantes	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sistema Global da Segurança contra Incêndio	21
Quadro 2 - Necessidades da Segurança Contra Incêndio x vantagens do uso do BIM.....	48
Quadro 3 - Vantagens e desvantagens da aplicabilidade BIM em processos de proteção contra incêndio	69

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BIM	<i>Building Information Modeling</i>
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção.
CBMESP	Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
IT	Instrução Técnica
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
TRF	Tempo de Resistencia ao Fogo
TRRF	Tempo Requerido de Resistencia ao Fogo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
2	REVISÃO LITERÁRIA	14
2.1	SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS	14
2.1.1	Características de um incêndio.....	17
2.1.2	Definição de Segurança Contra Incêndio	19
2.1.3	Prevenção do Incêndios	24
2.1.4	Proteção Contra Incêndios	24
2.1.4.1	Medidas De Proteção Passiva.....	25
2.1.4.2	Medidas de Proteção Ativa	30
2.1.5	Combate ao incêndio	34
2.1.6	Meios de escape	35
2.1.7	Gerenciamento.....	36
2.2	BIM (<i>BUILDING INFORMATION MODELING</i>)	37
2.2.1	História do BIM	37
2.2.2	Definição do BIM.....	39
2.2.3	Interoperabilidade na metodologia BIM.....	40
2.2.4	BIM no cenário nacional	41
2.3	BIM E A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS	44
2.3.1	Simulação de incêndio com uso de BIM	46
2.3.2	Edifícios inteligentes.....	46
2.3.3	Interação entre BIM e os sensores inteligentes.....	47
2.3.4	Plano de abandono com o uso de BIM	47
3	MATERIAIS E METODOS	51

3.1	MATERIAIS UTILIZADOS	51
3.2	OBJETO DE ESTUDO	53
3.3	MÉTODOS	55
3.3.1	Acesso de viatura na edificação	57
3.3.2	Segurança Estrutural Contra Incêndio	57
3.3.3	Compartimentação Horizontal ou de Áreas	57
3.3.4	Controle de Materiais de Acabamento.....	57
3.3.5	Saídas de Emergência.....	58
3.3.6	Gerenciamento de Risco de Incêndio.....	58
3.3.7	Brigada de Incêndio	58
3.3.8	Iluminação de Emergência	58
3.3.9	Alarme de Incêndio.....	59
3.3.10	Sinalização de Emergência.....	59
3.3.11	Extintores	59
3.3.12	Hidrantes e Mangotinhos.....	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1	RESULTADOS	61
4.1.1	Acesso de viatura na edificação	61
4.1.2	Segurança Estrutural Contra Incêndio	62
4.1.3	Compartimentação Horizontal ou de Áreas	63
4.1.4	Controle de Materiais de Acabamento.....	64
4.1.5	Saídas de Emergência.....	64
4.1.6	Gerenciamento de Risco de Incêndio.....	65
4.1.7	Brigada de Incêndio	65
4.1.8	Iluminação de Emergência	66
4.1.9	Alarme de Incêndio.....	66
4.1.10	Sinalização de Emergência.....	67

4.1.11	Extintores	67
4.1.12	Hidrantes e Mangotinhos.....	67
4.2	DISCUSSÃO	69
5	CONCLUSÃO.....	70

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico observado na área da Construção Civil nas últimas décadas, transformou a forma como as várias fases de uma edificação são projetadas, operadas e analisadas. Hoje em dia, mesmo em edificações de pequeno porte, a multidisciplinaridade é imprescindível para a análise e tomadas de decisões no desenvolvimento da obra (SOUZA, 2021).

Uma pequena edificação necessita que ao menos os aspectos arquitetônicos, estruturais, elétricos e hidráulicos sejam analisados de forma conjunta. Se aumentarmos a proporção da edificação em análise, haverá a necessidade que diversas outras disciplinas trabalhem de forma conjunta e, para o bom andamento tanto da fase de obra quanto da fase operacional da edificação, é obrigatório que essas disciplinas se comuniquem através de um sistema que consiga agrupar as diferentes informações e fornece-las de forma íntegra e eficiente (GHALENOEI, SAGHATFOROUSH e REZVANI, 2020). Para isso, o uso de um banco de dados que automatize os processos de comunicação entre disciplinas é fundamental (BORGES, 2012).

Essa problemática foi observada já em meados dos anos 70, quando o Professor Charles Eastman publicou no *Journal of the American Institute of Architects* seu artigo científico intitulado “O uso de computadores como alternativa aos desenhos na Construção”.

[Projetado por] " ... definir elementos de forma interativa ... deriva[ndo] seções, planos isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos ... Qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros. Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes ... qualquer tipo de análise quantitativa poderia ser ligada diretamente à descrição ... estimativas de custos ou quantidades de material poderiam ser facilmente geradas ... fornecendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas ... verificação de código de edificações automatizado na prefeitura ou no escritório do arquiteto. Empreiteiros de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para a programação e para os pedidos de materiais." (EASTMAN, 1975)

No decorrer das últimas décadas este conceito evoluiu e deu origem a metodologia BIM, que, de acordo com Eastman, “quando implementado de maneira apropriada, facilita um processo de projeto e construção mais integrado que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzidos” (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014).

As características desta metodologia se mostraram ainda mais benéficas devido ao conceito de interoperabilidade aplicado ao BIM, que proporcionou a interação com softwares exclusivos de diferentes áreas, possibilitando a troca de informações do projeto de forma legítima e atualizada (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014)

É neste ponto que este trabalho se desenvolve. Na aplicação da metodologia BIM voltada aos parâmetros de Segurança Contra Incêndio, não apenas na fase projetual, mas sua potencialidade em todo o ciclo de vida de uma edificação, como proposto por Mitidieri.

“Para se obter um nível aceitável de segurança contra incêndio e por parcelas ponderáveis de custo, faz-se necessário um estudo mais amplo e aprofundado. É preciso conhecer os objetivos de segurança contra incêndio e saber como atuar na prevenção e proteção, desde o anteprojeto até a construção, passando pela própria operação e manutenção de um edifício.” (MITIDIERI, 1998)

Se considerarmos que o período entre a concepção projetual e o término da construção de uma edificação é de aproximadamente de 2 à 3 anos, e que a fase operacional desta mesma edificação será de 30 à 40 anos, podemos afirmar que as chances de casos de sinistros têm maior probabilidade de ocorrerem na fase operacional (GHALENOEI, SAGHATFOROUSH e REZVANIAN, 2020). Sendo assim, se conseguirmos expandir as funcionalidades da metodologia BIM para além da fase projetual, e aplica-las como um sistema automático de controle e auxílio a operação em situações de emergência, na intenção de melhorar a eficiência das medidas passivas e ativas, será um grande avanço na prevenção à incêndios (SEITO, GILL, *et al.*, 2008)

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é conceituar a metodologia BIM e os processos de prevenção e combate à incêndios, além de apresentar as vantagens já conhecidas da aplicabilidade da metodologia BIM em projetos de proteção contra incêndios, comparando com os métodos mais utilizados atualmente.

1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema se deu pelo fato de que, mesmo com o crescimento exponencial do uso do BIM no mundo inteiro e da sua influência na modernização da indústria da AEC, há uma falta de material específico para o uso dessa ferramenta em projetos de segurança contra incêndio, explorando a aplicação prática dos conceitos de modelagem da informação no ciclo de vida de um empreendimento.

As funcionalidades deste método ultrapassam as medidas preventivas e mitigatórias, e expande o seu alcance para casos práticos, onde tomadas de decisões devem ser tomadas de acordo com a situação apresentada, auxiliando os ocupantes da edificação, a brigada de incêndio e os profissionais que irão atuar diretamente no combate ao incêndio.

2 REVISÃO LITERÁRIA

2.1 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

A descoberta do fogo pelo homem trouxe um grande avanço tecnológico para a sociedade, influenciando desde a redução na ingestão de toxinas através do cozimento de alimentos até a possibilidade da expansão geográfica para lugares mais frios, graças ao calor emitido pelas fogueiras. Porém, muitos pesquisadores acreditam que o primeiro contato do homem com o fogo se deve à um incêndio, ou seja, um fogo descontrolado, provavelmente causado por meios naturais (SANDGATHE e DIBBLE, 2017) (Figura 1). Desde então, um dos aspectos que distinguiram entre o progresso e a destruição originados pelo fogo foi o controle sobre este elemento.

Figura 1 - Incêndio natural causado por raios



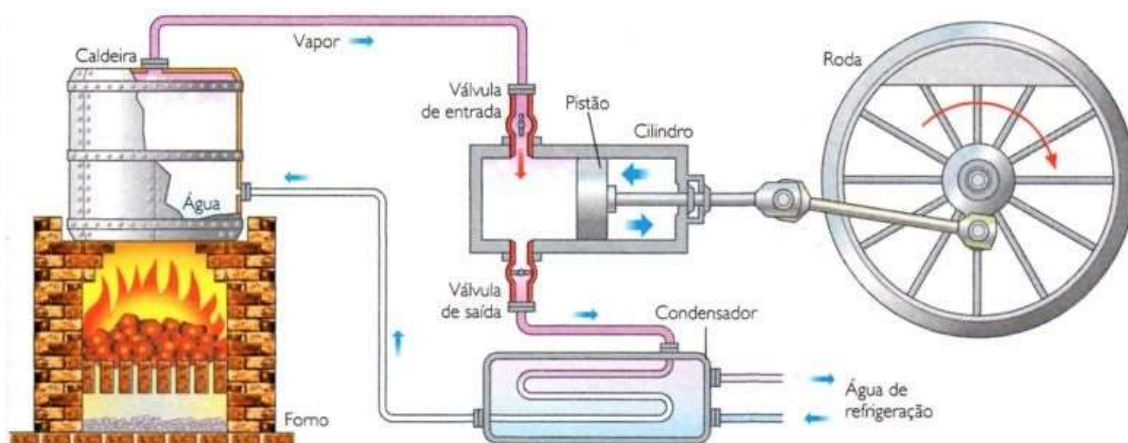
Fonte: Grant Rolph/Higgins Storm Chasing

Segundo Seito et. al. (2008) “o homem sempre quis dominar o fogo...Ele controlava a ignição. Entretanto não controlava o fogo, que vinha de relâmpagos

e vulcões”, isso fez com que o homem venerasse o fogo e associasse seus efeitos aos castigos dos deuses.

Com o domínio do fogo pelo homem houve uma aceleração no desenvolvimento da sociedade e possibilitou grandes marcos como a criação da forja do aço, fabricação de utensílios de cerâmica e a máquina a vapor (Figura 2), elemento muito utilizado na Revolução Industrial e que alavancou o processo de industrialização nos trazendo ao estágio tecnológico atual (CEPA, 1999).

Figura 2 - Funcionamento de uma máquina a vapor



Fonte: Rede mundial de computadores

Em contrapartida, grandes perdas também foram vistas no decorrer da história, ocasionados pela falta de controle do fogo, seja por incêndios naturais, acidentais ou criminosos. Esses desastres, porém, não foram totalmente maléficos, pois serviram de alerta para a necessidade da criação de medidas de prevenção à incêndios (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

No Brasil, apenas no início da década de 70 começaram as primeiras definições e regulamentações relacionadas a prevenção à incêndios, impulsionada por dois grandes incêndios: o incêndio no Edifício Andraus em 24 de fevereiro de 1972 (Figura 3), que resultou em 16 mortos e 336 feridos, e o incêndio no Edifício Joelma em 1º de fevereiro de 1974 (Figura 4), que resultou em 169 mortos e 320 feridos (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

Figura 3 - Incêndio no Edifício Andraus em 1972



Fonte: Pinterest/Reprodução

Figura 4 - Incêndio no Edifício Joelma



Fonte: Wikimedia Commons

Desde então, a legislação brasileira relacionada a segurança contra incêndio sofreu diversas alterações, buscando a atualização das medidas de acordo com evolução do comportamento da sociedade e a modernização dos elementos que influenciam nos aspectos de segurança (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

2.1.1 Características de um incêndio

Para entender como prevenir ou combater um incêndio, é necessário primeiramente compreender suas características.

De acordo com a ABNT NBR 13860 (1997), um incêndio tem por definição um fogo fora de controle. Complementar a isso, a National Fire Protection Association (2021) defini incêndio como “qualquer ocorrência de queima destrutiva e descontrolada, incluindo explosões”. Sendo assim o que distingue um incêndio é o controle sobre as chamas e não a relação com o seu tamanho.

Não há um consenso definido sobre quantas fases um incêndio tem, porém há uma concordância de que existem pelo menos 3 fases: a ignição, a fase de aquecimento e a fase de resfriamento (Figura 5). Para este estudo usaremos as definições do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2019).

Figura 5 - Curva temperatura–tempo de um incêndio



Fonte: Instrução Técnica nº 2 - Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo

A ignição é a fase inicial de um incêndio, o momento onde surgem as chamas e inicia o processo de queima dos materiais combustíveis.

A partir deste momento inicia a fase de aquecimento, os elementos combustíveis começam a ser consumidos pelas chamas, elevando a temperatura no ambiente e propagando o incêndio para outros elementos, seja por condução (propagação através do contato das chamas com outros elementos sólidos), por convecção (propagação através do deslocamento de uma massa de ar aquecida para fora do local em chamas) ou por irradiação (propagação do calor através de ondas caloríficas pelo espaço, sem a necessidade de um meio físico). Nesta fase, há o desenvolvimento de fumaça e gases inflamáveis além da possibilidade de comprometimento da estabilidade da edificação devido à temperatura elevada nos elementos estruturais. A expectativa é de que as ações de prevenção e combate ao incêndio operem neste momento, a fim de extingui-lo antes do ponto de inflamação generalizada, onde há o envolvimento total do ambiente pelas chamas e a emissão de gases inflamáveis pelas aberturas do ambiente.

Após o consumo total dos elementos combustíveis existentes, ou em consequência da falta de oxigenação, o incêndio irá diminuir a intensidade, iniciando, assim, a fase de resfriamento e, conseqüentemente, a total extinção do incêndio.

Deve-se considerar que, mesmo que haja um fluxo comum de evolução dos incêndios, eles não ocorrem de forma igual em todos os casos (SEITO, GILL, *et al.*, 2008), pois eles estão sujeitos a diversos fatores como:

- forma geométrica e dimensões da sala ou local.
- superfície específica dos materiais combustíveis envolvidos.
- distribuição dos materiais combustíveis no local.
- quantidade de material combustível incorporado ou temporário.
- características de queima dos materiais envolvidos.
- local do início do incêndio no ambiente.
- condições climáticas (temperatura e umidade relativa).
- aberturas de ventilação do ambiente.
- aberturas entre ambientes para a propagação do incêndio.
- projeto arquitetônico do ambiente e ou edifício.

- medidas de prevenção de incêndio existentes.
- medidas de proteção contra incêndio instaladas.

Além dos perigos relacionados aos fenômenos da combustão ocorrido em casos de incêndios, outras 4 causas são determinantes de uma situação perigosa: o calor, as chamas, a fumaça e a insuficiência de oxigênio, sendo a fumaça o fator mais importante a ser considerado, devido a gravidade de seus danos (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

A fumaça é definida pela NBR 13860 (1997) como a “suspensão visível de partículas sólidas ou líquidas, em gases resultantes de combustão, ou pirólise (decomposição por efeito do calor)” e produz os seguintes efeitos sobre o ser humano:

- diminuição da visibilidade devido à atenuação luminosa do local;
- lacrimejamento e irritações dos olhos;
- modificação de atividade orgânica pela aceleração da respiração e batidas cardíacas;
- vômitos e tosse;
- medo (pânico);
- desorientação;
- intoxicação e asfixia;
- desmaios e morte.

Sendo assim, os fenômenos relacionados a fumaça são de extrema importância na análise das medidas de Segurança Contra Incêndio.

2.1.2 Definição de Segurança Contra Incêndio

O conceito de Segurança Contra Incêndio se fundamenta no conjunto de atividades que visam evitar, detectar, controlar, conter, extinguir e reduzir os

efeitos de um incêndio até a chegada do Corpo de Bombeiros (SÃO PAULO, 2019).

Considerando o fluxo de desenvolvimento de um incêndio, como foi apresentado anteriormente, é possível determinar quais são os requisitos funcionais que uma edificação deve atender para que seja considerada segura (SEITO, GILL, *et al.*, 2008):

- Dificultar a ocorrência do princípio de incêndio.
- Ocorrido o princípio de incêndio, dificultar a ocorrência da inflamação generalizada do ambiente.
- Possibilitar a extinção do incêndio no ambiente de origem, antes que a inflamação generalizada ocorra.
- Instalada a inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio, dificultar a propagação para outros ambientes.
- Permitir a evacuação dos ocupantes do edifício.
- Dificultar a propagação do incêndio para edifícios adjacentes.
- Manter as características estruturais da edificação íntegras, sem permitir que haja a ruína parcial ou total da edificação.
- Permitir operações de natureza de combate ao fogo e de resgate e salvamento de vítimas.

A fim de atender a esses requisitos, BERTO (1991) definiu as medidas de prevenção e proteção contra incêndio que devem ser propostas, sendo:

- “Precaução” contra o início do incêndio.
- Limitação do crescimento do incêndio.
- Extinção inicial do incêndio.
- Limitação da propagação do incêndio.
- Evacuação segura do edifício.
- “Precaução” contra a propagação do incêndio entre edifícios.
- “Precaução” contra o colapso estrutural.

- Rapidez, eficiência e segurança das operações relativas ao combate e resgate.

O Sistema Global de Segurança Contra Incêndio define o conjunto de ações a serem tomadas para alcançar os requisitos funcionais à segurança da edificação através das medidas de prevenção e combate ao incêndio, relacionando com o processo produtivo e com o uso da edificação (Tabela 1).

Quadro 1 - Sistema Global da Segurança contra Incêndio

ELEMENTO	PRINCIPAIS MEDIDAS DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO	
	RELATIVAS AO PROCESSO PRODUTIVO DO EDIFÍCIO	RELATIVAS AO USO DO EDIFÍCIO
Precaução contra o início do incêndio	<ul style="list-style-type: none"> • correto dimensionamento e execução de instalações de serviço • distanciamento seguro entre fontes de calor e materiais combustíveis • provisão de sinalização de emergência 	<ul style="list-style-type: none"> • correto dimensionamento e execução de instalações do processo • correta estocagem e manipulação de líquidos inflamáveis e combustíveis e de outros produtos perigosos • manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e instalações que podem provocar o início do incêndio • conscientização do usuário para a prevenção do incêndio
Limitação do crescimento do incêndio	<ul style="list-style-type: none"> • controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos • controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos 	<ul style="list-style-type: none"> • controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos
Extinção inicial do incêndio	<ul style="list-style-type: none"> • provisão de equipamentos portáteis • provisão de sistema de hidrantes e mangotinhos • provisão de sistema de chuveiros automáticos • provisão de sistema de detecção e alarme • provisão de sinalização de emergência 	<ul style="list-style-type: none"> • manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos de proteção destinados a extinção inicial do incêndio • elaboração de planos para a extinção inicial do incêndio • treinamento dos usuários para efetuar o combate inicial do incêndio • formação e treinamento de brigadas de incêndio

Limitação da propagação do incêndio	<ul style="list-style-type: none"> • compartimentação horizontal • compartimentação vertical • controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos • controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos 	<ul style="list-style-type: none"> • manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados a compor a compartimentação horizontal e vertical • controle da disposição de materiais combustíveis nas proximidades das fachadas
ELEMENTO	PRINCIPAIS MEDIDAS DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO	
	RELATIVAS AO PROCESSO PRODUTIVO DO EDIFÍCIO	RELATIVAS AO USO DO EDIFÍCIO
Evacuação segura do edifício	<ul style="list-style-type: none"> • provisão de sistema de detecção e alarme • provisão de sistema de comunicação de emergência • provisão de rotas de fuga seguras • provisão do sistema de iluminação de emergência • provisão do sistema de controle do movimento da fumaça • controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos 	<ul style="list-style-type: none"> • manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados a garantir a evacuação segura • elaboração de planos de abandono do edifício • treinamento dos usuários para a evacuação de emergência • formação e treinamento de brigadas de evacuação de emergência
Precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios	<ul style="list-style-type: none"> • distanciamento seguro entre edifícios • resistência ao fogo da envoltória dos edifícios 	<ul style="list-style-type: none"> • controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos (na envoltória do edifício) • controle da disposição de materiais combustíveis nas proximidades das fachadas
Precaução contra o colapso estrutural	<ul style="list-style-type: none"> • resistência ao fogo dos elementos estruturais • resistência ao fogo da envoltória do edifício 	-----
Rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate	<ul style="list-style-type: none"> • controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos • controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos 	<ul style="list-style-type: none"> • controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos

Fonte: (BERTO, 1991)

Seito (2008, p. 21) dividiu as medidas de Segurança Contra Incêndio em 5 grupos, sendo:

- Prevenção de incêndio.
- Proteção contra incêndio.
- Combate a incêndio.
- Meios de escape.
- Gerenciamento.

A Prevenção de Incêndio compreende as medidas que atuam de forma a evitar o princípio do incêndio e tem como foco o controle de armazenamento de materiais combustíveis / inflamáveis, controle das fontes de calor e o treinamento da população quanto aos hábitos e atitudes preventivas.

A Proteção Contra Incêndio visa dificultar a propagação do incêndio e manter a estabilidade de uma edificação. Elas são divididas em Medidas de Proteção Passivas e Ativas, como veremos mais adiante.

O Combate a Incêndio abrange o conjunto de ações necessárias para extinguir o incêndio, como o uso dos hidrantes e extintores por pessoas treinadas, as ações do Corpo de Bombeiros, Sistemas de Detecção e Alarme, Sistemas Automáticos de Extinção, entre outros.

Os Meios de Escape têm como objetivo garantir o abandono seguro da população de um edifício e permitir a incursão de equipes de apoio do Corpo de Bombeiros.

Por fim, temos o Gerenciamento, que consiste em atividades administrativas que visam garantir uma pronta-resposta em casos de incêndio. Entre elas estão a manutenção dos equipamentos, o treinamento periódico da brigada de incêndio, a exigência de um plano de emergência contra incêndio, entre outras.

A seguir será detalhado cada um desses conceitos.

2.1.3 Prevenção do Incêndios

Após os acidentes do Edifícios Andraus e Joelma diversas manifestações aconteceram no intuito de promover pesquisas e coleta de dados relacionadas a prevenção de incêndios e, com isso, criar uma cultura de prevenção à incêndios no Brasil (SEITO, GILL, *et al.*, 2008). Essa cultura baseia-se na Educação Pública a respeito da segurança contra incêndio e da conscientização quanto a instalação correta de medidas de proteção contra incêndio em uma edificação.

Enquanto a Educação Pública opera de forma genérica, visando a disseminação de informações gerais à população, com a finalidade de criar uma consciência coletiva a respeito da importância das medidas preventivas de segurança contra incêndio, é necessário que haja uma conscientização dos ocupantes de uma edificação de forma específica, que opere de forma preventiva, voltada a instrução dos ocupantes quanto aos equipamentos instalados na edificação, o armazenamento e manipulação correto de produtos perigosos, o conhecimento das áreas de risco da edificação e como evitar práticas perigosas que geram risco de incêndios (VENEZIA, 2004).

2.1.4 Proteção Contra Incêndios

Como já mencionamos, atualmente a Proteção Contra Incêndio é dividida em dois grupos, as medidas de Proteção Passiva e as medidas de Proteção Ativa.

Para este estudo foram utilizadas as definições das Normas Técnicas da ABNT e das Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

2.1.4.1 Medidas De Proteção Passiva

As medidas de proteção passiva são previstas na fase projetual, pois precisam fazer parte da arquitetura e estrutura da edificação. Elas agem de forma conjunta visando prevenir a propagação do incêndio e garantir a estabilidade da edificação. Essas medidas objetivam também, manter rotas de fuga seguras, facilitando a evacuação da edificação e a incursão de equipes do Corpo de Bombeiros para ações de combate ao incêndio e salvamento.

“As medidas passivas de proteção contra incêndio são aquelas incorporadas diretamente ao sistema construtivo. Funcionais em situação de uso normal do edifício, reagem passivamente ao desenvolvimento do incêndio, não estabelecendo situações propícias ao seu crescimento e propagação; não permitindo o colapso estrutural do edifício; facilitando a fuga dos usuários e garantindo a aproximação e ingresso no edifício para o desenvolvimento das ações de combate” (BERTO, 1991).

Essas medidas abrangem os seguintes elementos:

- Compartimentação vertical e horizontal
- Provisão de rotas de fuga seguras;
- Provisão de meios de acesso aos equipamentos de combate a incêndio;
- Sinalização;
- Controle das características de reação ao fogo e da quantidade dos materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos;

2.1.4.1.1 Compartimentação

Considerando que um incêndio pode se propagar e atingir outros materiais combustíveis, elevando seu nível destrutivo, surge a necessidade da compartimentação da edificação, que é constituída de elementos resistente ao fogo e tem como objetivo evitar ou minimizar a propagação do fogo, calor e

gases, interna ou externamente ao edifício, contendo o fogo no seu ambiente de origem, mantendo as rotas de fuga segura e facilitando a operação do Corpo de Bombeiros. Esses objetivos são alcançados através da subdivisão da edificação em células capazes de conter os efeitos de um incêndio dentro de uma área determinada.

A compartimentação horizontal, visa a subdivisão das áreas de um mesmo pavimento ou nível, e se utiliza dos seguintes elementos construtivos e medidas de proteção:

- Parede corta-fogo.
- Portas corta-fogo.
- Vedadores corta-fogo
- Registros corta-fogo nos dutos que transpassam as paredes corta fogo.
- Selo corta-fogo nas aberturas através das paredes corta-fogo para instalações elétricas, hidrossanitárias, telefônicas, entre outras.
- Afastamento horizontal entre aberturas

A compartimentação vertical, por sua vez, visa impedir a propagação entre pavimentos e deve ser implantada levando em consideração as aberturas internas e externas que comunicam os pavimentos de uma edificação. Os elementos construtivos e medidas de proteção que são utilizados na compartimentação vertical são:

- Entrepisos corta-fogo
- Enclausuramento de escadas através de paredes e portas corta-fogo
- Enclausuramento de poços de elevador e de monta-carga por meio de parede de compartimentação
- Selos corta-fogo
- Registros corta-fogo
- Vedadores corta-fogo
- Elementos construtivos corta-fogo de separação vertical entre pavimentos consecutivos

- Selagem perimetral corta-fogo
- Parapeitos ou abas corta-fogo, separando aberturas de pavimentos consecutivos;

2.1.4.1.2 Sinalização

A sinalização é utilizada de forma a informar e orientar os ocupantes de uma edificação quanto as ações relacionadas à um incêndio.

Ela possui objetivos preventivos, tais quais, alertar para os riscos potenciais, requerer ações que contribuam para a segurança contra incêndio e proibir ações capazes de afetar a segurança contra incêndio, e objetivos protetivos que visam indicar a localização dos equipamentos de combate, orientar as ações de combate e indicar as rotas de fuga.

De acordo com a ABNT NBR 16820 (2020) a sinalização básica é dividida em 4 classes de acordo com sua função:

- Sinalização de proibição (Figura 6): visa proibir ou coibir ações capazes de conduzir ao início do incêndio ou ao seu agravamento, e proibições que evitem determinados riscos aos usuários da edificação

Figura 6 - Sinalização de proibição

Fonte: ABNT NBR 16820 (2020)

- Sinalização de alerta (Figura 7): visa alertar para áreas e materiais com potencial de risco de incêndio ou explosões

Figura 7 - Sinalização de Alerta

Fonte: ABNT NBR 16820 (2020)

- Sinalização de orientação ou salvamento (Figura 8): visa indicar as rotas de saída e as ações necessárias para o seu acesso e uso adequado

Figura 8 - Sinalização de orientação e salvamento



Fonte: ABNT NBR 16820 (2020)

- Sinalização de equipamentos (Figura 9): visa indicar a localização e os tipos de equipamentos de combate e alarme disponíveis no local.

Figura 9 - Sinalização de equipamentos



Fonte: ABNT NBR 16820 (2020)

Há também a sinalização complementar que, através de faixas de cor ou mensagem, auxiliam na compreensão da sinalização básicas. Elas são usadas nas seguintes condições:

- Indicação continuada das rotas de fuga
- Indicação de obstáculos e riscos de utilização das rotas de saída
- Mensagens escritas específicas que acompanham a sinalização básica, onde for necessária a complementação da mensagem dada pelo símbolo.

2.1.4.2 Medidas de Proteção Ativa

As medidas de proteção ativa são equipamentos e elementos construtivos que serão acionados em casos de emergência, seja de forma manual ou automática, e que proporcionam um complemento as medidas de proteção passiva. Os principais sistemas de proteção ativa são:

- Detecção e alarme de incêndio.
- Extinção de incêndio.
- Iluminação e sinalização de emergência.
- Controle de movimento de fumaça.

Essas medidas utilizam das instalações prediais de hidráulica, elétrica, ventilação e exaustão para garantir a pronta-resposta em casos de incêndio.

2.1.4.2.1 Detecção e alarme de incêndio

O sistema de detecção e alarme de incêndio tem por finalidade detectar o fogo em seu estágio inicial e possibilitar o aviso aos ocupantes e a brigada de incêndio quanto ao início de um incêndio, para que assim, procedam com as ações de abandono e combate ao incêndio. Ele opera através de 3 elementos básicos a detecção, processamento e aviso.

A detecção de incêndio acontece através de dispositivos que detectam os fenômenos do fogo (fumaça, calor e chama) ou que são acionados de forma manual e, informam a central de alarme que há um princípio de incêndio, essa informação é processada e, de forma conjunta, são acionados os alarmes de incêndio e os equipamentos automáticos de combate ao incêndio.

O alarme de incêndio atua através de um sistema sonoro, sendo necessária a instalação complementar de sinalizadores visuais em lugares onde haja atividade sonora intensa.

2.1.4.2.2 Extinção de incêndio

A extinção do incêndio ocorre através da redução da taxa de liberação do calor e se fundamenta na retirada de um dos 4 componentes fundamentais para que haja o fogo: o combustível, o comburente (oxigênio), o calor e a reação em cadeia. Dessa forma, um incêndio pode ser extinguido através dos seguintes meios:

- abafamento / remoção do comburente - substituindo o oxigênio por gás inerte ou impedindo o acesso do oxigênio
- resfriamento / remoção do calor - resfriando o combustível de modo a inibir a liberação de vapor e gases inflamáveis
- isolamento / remoção do combustível - removendo ou diluindo o material ou líquido combustível
- quebra de reação - inibindo a reação em cadeia

A partir disso, é importante saber as classes de fogo, para assim determinar o melhor meio de extinção. As principais classes de fogo são:

- Classe A: Fogo envolvendo materiais combustíveis sólidos.
- Classe B: Fogo envolvendo líquidos, gases ou materiais sólidos que se liquefazem por ação calor.
- Classe C: Fogo envolvendo equipamentos e instalações elétricas energizadas
- Classe D: Fogo em metais combustíveis

Os equipamentos mais comuns de extinção de incêndio são os extintores (portáteis e sobrerrodas), sistemas de hidrantes e mangotinhos, sistema de chuveiros automático (*sprinklers*).

2.1.4.2.2.1 Extintores

Os extintores, portáteis ou sobrerrodas, são caracterizados por serem de fácil manejo, e, assim, são utilizados para ações rápidas, no princípio do incêndio. Eles são classificados pelo agente extintor e irão agir de acordo com a classe do fogo. Os principais tipos de agentes extintores são:

- Extintor de água: Apropriado para fogo de classe A
- Extintor de espuma mecânica: Apropriado para fogos de classes A e B
- Extintor de dióxido de carbono (CO₂): Apropriado para fogos de classes B e C
- Extintor de Pó Químico Seco: Apropriado para fogos de classe B e C
- Extintor Halógeno: Apropriado para fogos de classe A, B e C

Vale ressaltar que o uso de um equipamento com agente extintor incompatível com a classe do fogo, pode, além de não cumprir com o objetivo de extinguir o incêndio, colocar em risco a vida de quem o opera.

2.1.4.2.2.2 Sistema de Hidrantes e Mangotinhos

O sistema de Hidrantes e Mangotinhos é um sistema fixo de combate a incêndios. Sua operação consiste em um sistema hidráulico pressurizado que, ao ser acionado, proporciona um jato de água em direção a chama e visa controlar e extinguir um incêndio através do resfriamento, abafamento ou emulsificação (mistura de 2 líquidos imiscíveis).

O sistema de hidrante possui um nível de descarregamento de água maior do que os extintores, portáteis e sobrerrodas, ou o sistema de mangotinhos e, portanto, possui maior efetividade no combate às chama, porém, principalmente devido à alta pressão, possui maior dificuldade no manejo se comparado ao sistema de mangotinhos que, por possuir pressão e diâmetros de mangueira menor, são de fácil manejo e recomendados em caso de edificações com baixo risco de incêndio, onde há maior probabilidade de a operação ser realizada por uma única pessoa.

2.1.4.2.2.3 Sistema de Chuveiros Automático (*Sprinklers*)

O Sistema de Chuveiros Automáticos opera sobre o mesmo conceito do sistema de hidrantes e mangotinhos, podendo operar com pressurização líquida (tubo molhado) ou, em casos de locais com baixa temperatura, pressurização gasosa (tubo seco). Esse sistema tem como vantagem o acionamento automatizado por sensores de detecção de incêndio e sua eficácia pode resultar na extinção do incêndio ainda no seu início.

2.1.4.2.3 Iluminação de emergência

O Sistema de iluminação de emergência visa substituir a iluminação artificial padrão em caso de interrupção da alimentação de energia, garantindo iluminação suficiente para o abandono da edificação e para manobras de interesse de segurança e socorro.

A iluminação de emergência pode ser do tipo de balizamento ou aclaramento. A iluminação de balizamento, associada a sinalização de rota de fuga, visa orientar os ocupantes quanto ao trajeto a ser seguido para o abandono da edificação. A

iluminação de aclaramento, por sua vez, visa iluminar a rota de fuga facilitando o tráfego por ela.

2.1.4.2.4 Controle de movimentação de fumaça

O sistema de controle de movimentação de fumaça é normalmente constituído por ventiladores e exaustores que trabalham no intuito de direcionar a fumaça para fora da edificação e possibilitar ações seguras de abandono da edificação e combate ao incêndio. Segundo Seito (2008), quando instalado de forma correta e integrada aos outros equipamentos, o sistema de controle de movimentação de fumaça pode fornecer os seguintes benefícios:

- Ventilação prévia, reduzindo assim a temperatura interna, protegendo estragos e colapso estrutural.
- Bom meio de escape, com visibilidade da rota de fuga.
- Manter a atmosfera limpa.
- Limitar a temperatura, impedindo ignição espontânea.
- Prevenir estrago desnecessário por fumaça.
- Prevenir estrago desnecessário por água.
- Reduzir o tempo de limpeza.
- Proporcionar uma visão clara do fogo.
- Ajudar a extinguir o fogo no seu início.
- Reduzir os custos do incêndio.

2.1.5 Combate ao incêndio

Para que haja um efetivo processo de combate ao incêndio é fundamental o conhecimento aprofundado dos tópicos anteriores, pois o conhecimento adquirido a respeito da evolução de um incêndio e dos meios de se prevenir e

se proteger em casos de emergência, é o que irá fundamentar as ações a serem tomadas para combatê-lo. Para isso, é necessário que haja uma equipe de brigadistas capacitada e treinada no local, a fim de agir em tempo hábil para coordenar o abandono da edificação e as medidas de combate ao local onde o incêndio está instalado. Vale sempre ressaltar que um incêndio nunca é igual a outro, portanto, agir de acordo com o que a situação exige é de extrema importância.

De acordo com a IT nº 17 do CBMESP (2019), as funções da Brigada de incêndio em um caso de emergência são:

- Identificação da situação;
- Alarme e abandono da área;
- Acionamento do Corpo de Bombeiros e/ou ajuda externa;
- Corte de energia;
- Primeiros socorros;
- Combate ao princípio de incêndio;
- Recepção e orientação ao Corpo de Bombeiros.

Há de se considerar ainda que em casos de incêndio existem diversos fatores que devem ser conhecidos que são específicos de cada edificação, por isso, o treinamento periódico da Brigada de incêndio irá resultar em um tempo de resposta ao incêndio menor, podendo ser fator crucial para a preservação da vida dos ocupantes e da propriedade.

2.1.6 Meios de escape

O principal meio de escape em casos de incêndio são as rotas de fuga. Elas têm como objetivo garantir a segurança no momento do abandono dos ocupantes de uma edificação e promover o acesso do Corpo de Bombeiros para o resgate de vítimas e combate ao incêndio.

Segundo a IT nº 3 do CBMESP, a rota de fuga é caracterizada como:

“[um] caminho contínuo, devidamente protegido e sinalizado, proporcionado por portas, corredores, “halls”, passagens externas, balcões, vestíbulos, escadas, rampas, conexões entre túneis paralelos ou outros dispositivos de saída, ou combinações desses, a ser percorrido pelo usuário em caso de emergência, de qualquer ponto da edificação, recinto de evento ou túnel, até atingir a via pública ou espaço aberto (área de refúgio), com garantia de integridade física.” (SÃO PAULO, 2019)

Este elemento é constituído pelo acesso à rota de fuga, o trajeto da rota de fuga e descarga para via pública, sendo que, para que esses elementos cumpram com a função designada, eles devem ser corretamente dimensionados de acordo com a população da edificação, estar desobstruídos, iluminados e corretamente sinalizado. Deve-se atentar também, para que as funções estruturais de compartimentação sejam atendidas, impedindo que as chamas, a fumaça e o calor penetrem na rota de fuga.

2.1.7 Gerenciamento

O sucesso das medidas de Segurança Contra Incêndio de uma edificação depende muito das medidas de Gerenciamento, pois elas atuam em todo o ciclo de vida da edificação. Um projetista de sistema de Segurança Contra Incêndio pode prever um risco ainda na fase projetual, porém, apenas a fase de operação irá fornecer informação suficientes para que possa ser identificadas as vulnerabilidades do sistema. Portanto, um bom gerenciamento do treinamento dos brigadistas, da manutenção dos equipamentos e elementos construtivos de prevenção à incêndio e a manutenção do senso de comprometimento da população com a segurança irá produzir uma cultura de segurança, fazendo com que as chances de ocorrência de um incêndio diminuam e que, caso venha a ocorrer, as medidas de combate ao incêndio funcionem de forma eficaz, sem prejuízo a vida, ao meio ambiente e ao patrimônio.

Vale ressaltar que, mesmo após a extinção de um incêndio, o gerenciamento se torna necessário para obtenção de dados da investigação e do laudo pericial e, assim, proceder com a atualização dos procedimentos, visando extinguir ou reduzir os efeitos da vulnerabilidade que motivou a ocorrência de incêndio anterior.

2.2 BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING*)

Como mencionado na introdução deste trabalho, o setor de AEC tem passado por diversas evoluções tecnológicas e, conseqüentemente, novas ferramentas de gestão necessitam ser fornecidas para acompanhar essa evolução. Na década de 2000 um conceito que já vinha sendo aprimorado há alguns anos, começou a tomar forma. Partindo da necessidade de arquitetos e engenheiros de produzir projetos “inteligentes”, onde a troca de informações entre as diversas disciplinas se mantivessem intactas, a metodologia BIM começou a se difundir e ganhar força no setor (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014).

2.2.1 História do BIM

BIM, é um acrônimo da língua inglesa para Building Information Modeling, traduzido no Brasil pela NBR-ISO 12.006:2 como Modelagem da Informação da Construção. As primeiras referências a essa metodologia datam da década de 70 através de um artigo publicado pelo professor Charles M. Eastman (1975), na época, na Universidade de Caneggie-Mellon. Porém seu artigo apresentava apenas uma ideologia e necessitava de estudos relacionados para que fosse aprimorado e torna-se uma tecnologia.

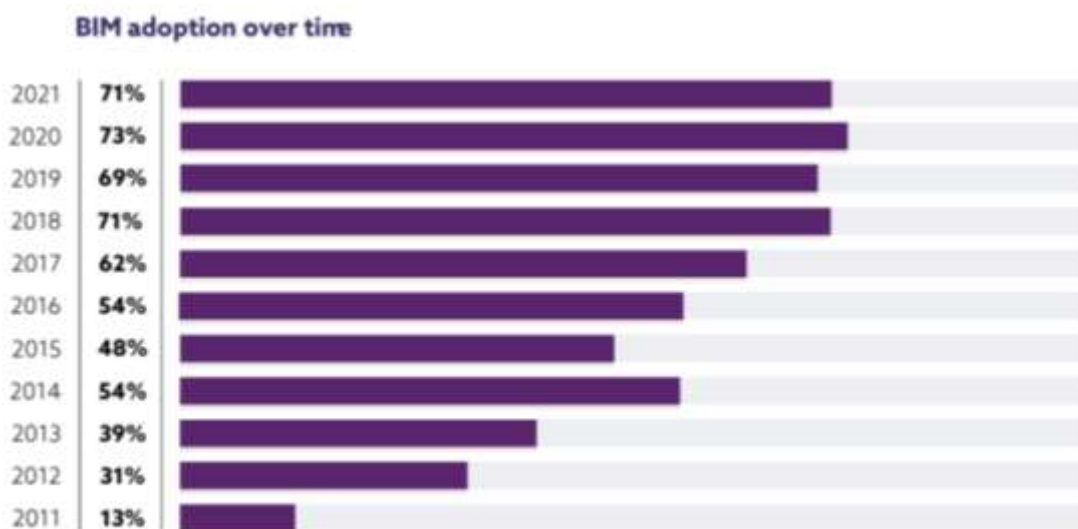
Em 1986, Robert Aish apresentou em seu artigo um conceito para as ideias de Eastman, expondo sua aplicabilidade e transportando os conceitos de Eastman do campo ideológico para o campo prático.

Juntamente com o desenvolvimento deste conceito, começaram as primeiras implantações comerciais do BIM, o que ajudou a difundir o interesse pelas pesquisas nessa área (KRYMSKY, 2015).

Em 2005, Laiserin (2007) e Eastman organizaram a *First Industry-Academic Conference* em BIM, o que ajudou a ampliar a divulgação e expandir o alcance desta ferramenta.

A figura 10 apresenta a evolução da adoção de BIM ao longo da última década e mostra como essa metodologia tem influenciado no desenvolvimento deste setor.

Figura 10 - Adoção de BIM no mundo ao longo dos anos



Fonte: NBS Enterprise Ltd (2021)

2.2.2 Definição do BIM

Por se tratar de um conceito que permanece em desenvolvimento e constante evolução, não há uma definição aceita de forma unanime pelos pesquisadores, fazendo com que as entidades normativas e regulamentadoras de cada país tomem para si definições independentes.

No Brasil o BIM é definido pelo Decreto 10.306 da seguinte forma:

“[um]...conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, que sirva a todos os participantes do empreendimento, em qualquer etapa do ciclo de vida da construção”
(BRASIL, 2020)

Para este estudo iremos considerar as definições do Decreto supracitado e do trabalho de Hamil (2021), que defini BIM como um processo para criação e gerenciamento de informações de uma construção ao longo de todo o seu ciclo de vida (Figura 11).

Figura 11 - O BIM no ciclo de vida da construção



Fonte: Zigurat - Global Institute of Technology

Essas informações são inseridas em um modelo 3D através de objetos paramétricos, onde informações relacionadas a geometria, dados técnicos e regras associadas ao objeto são armazenadas. Uma das potencialidades desta metodologia é a troca de informações entre softwares de diferentes empresas e setores, o que fundamenta o conceito de interoperabilidade aplicado à metodologia BIM.

2.2.3 Interoperabilidade na metodologia BIM

Visando a troca de informações entre as diversas fases de uma construção, a metodologia BIM trabalha com o conceito da interoperabilidade, ou seja, as informações inseridas em um software são repassadas para outro através de um

formato de arquivo que suporta esse intercambio. Essa interação pode ser feita de diversas formas sendo as mais comuns (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014):

- Entre softwares de uma mesma empresa, por meio de um arquivo de intercambio proprietário;
- Através de um arquivo em formato de intercambio público que envolvem o uso de um padrão aberto para o modelo de construção, sendo o IFC (*Industry Foundation Classes*) o mais conhecido;
- Através de interfaces em nível de programação, baseadas nas linguagens C, C++ ou C#; através de arquivos com formatos de intercâmbio baseados em XML.

2.2.4 BIM no cenário nacional

O primeiros trabalhos com a implantação de BIM no Brasil datam do início dos anos 2000, o que demonstra que o BIM alcançou o cenário nacional ainda no começo de sua disseminação. Todavia, por ser tão revolucionário e tecnológico, prometia proporcionar uma mudança radical para a construção civil, o que criou a ideia de que, devido a essa radicalidade, esta metodologia estava longe de ser adotada no Brasil (MENEZES, 2012).

De fato, apenas em 2017, surgiram as primeiras movimentações do Governo Federal para a implantação e difusão do BIM no país com a criação do Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modeling que, em 2018, criou a Estratégia BIM BR, instituindo um cronograma de implementação (Figura 12) e objetivos específicos a serem alcançados, como segue:

- Difundir o BIM e seus benefícios;
- Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;

- Estimular capacitação em BIM;
- Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM;
- Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- Estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
- Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e contratações públicas com uso do BIM;
- Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

Figura 12 - As etapas previstas da Estratégia BIM BR para a implementação do BIM



Fonte: Ministério da Economia, Indústria, Comércio Exterior e Serviços

Essas medidas resultaram na primeira legislação federal relacionada ao BIM que foi a publicação do Decreto 9.377 que instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Vale ressaltar que esse Decreto foi posteriormente revogado e atualizado pelo Decreto 9.983 de 2019.

Outros marcos regulatórios atuais foram a publicação do Decreto 10.306 de 2020, que estabelece a utilização do Building Information Modeling na execução

direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades de administração pública federal, e do Decreto 14.133 de 2021 que determinou o uso preferencial do BIM para projetos em obras públicas.

Todas essas ações normativas são recentes e seus efeitos ainda estão sendo analisados, mas há grandes expectativas do setor, principalmente, pelo fato das ações estarem sendo tomadas em um âmbito continental, graças a criação da Rede BIM de Governos Latino-Americanos criada em 2018 e que atualmente conta com a presença de 8 países sendo eles: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, México, Peru e Uruguai. Essa rede tem como objetivos:

- Promover o aprendizado sobre a implementação do BIM dos membros da Rede,
- Difundir os benefícios do BIM para sensibilizar os tomadores de decisão,
- Criar uma base conceitual comum que promova o alinhamento regional para a adoção e criação de normas e protocolos BIM,
- Impulsionar o uso de ferramentas que fomentem a transparência e rastreabilidade em projetos públicos e,
- Maximizar os recursos da Rede através da colaboração e transferência de conhecimento por parte dos países.

Estas medidas se tornam necessárias, tendo em vista a necessidade de mudar o cenário atual que coloca a América do Sul como um dos continentes com menor adesão ao BIM (Figura 13).

Figura 13 - Uso do BIM por continente

Fonte: NBS Enterprise Ltd (2021)

É consenso que a implantação do BIM em território nacional exige tempo, capacitação e apoio de órgãos governamentais, por isso os avanços são graduais, mas já é possível vislumbrar seus benefícios a áreas incorporadas à Construção Civil, como a Segurança Contra Incêndio, como veremos a seguir.

2.3 BIM E A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

Como já vimos neste trabalho, o BIM tem se intensificado no setor de AEC e, considerando que muitas medidas de Segurança Contra Incêndio têm relação direta com os elementos da Construção Civil, como arquitetura, estrutura, hidráulica e elétrica, a implantação de informações relacionadas a área de contra incêndio em modelos BIM se torna algo a ser considerado (GHALENOEI, SAGHATFOROUSH e REZVANIAN, 2020).

A possibilidade de incluir informações sobre a resistência ao fogo de um elemento construtivo, a carga de incêndio de um material ou a oportunidade de usufruir de ferramentas de simulação de incêndio e evacuação, já são atributos suficiente para agilizar os cálculos manuais envolvidos nesse tipo de aplicação.

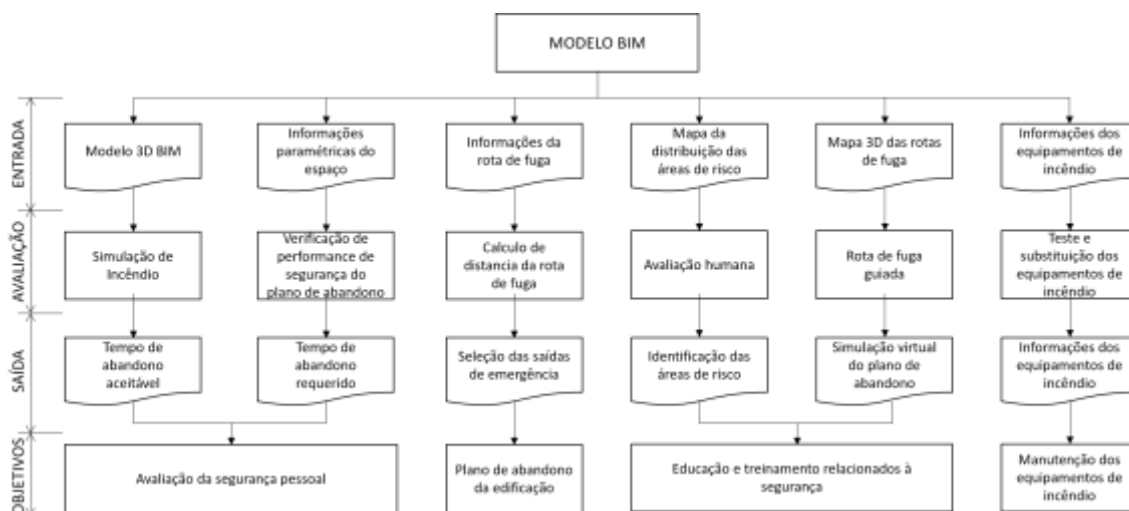
A implantação de BIM em Segurança Contra Incêndio tem sido objeto de estudo de alguns projetos recentes, e tem apresentado sucesso principalmente na modelagem de sistemas hidráulicos de contra incêndio, interação entre BIM e sistema de sensores, análise de riscos, gerenciamento de manutenção dos equipamentos de incêndio, plano de abandono, entre outros. (GERGES, 2020).

De acordo com Wang et. al (2014), a tecnologia BIM possibilita a facilidade na apresentação de um modelo tridimensional provido com informações de prevenção a sinistros em contrapartida ao modelo tradicional que apresenta informações em apenas duas dimensões (Figura 14).

No Brasil, vale ressaltar os trabalhos de Marcelo Porto, José Franco, (2016) Marcel Kater e Regina Coeli Ruschel (2019) sobre a aplicação de BIM na verificação automática de uma edificação com relação ao atendimento as normas de sistema de Segurança Contra Incêndio.

A seguir serão apresentadas algumas aplicações já desenvolvidas de BIM na área de Segurança Contra Incêndio.

Figura 14 - Gráfico de estrutura de gerenciamento de desastres baseado no modelo BIM



Fonte: Adaptado do gráfico de Wang et. al. (2014)

2.3.1 Simulação de incêndio com uso de BIM

Como mencionado na introdução deste trabalho o uso de recursos computacionais na Construção Civil tem garantido maior qualidade em menor tempo. Essa característica se torna fundamental no caso de simulações na área de Segurança Contra Incêndio, pois, a inserção de informações junto ao modelo BIM possibilita o cálculo de diversas variáveis em pouco tempo, o que, se fosse feito de forma manual, tornaria algo impraticável devido ao tempo excessivo que demandaria (WU, 2017).

Na fase projetual, as simulação ajudam na concepção arquitetônica da edificação e auxiliam na escolha de materiais, promovendo ambientes mais seguros e com carga de incêndios mais fieis a realidade da operação.

Na fase operacional, simulações de movimentação de fumaça e comportamento do incêndio são recursos de extrema relevância, tendo em vista que auxiliam na elaboração do plano de emergência contra incêndio.

De acordo com Wu (2017), para que um sistema integrado seja proveitoso é necessário que ele seja preciso, fácil de usar e forneça os resultados em pouco tempo, sendo assim, simulações que necessitem desse tipo de interação, ainda apresentam limitações e podem demorar a ser desenvolvidas.

2.3.2 Edifícios inteligentes

Edifícios inteligentes são construções que utilizam a tecnologia de IoT (“Internet das Coisas”) para compartilhar informações sobre o comportamento dos ocupantes em tempo real, e assim, otimizar a performance dos diversos processos existente em uma edificação, ou seja, através de sensores é possível

o monitoramento das informações de desempenho de um equipamento e se ele está funcionando de forma correta, caso seja detectado alguma anormalidade, é possível agir preventivamente antes da inoperabilidade do equipamento (WEHBE e SHAHROUR, 2021).

Atualmente, o mercado já possui equipamentos de detecção de incêndio inteligentes, como, por exemplo, sensores de temperatura e detectores de fumaça que acionam de forma automatizada as portas corta-fogo auxiliando na evacuação da edificação. A inserção do BIM neste cenário visa apresentar dados analíticos dessas edificações inteligentes em um modelo 3D, auxiliando nas medidas preventivas e nas tomadas de decisão no momento do sinistro (WEHBE e SHAHROUR, 2021).

2.3.3 Interação entre BIM e os sensores inteligentes

De acordo com Eftekhariad (2019), existem dois métodos de interação em tempo real em BIM sendo explorados atualmente. O primeiro é feito através de um arquivo IFC gerado pelo sistema de monitoramento de sensores, contendo as informações a serem inseridas no modelo BIM, neste método, esse arquivo é modificado e atualizado de forma automatizada e pode ser utilizado para visualização, análise e controle. A segunda é feita através de uma interação entre o modelo BIM e um servidor externo contendo o banco de dados dos sensores. Para isso, é necessário um sistema intermediário para converter e coordenar a interação bidirecional de informações em tempo real.

2.3.4 Plano de abandono com o uso de BIM

As medidas de abandono de uma edificação sempre necessitam de uma análise cuidadosa, pois, além dos elementos de prevenção e proteção à incêndio, devem

considerar o comportamento humano em casos de emergência, o que possui diversas variáveis (KOBES, HELSLOOT e BAUKE DE VRIES, 2009).

Para auxiliar nessa análise, é possível contar com a obtenção de dados do sistema de sensores e de simulações prévias, fazendo com que as tomadas de decisões se adaptem de acordo com o arranjo da edificação, o comportamento de seus ocupantes e a situação apresentada.

Um dos grandes exemplos da aplicação da tecnologia BIM na análise do comportamento dos ocupantes de um edifício em caso de incêndio é o experimento realizado por Rüppel e Schatz (2011), que desenvolveram um jogo interativo, baseado em um modelo BIM, onde as pessoas são colocadas em uma simulação de incêndio com inúmeras possibilidades, e assim, é analisado o comportamento e a tomada de decisão em casos de emergência. Esse método de estudo pode se tornar ainda mais eficaz se considerarmos os avanços obtidos nos últimos anos relacionados a aplicação de Realidade Virtual e Realidade Aumentada à modelos BIM.

Ghalenoei et. al. (2020) elencam um comparativo entre as necessidades da área de Segurança Contra Incêndio e as vantagens já conhecidas do BIM que podem ser aplicadas em cada caso, conforme mostrado na Tabela 2.

Quadro 2 - Necessidades da Segurança Contra Incêndio x vantagens do uso do BIM

Necessidades da Segurança Contra Incêndio	Vantagens do uso do BIM
Uma evacuação segura em casos de incêndio	O BIM pode ser usado para simular planos de abandono, comportamento das pessoas e seus movimentos no momento do sinistro. Pode ser usado como um manual interativo no final da fase de projeto, para aprimorar a gestão de segurança, a gestão de operações e manutenção das estruturas
Controle e gerenciamento dos parâmetros, como a geometria dos elementos estruturais, a propagação do fogo e a quantidade de fumaça no interior da edificação	Pela interação entre o BIM e o sistema de detecção de incêndios online, é possível encontrar o local do incêndio no edifício.
O tempo real que os ocupantes tem para chegar à área segura	O BIM tem um papel importante no fornecimento de informações de construção precisas e em tempo real em uma situação de emergência, devido ao seu formato de dados abrangentes e

	padronizados, e ao processo de sistemas integrado
As informações extraídas de desenhos impressos ou arquivos CAD. Devido às limitações dos softwares de simulação existente, só há a possibilidade de criação da volumetria dos objetos, e não uma forma mais complexa e detalhada.	A medida que o BIM é desenvolvido no projeto de edifícios, o Engenheiro de Segurança poderá exportar o projeto do edifício para outros softwares de simulação, o que substitui arquivos CAD ou desenhos impressos
A capacidade de localizar pessoas de forma rápida e precisa em edifícios que estão em chamas é fundamental para o sucesso das operações de resposta a incêndios em edifícios	Já existem trabalhos relacionados ao uso de algoritmos de localização interna baseada em BIM, com o objetivo de encontrar os ocupantes que estão presos no prédio e prever suas respostas no caso de incêndio.
Embora várias pesquisas recentes sobre gerenciamento de emergências em casos de incêndios tenham tentado incorporar o comportamento humano, ainda há uma carência de estudos que possam representar, de forma adequada e precisa, o comportamento humano em situações de emergência	Através de um jogo interativo, baseado em BIM, alguns pesquisadores investigaram o comportamento e as respostas humanas em vários cenários de abandono da edificação.
Nos últimos anos, tínhamos apenas modelos 2D e era difícil encontrar locais ameaçados, de modo que o processo de resgate ficou confinado a esta situação.	Ao integrar o modelo BIM e os equipamentos de Segurança Contra Incêndio, podem ser estabelecidos sistemas de prevenção e monitoramento de incêndio tridimensionais e, assim, fornecer informações mais detalhadas sobre o controle de incêndio, aumentando efetivamente a eficiência na prevenção de desastres. A maioria dos estudos sobre a aplicação do BIM na gestão da segurança contra incêndio tem se concentrado no fornecimento de dados geométricos 3D relativos a elementos construtivos para dar suporte a análise de informações em tempo real ou simulações de evacuação. Um exemplo é um sistema criado por pesquisadores, que ajuda socorristas a encontrar o caminho mais curto para um local dentro de um edifício complexo.
No combate ao incêndio, o conhecimento e a informação sobre o uso dos dispositivos disponíveis para evacuação são fundamentais	O BIM pode criar uma plataforma para diferentes pessoas em um projeto ao longo de seu ciclo de vida. Todas as pessoas, desde as fases iniciais de projeto até a fase de demolição da edificação (clientes, projetistas, empreiteiros e gerentes de construção) podem usá-lo para um uso mais eficiente do projeto e acesso aos detalhes da construção

Fonte: Adaptação da tabela de Ghaleño et. al. (2020)

Ainda há muito campo a ser explorado na aplicação de BIM em projetos de Segurança Contra Incêndio e, considerando o ritmo do avanço tecnológico em BIM, IoT, Edifícios Inteligentes e outras áreas da tecnologia da construção, é possível afirmar que este será um campo de estudo pelos próximos anos.

Cabe acrescentar que, da mesma forma que se deve ter um incentivo, tanto do setor público quanto do setor privado, para a difusão do uso de BIM na Construção Civil, o mesmo vale para incentivos na área de tecnologias aplicadas à Segurança Contra Incêndio, através de pesquisas, normas e produtos, para que assim, se desenvolvam projetos cada vez mais seguros.

3 MATERIAIS E METODOS

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para realização do Estudo de Caso, primeiramente foi realizada uma vistoria no local, onde foram utilizados: planta de arquitetura do espaço em formato eletrônico, trena digital à laser, trena com fita de aço, tablet para visualização e anotações na planta, celular, câmera fotográfica, caderno para anotações, lápis e caneta.

Após a vistoria ao local foi realizada a análise do espaço e orientação, através de atendimento técnico, com o 1º Tenente PM Jim Timoteo dos Santos.

Para a implantação das medidas apresentadas, foram consultadas as normas relacionadas abaixo:

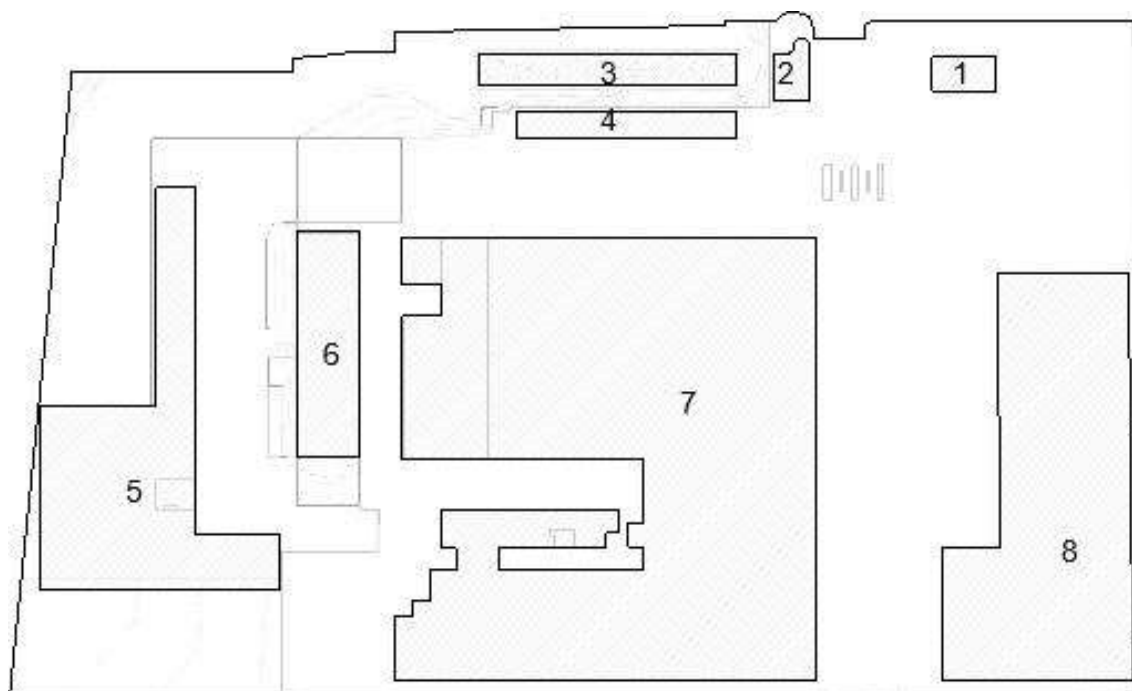
- NR-23 - Proteção Contra Incêndios
- NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.
- NBR 9077 – Saídas de emergência em edifícios.
- NBR 10898 – Sistema de iluminação de emergência.
- NBR 12693 - Sistemas de proteção por extintores de incêndio.
- NBR 13434 – Sinalização de segurança contra incêndio e pânico.
- NBR 13714 – Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.
- NBR 13848 – Acionador manual para utilização em sistemas de detecção e alarme de incêndio.
- NBR 14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.
- NBR 16626 – Classificação da reação ao fogo de produtos de construção.

- NBR 17240– Sistemas de detecção e alarme de incêndio – Projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio – Requisitos.
- Decreto Estadual nº 63.911, de 10 de dezembro de 2018
- IT 01 – Procedimentos administrativos
- IT 02 – Conceitos básicos de segurança contra incêndio
- IT 03 – Terminologia de segurança contra incêndio
- IT 04 – Símbolos gráficos para projeto de segurança contra incêndio
- IT 06 – Acesso de viaturas na edificação e áreas de risco
- IT 07 – Separação entre edificações (isolamento de risco)
- IT 08 – Resistência ao fogo dos elementos de construção
- IT 09 – Compartimentação horizontal e compartimentação vertical
- IT 10 – Controle de materiais de acabamento e de revestimento
- IT 11 – Saídas de emergência
- IT 14 – Carga de incêndio nas edificações e áreas de risco
- IT 16 – Plano de emergência contra incêndio
- IT 17 – Brigada de incêndio
- IT 18 – Iluminação de emergência
- IT 19 – Sistema de detecção e alarme de incêndio
- IT 20 – Sinalização de emergência
- IT 21 – Sistema de proteção por extintor de incêndio
- IT 22 – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio
- IT 41 – Inspeção visual em instalações elétricas de baixa tensão
- IT 43 – Adaptação às normas de segurança contra incêndio – edificações existentes
- IT 44 – Proteção ao meio ambiente

3.2 OBJETO DE ESTUDO

O estudo de caso foi realizado com base em um conjunto de edificações localizada no estado de São Paulo, constituído por 8 blocos de edifícios, computando uma área construída total de 29.480,28m². O conjunto é existente e tem as configurações de uma antiga fábrica. No local será implantado um Centro Logístico de uma marca de refrigerante e, para isso, há a necessidade de implantar blocos administrativos, oficina mecânica, refeitório, depósito de geladeiras expositoras, depósito de materiais de marketing e propaganda, além de um local para processamento de reciclagem de garrafas PET. Assim, de acordo com a Figura 15, as atividades estão organizadas da seguinte forma:

- Bloco 1 - Bloco Administrativo
- Bloco 2 - Guarita
- Bloco 3 - Bloco Administrativo
- Bloco 4 - Refeitório
- Bloco 5 - Oficina Mecânica
- Bloco 6 - Depósito de Marketing e Propaganda
- Bloco 7 - Depósito de Geladeiras Expositoras, Salas de apoio à Logística e Serralheria
- Bloco 8 - Armazenamento e Processamento de Reciclagem de Garrafas PET

Figura 15 - Disposições dos Blocos da Edificação

Fonte: De autoria própria.

Os dados técnicos do conjunto são os que segue:

- Área do Terreno: 72.150,23 m²
- Área Construída: 29.480,28m²
- Altura da Edificação: 10,23 m
- Número de pavimentos: 02 (Térreo e Superior)
- Tipo de ocupação: Depósito - J-4 - Depósito com carga de incêndio superior à 1200 MJ/m²
- Distância do Corpo de Bombeiros 13,1 km (15 minutos)

A razão social da empresa em estudo não foi revelada por questões de confidencialidade.

A escolha do objeto de estudo se deu pela disponibilidade do projeto e da heterogeneidade das atividades a serem operadas na edificação.

3.3 MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo de caso foram usados os softwares educacionais da Autodesk, sendo eles o Autocad 2019, Revit 2022, Navisworks 2023.

Como primeiros passos do desenvolvimento, foi realizada a modelagem do conjunto de edificações no software Autodesk Revit 2022, software com suporte ao sistema BIM, usando como referência o arquivo “.dwg” fornecido com o projeto arquitetônico do local. Para que o modelo cumprisse com as expectativas, foram feitas parametrizações em famílias e elementos. Após a modelagem do as *built*, foi criado um novo projeto e vinculado o arquivo anterior para que assim, fossem implantadas as medidas de Proteção Contra Incêndio.

Os equipamento de Proteção Contra Incêndio foram divididos em 3 categorias, sendo elas, Hidráulica, Dispositivos de Alarme de Incêndio e Proteção Contra Incêndio. A primeira categoria abrange os equipamentos do Sistema de Proteção por Hidrantes e Mangotinhos. O segundo abrange os equipamentos que interagem com o sistema elétrico para as edificações, como botoeira de alarme de incêndio, sirenes, sistema de iluminação de emergência entre outros. E por último, a categoria Proteção Contra Incêndio, atende aos demais equipamentos como extintores, sinalização, rotas de fuga, etc...

As medidas de proteção ao incêndio foram implantadas diretamente no softwares Autodesk Revit 2022 e, quando necessário, foram inseridos parâmetros que auxiliaram na análise e exportação das informações. Para este estudo de caso, foram atendidas as exigências do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, dispostas no Decreto Estadual 63.911 (2018) e suas respectivas Instruções Técnicas.

Primeiramente foi realizado a análise das edificações de acordo com a Classificação da Ocupação e foram encontradas as classes:

- D-1 - Escritórios e Salas Administrativas
- F-8 - Refeitório
- G-4 - Oficina Mecânica
- I-1 - Serralheria
- I-2 - Galpão de Reciclagem de Garrafa PET
- J-3 - Depósitos Gerais com carga de incêndio entre 300 e 1.200 MJ/m²
- J-4 - Depósito a céu aberto de fardos de garrafa PET

Assim foi identificado que o Depósito a céu aberto de fardos de garrafa PET fornecia a classificação com maior risco de incêndio e, consequentemente, com medidas de segurança contra incêndio de maior rigor. Portanto, de acordo com o item 1, § 3º do art. 4º do Decreto 63.911/2018, foram consideradas as exigência para edificações enquadradas como J-4 (Figura 16) em todo o conjunto.

Figura 16 - Exigência para edificações classificadas como J-4

TABELA 6J.2
EDIFICAÇÕES DE DIVISÃO J-3 E J-4 COM ÁREA SUPERIOR A 750 m² OU ALTURA SUPERIOR A 12,00 m

Grupo de ocupação e uso	GRUPO J - DEPÓSITO											
	J-3 (risco médio)						J-4 (risco alto)					
	Classificação quanto à altura (em metros)						Classificação quanto à altura (em metros)					
Divisão	Térreo	H ≤ 8	8 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30	Térreo	H ≤ 8	8 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30
Acesso da Viatura na Edificação	X ¹	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Segurança Estrutural contra Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Compartimentação Horizontal ou de Áreas	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X
Compartimentação Vertical	-	-	-	X ¹	X ¹	X	-	-	-	X ¹	X ¹	X
Controle de Materiais de Acumulação	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Saídas de Emergência	X	X	X	X	X	X ¹	X	X	X	X	X	X ¹
Gestão de Risco de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Brigada de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deteção de Incêndio	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X
Alarma de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sinalização de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hidrantes e Mangotinhos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chuveiros Automáticos	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X
Controle de Fumaça	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X

NOTAS ESPECÍFICAS:
 1 - Pode ser substituído por sistema de chuveiros automáticos.
 2 - Deve haver elevador de emergência para altura maior que 60 m.
 3 - Pode ser substituído por sistema de controle de fumaça, detecção de incêndio e chuveiros automáticos, exceto para as compartimentações das fachadas e saídas dos shafts e dutos de instalações.
 4 - A área máxima da compartimentação deve abranger as áreas dos pavimentos e mezaninos interligados sem compartimentação.
 5 - Inclui Bombeiros Civil, quando exigido pela Parte 2 do IT-17.

NOTAS GERAIS:
 a - As instalações elétricas, o GPCd e o controle das fontes de ignição, devem estar em conformidade com as normas técnicas oficiais.
 b - Os subterrâneos das edificações devem ser compartimentados em relação aos demais pisos contíguos. Para subterrâneos ocupados ver Tabela 7.
 c - Observar ainda as exigências para os riscos específicos das respectivas Instruções Técnicas.
 d - Os pavimentos ocupados devem possuir aberturas para o exterior (por exemplo: varandas, sacadas de vidro etc.) no controle da fumaça, dimensionados conforme a disposto no item 1.5.1.

EXIGÊNCIAS PARA O GRUPO J-4:
 e - Em qualquer tipo de ocupação, sempre que houver depósito de materiais combustíveis (J-2, J-3 e J-4), dispostos em áreas descobertas, serão exigidos nestes locais:
 e.1 - Proteção por sistema de federação e brigada de incêndio para áreas delimitadas de depósito superiores a 2.000 m².
 e.2 - Proteção por extintores, podendo os mesmos ficar agrupados em abrigos nas extremidades do terreno, com percurso máximo de 50 m.
 e.3 - Recuo e afastamentos das divisas do lote (terreno): limite do passeio público de 3,0 m; limite das divisas laterais e dos fundos de 2,0 m; limite da bomba de combustíveis, equipamentos e máquinas que produzam calor e outras fontes de ignição de 2,0 m.
 e.4 - O depósito deverá estar disposto em lotes maiores de 20 m de comprimento e largura, separados por corredores entre os lotes com largura mínima de 1,5 m.

Fonte: Decreto Estadual 63.911 / 2018

A implantação das medidas de Proteção Contra Incêndio seguiu o descrito nas exigências estabelecidas pelo Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo e, a seguir, serão apresentados os métodos de implantação das medidas de atendimento para cada item.

3.3.1 Acesso de viatura na edificação

Para atender a IT 06 de 2019, foi definido uma rota usando os parâmetros estabelecidos para acesso da viatura ao local, sendo largura da via de circulação interna igual ou superior a 6 metros e área livre de 4,50 metros de altura.

3.3.2 Segurança Estrutural Contra Incêndio

Foi inserido nos elementos estruturais o parâmetro “TRF”- Tempo de Resistência ao Fogo e, através da ferramenta Autodesk Dynamo Studio foi calculada o Tempo de Resistencia ao Fogo dos espaços e ambientes de acordo com o parâmetro “TRF” dos elementos que os delimitam.

3.3.3 Compartimentação Horizontal ou de Áreas

As áreas de depósito foram compartimentadas horizontalmente em áreas de até 4.000 m² para atender a IT 09/2019.

3.3.4 Controle de Materiais de Acabamento

Foi inserido na categoria materiais um parâmetro de “Classe de material”, cuja a finalidade é fornecer a informação quanto a combustibilidade do material aplicado.

3.3.5 Saídas de Emergência

Para o calculo das Rotas de Fuga e saída de emergência, foram utilizados os recursos Caminho de Deslocamento e Conteúdo de Pessoas e, assim, foi identificada a Rota de Fuga que melhor atendia aos requisitos da IT 11/ 2019 quanto ao tempo de evacuação, largura da rota e das saídas de emergência e distância máxima de percurso.

3.3.6 Gerenciamento de Risco de Incêndio

Em todo o projeto de Proteção Contra Incêndio foram acrescentadas informações importantes à análise do Gerenciamento de Risco, como a carga de incêndio dos espaços, a resistência ao fogo dos elementos, dados técnicos dos dispositivos e equipamentos de contra incêndio entre outras informações.

3.3.7 Brigada de Incêndio

Foi inserido no projeto um parâmetro identificando a quantidade de Brigadistas por setor e sua localização.

3.3.8 Iluminação de Emergência

Foram inseridas informações adicionais nas famílias de iluminação de emergência a fim de compreender sua função no projeto, capacidade de luminância, tensão das luminárias, além da distribuição do sistema elétrico independente com todos os dados técnicos.

3.3.9 Alarme de Incêndio

Para o sistema de alarme de incêndio foi dada atenção especial a inserção das informações que permitirão a interatividade entre o modelo BIM e outros softwares de gerenciamento do sistema de segurança.

3.3.10 Sinalização de Emergência

Foram criadas famílias parametrizadas de sinalização, onde foram inseridos parâmetros personalizados de acordo com o tipo de sinalização além de campos para posterior inserção dos dados da fabricante e, em casos de sinalização fotoluminescente, dos dados de intensidade luminosa, tempo de atenuação, cor durante a excitação e cor da fotoluminescência, de acordo com o exigido pela IT 20.

3.3.11 Extintores

Para os extintores foram acrescentados parâmetros para armazenamento dos dados técnicos e informações referente à manutenção, de modo que possam ser exportadas para outros softwares de gerenciamento dos equipamentos de segurança.

3.3.12 Hidrantes e Mangotinhos

Para o Sistema de Hidrantes foi realizado a modelagem de todo o sistema hidráulico com parametrizações específicas para o atendimento as normas técnicas do Corpo de Bombeiros. Foram necessárias alterações nas famílias de peças hidráulicas genéricas da biblioteca do Revit para que armazenassem informações relevantes e necessárias à análise dos componentes. Foram inseridas também, as informações técnicas das bombas de incêndio, as características dos abrigos de mangueira, bem como, dados relevantes a manutenção dos equipamentos que constituem o sistema de hidrantes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

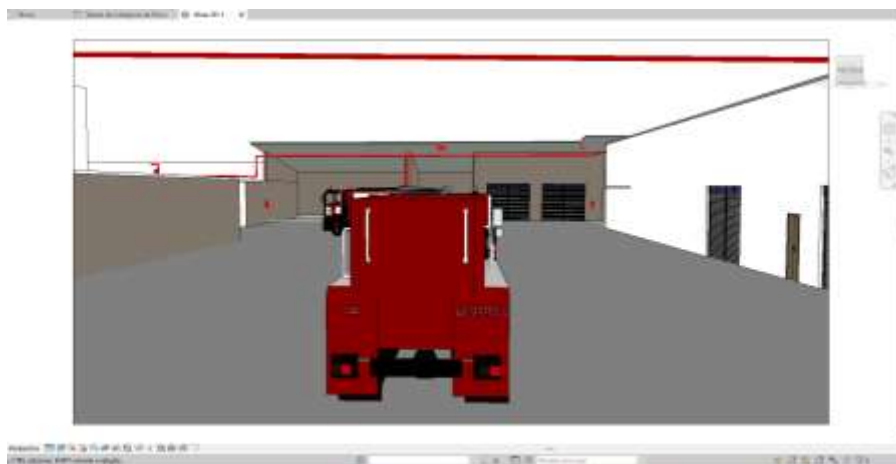
Para apresentar os resultados das técnicas mostradas no Capítulo 3.3, será utilizada a mesma ordem, expondo o impacto dessas técnicas na análise do atendimento às exigências técnicas do Corpo de Bombeiros de São Paulo.

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Acesso de viatura na edificação

Com a modelagem das informações necessárias para acesso das viaturas ao local foi possível identificar os conflitos que poderiam ocorrer entre a viatura e os elementos do conjunto de edificações, principalmente com relação a área livre de 4,50 metros de altura. Essa modelagem foi de grande valia na identificação de uma obstrução na rota de acesso de viaturas ocasionada por uma tubulação aérea do sistema de hidrantes existente que conectava os blocos 5 e 6 e que estava abaixo dessa área livre. Após a identificação deste conflito foi feita a correção (Figura 17).

Figura 17 - Verificação de conflito entre a rota de acesso da viatura e o sistema de hidrantes



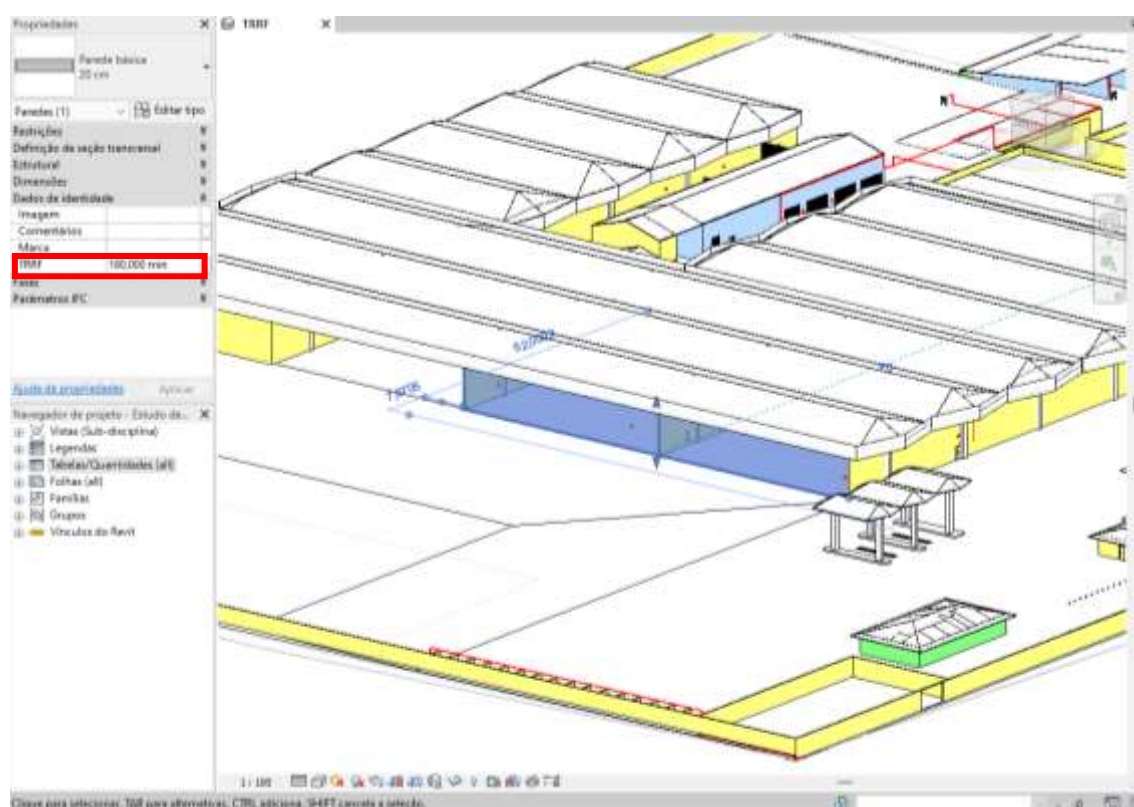
Fonte: De autoria própria.

Para melhor visualização da rota de acesso das viaturas, foi executada a simulação da rota através de um percurso virtual com a altura de 4,50 metros e assim identificar outros conflitos que poderiam estar ocultos na planta.

4.1.2 Segurança Estrutural Contra Incêndio

A inserção dos parâmetros personalizados forneceu a possibilidade da análise visual do Tempo de Resistência ao Fogo, tanto dos elementos quanto dos espaços (Figura 18 e 19).

Figura 18 - TRF dos elementos e dos espaços



Fonte: De autoria própria.

Figura 19 - Tabela de Categoria de Risco e TRF dos espaços

<Tabela de Categoria de Risco>				
A	B	C	D	E
Nome	Divisão IT 14	Carga de Incêndio (MJ/m²)	Área	TRRF
Alto				
Depósito PET	J-4	14102	4280,75 m²	360 min
Baixo				
Central de Gás GLP		3	20,13 m²	360 min
Oficina Mecânica	G-4	300	5109,63 m²	180 min
Refeitório	F-8	300	597,50 m²	180 min
SERRALHERIA	I-1	200	76,00 m²	
Médio				
DEPÓSITO J-3 (COMPARTIMENTADO)	J-3	360	10549,38 m²	180 min
Depósito J-3	J-3	720	1168,37 m²	360 min
Escritório	D-1	700	4577,28 m²	180 min
Galpão de Reciclagem de Garrafa PET	I-2	1000	1685,53 m²	360 min
Guarita	D-1	700	166,17 m²	180 min
Sala Comercial	D-1	700	402,47 m²	90 min
Área Molhada				
Casa de Bombas			131,79 m²	180 min
R.I.			40,95 m²	180 min
W.C.			168,58 m²	180 min
			28974,53 m²	

Fonte: De autoria própria.

4.1.3 Compartimentação Horizontal ou de Áreas

Após a inserção das informações de TRF dos elementos estruturais e espaços foi possível analisar se a compartimentação dos depósitos classificados como J-3 estava de acordo com o exigido na IT 09.

Vale ressaltar que a modelagem de todas as informações do projeto auxilia o profissional responsável pelo projeto de contra incêndio a identificar potenciais falhas ou áreas de atenção no sistema de compartimentação, possibilitando assim, que haja alterações em outra disciplinas para adequação do projeto contra incêndio.

4.1.4 Controle de Materiais de Acabamento

As informações fornecidas sobre a classe dos materiais utilizados nos ambientes (Figura 20), facilita a simulação da propagação do fogo e fumaça, possibilitando a identificação de áreas onde o fogo possa se propagar de forma mais rápido e, assim, permitindo que seja implantada medidas preventivas para essas áreas de acordo com a classe dos materiais ali empregados.

Figura 20 - Tabela de Classes de Materiais por ambiente

<Tabela de espaço>			
A	B	C	D
Divisão IT 14	Nome	Área	Classe de Material
	Casa de Bombas	131,79 m ²	Classe I
	Central de Gás GLP	20,13 m ²	Classe I
	R.I.	40,95 m ²	Classe I
	W.C.	168,58 m ²	Classe I
D-1	Escritório	4577,28 m ²	Classe I
D-1	Guarita	166,17 m ²	Classe I
D-1	Sala Comercial	402,47 m ²	Classe I
F-8	Refeitório	597,50 m ²	Classe I
G-4	Oficina Mecânica	5109,63 m ²	Classe IV-A
I-1	SERRALHERIA	76,00 m ²	Classe IV-A
I-2	Galpão de Reciclagem de Garrafa PET	1685,53 m ²	Classe IV-A
J-3	DEPÓSITO J-3 (COMPARTIMENTADO)	10549,38 m ²	Classe IV-A
J-3	Depósito J-3	1168,37 m ²	Classe IV-A
J-4	Depósito PET	4280,75 m ²	Classe IV-A

Fonte: De autoria própria.

4.1.5 Saídas de Emergência

A funcionalidade dos recursos Caminho de Deslocamento e Conteúdo de Pessoas, acrescido da ferramenta de Percurso Virtual, auxiliaram na obtenção

de uma rota segura e acessível e forneceu a simulação do percurso nestas rotas e a identificação de potenciais falhas do plano de abandono.

Como já apresentado neste trabalho, há também a possibilidade de interação entre o modelo BIM e softwares de criação de jogos que podem fornecer informações importantes quanto ao comportamento dos ocupantes de uma edificação em casos de emergência.

4.1.6 Gerenciamento de Risco de Incêndio

Como o Gerenciamento de Risco de Incêndio engloba informações de diversos parâmetros apresentados neste capítulo, a potencialidade do BIM nesta medida e sua aplicabilidade deve ser considerada através dos dados analíticos obtidos das outras medidas de proteção contra incêndio.

4.1.7 Brigada de Incêndio

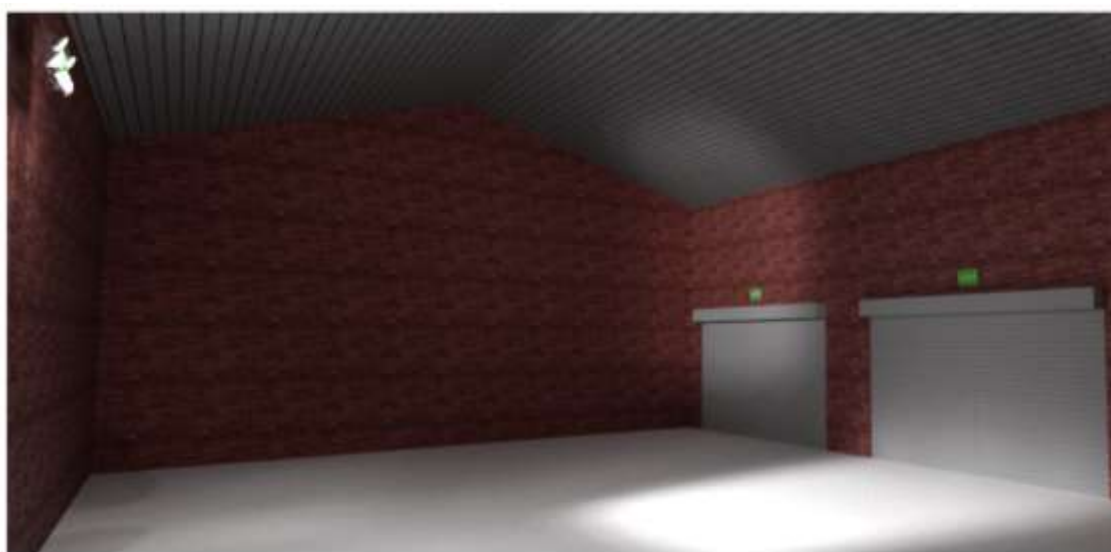
As implantação da metodologia BIM nos outros parâmetros auxiliam no treinamento da Brigada de Incêndio, principalmente nas questões teóricas que podem ser apresentadas em sala de aula com representação tridimensional das edificações, auxiliando na compreensão das medidas aplicadas ao local e agilizando a parte prática do treinamento.

Em casos de sinistro, a interação com outros sistemas de segurança fornece as informações de quantos brigadistas estão na edificação no momento da ocorrência, da sua localização e das áreas abrangidas pelos brigadistas auxiliando na tomada de decisões pelo Coordenador Geral da Brigada.

4.1.8 Iluminação de Emergência

A inserção das informações de segurança nas famílias de iluminação de emergência, auxiliaram na análise da eficácia da distribuição das luminárias. Vale destacar a possibilidade de identificação de áreas de sombra que dificultariam a evacuação em um caso real de emergência (Figura 21).

Figura 21 - Simulação da Iluminação de Emergência



Fonte: De autoria própria.

4.1.9 Alarme de Incêndio

Como mencionado anteriormente neste trabalho, já existem no mercado softwares de segurança que, através da interação com o modelo BIM e usufruindo das informações inseridas no modelo, proporcionam a identificação do local onde o alarme de incêndio foi acionado e, graças à modelagem 3D, favorece a rápida intervenção e tomadas de decisão.

4.1.10 Sinalização de Emergência

Através da utilização dos recursos de visualização 3D, percurso virtual e renderização, foi possível analisar se a sinalização prevista era suficiente e se estava obstruída por algum elemento. No estudo de caso em questão, foi essencial para a efetiva instalação da sinalização sem que houvesse a obstrução pelos elementos construtivos existentes na edificação.

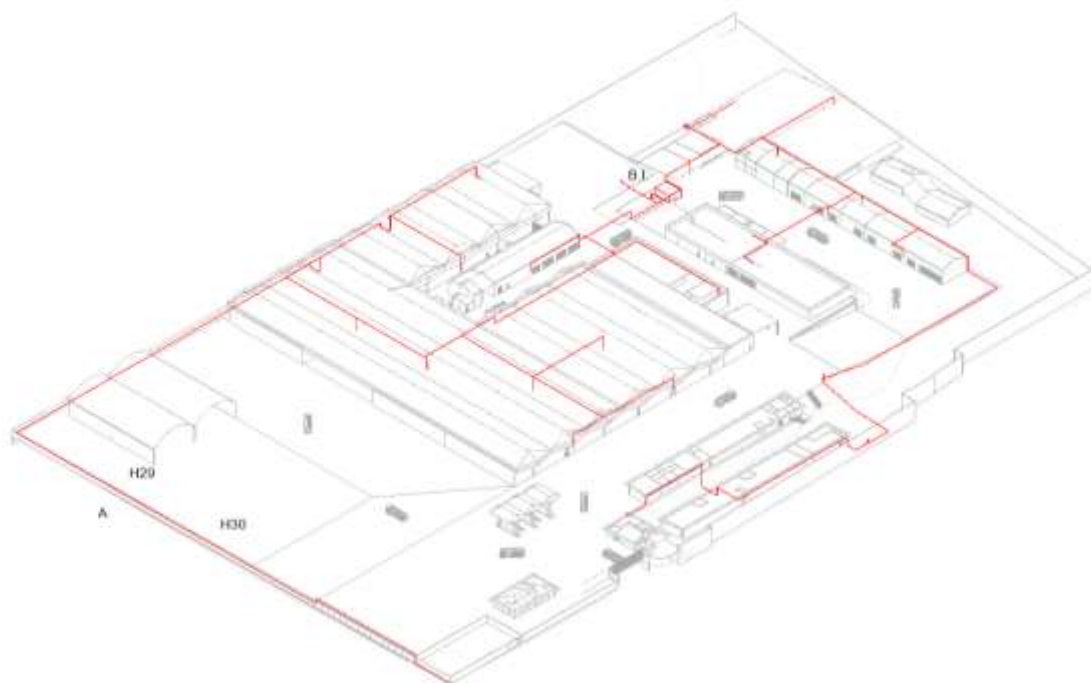
4.1.11 Extintores

Como já mencionado, as informações quanto aos equipamentos de extintores auxiliam na gestão e manutenção do sistema de segurança, fornecendo informações quanto a recarga e teste hidrostático dos extintores.

4.1.12 Hidrantes e Mangotinhos

A funcionalidade BIM para sistemas hidráulicos já é difundida e utilizada há algum tempo, portanto, sua implantação para o sistema de hidrantes pôde ser adaptada sem muitos empecilhos (Figuras 22 e 23). As informações de vazão e pressão exigidas pelo Corpo de Bombeiros foram inseridas nas peças hidráulicas e o cálculo do sistema de hidrantes foi fornecido quase de forma automática, foram necessárias apenas algumas inserções de dados nas conexões, a fim de armazenar o comprimento equivalente e auxiliar na obtenção do memorial de cálculo do sistema de hidrantes. As informações inseridas sobre as bombas de incêndio, as características dos abrigos de mangueira, do teste hidrostático das mangueiras, entre outros, auxiliam na gestão e manutenção do sistema de segurança.

Figura 22- Modelo 3D do sistema de hidrantes



Fonte: De autoria própria.

Figura 23 - Vista do modelo 3D do sistema de hidrantes



Fonte: De autoria própria.

4.2 DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento do estudo de caso foram identificadas algumas vantagens e desvantagens na aplicabilidade do BIM aos processos de Proteção Contra Incêndio. A seguir serão expostos algumas dessas vantagens e desvantagens:

Quadro 3 - Vantagens e desvantagens da aplicabilidade BIM em processos de proteção contra incêndio

Vantagens	Facilidade em gerar as peças gráficas
	Colaboração em tempo real entre as outras disciplinas
	Redução de erros
	Detecção de interferência
	Levantamento de informações qualitativas e quantitativas dos equipamentos
	Simulações da operacionalidade das medidas de contra incêndio
	Interação com softwares diversos através da interoperabilidade.
Desvantagens	Implementação lenta
	Alto investimento inicial
	Falta de biblioteca específica
	Necessidade de parametrização de muitos aspectos
	Necessidade de formatação dos dados gerados para exporta-los

Fonte: De autoria própria.

Algumas das desvantagens já são conhecidos e estão vinculados as dificuldades da difusão da metodologia BIM no Brasil. Portanto, a discussão se dá no sentido da relação entre a aplicabilidade BIM em processos de proteção contra incêndio e a maturidade BIM no Brasil e no mundo.

A expansão do uso desta metodologia e a aplicabilidade em diversos setores da Construção Civil pode potencializar os investimentos e favorecer a aplicabilidade em processos de segurança.

5 CONCLUSÃO

Através das informações obtidas no levantamento bibliográfico acerca do tema, foi possível criar uma base de dados com as principais características do sistema de proteção contra incêndios e da metodologia BIM e correlaciona-los através de trabalhos já publicados sobre o tema.

O estudo de caso forneceu meios de aplicação desses conceitos e a verificação se os métodos já conhecidos são plausíveis com a realidade de utilização, além de sondar a praticidade destes métodos. Ao fim desta etapa foi possível identificar vantagens e desvantagens do uso desta metodologia aplicada a segurança contra incêndio.

Por fim, a conclusão é de que a metodologia BIM está em fase de amadurecimento, tanto no cenário nacional quanto no cenário internacional, porém é incontestável que o BIM é uma tendência do setor de AEC e que os incentivos do Governo Federal para promover e difundir sua aplicação no Brasil tem potencial para que em pouco tempo seja uma ferramenta fundamental nos processos de construção. Sendo assim, pesquisas da aplicação desta metodologia nos diversos segmentos da Construção Civil, tendem a impulsionar os avanços nestas área e trazer novos recursos.

Com relação ao potencial da utilização da metodologia BIM em projetos de prevenção e combate a incêndios, o que fundamenta o objeto deste trabalho, é possível afirmar que há um potencial enorme, mas que está interdependente à difusão do BIM no Brasil. A expectativa é de que as ações público/privadas auxiliem na produção de pesquisas e desenvolvimento de ferramentas que interajam com o modelo BIM e favoreçam a construção de edificações tecnológicas, funcionais e seguras.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13860**: glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro: [s.n.]. 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16820**: Sistemas de sinalização de emergência — Projeto, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2020.
- BERTO, F. **Medidas de proteção contra incêndio : aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios**. São Paulo, p. 351. 1991. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Paulo.
- BORGES, J. F. B. Gestão de Projetos na Construção Civil. **Instituto de Pós Graduação - IPOG** , 2012.
- BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. [S.I.]. 2020.
- CEPA. Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada da USP (CEPA). **MÁQUINA A VAPOR**, 1999. Disponível em: <<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo4A/maquinavapor.htm>>. Acesso em: abr. 2022.
- DANCE, A. Quest for Clues to Humanity's First Fires. **Scientific American**, 2017. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/quest-for-clues-to-humanitys-first-fires/>>. Acesso em: abr. 2022.
- EASTMAN, C. et al. **Manual BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, contrutores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 1 p.
- EASTMAN, C. M. The use of computers instead of drawings in building. **Journal of the American Institute of Architects**, p. 46-50, 1975. tradução nossa.
- EFTEKHARIRAD, R. **Improving Fire Emergency Management Using Occupant Information and BIM-Based Simulation**. Concordia University. Montreal. 2019.
- GERGES, M. **Building Information Modelling for Fire Evacuation in High-Rise Residential Buildings**. Loughborough University. Loughborough. 2020.
- GHALENOEI, K.; SAGHATFOROUSH, E.; REZVANIAN, A. The Use of Building Information Modelling in Fire Safety Engineering. **The First International and Second National Conference on Managment, Ethic and Business**, abril 2020.
- HAMIL, S. What is Building Information Modelling (BIM)? **NBS (National Building Specification)**, 2021. Disponível em: <<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>>. Acesso em: Abr 2022.

KATER, M.; RUSCHEL, R. C. O potencial da verificação automatizada baseada em regras para as medidas de segurança contra incêndio em BIM. **SciELO**, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000400481>>. Acesso em: abr 2022.

KOBES, M.; HELSLOOT, I.; BAUKE DE VRIES, J. G. P. Building safetyandhumanbehaviourinfire:Aliteraturereview. **FireSafetyJournal**, Amsterdam, 4 out. 2009.

KRYMSKY, Y. Archdaily. **A revolução dos softwares de arquitetura**: do padrão único ao DIY, 2015. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/779023/a-revolucao-nos-softwares-de-arquitetura-da-abordagem-uniformizada-ao-diy>>. Acesso em: abr. 2022.

LAISERIN, J. To BIMfinity and Beyond. **Cadalyst - AEC**, Nov. 2007. Disponível em: <<https://www.cadalyst.com/aec/to-bimfinity-and-beyond-aec-insight-column-3686>>. Acesso em: Abr 2022.

MENEZES, G. L. B. B. D. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Minas Gerais, 16 mai 2012. 20.

MITIDIERI, M. L. **Parâmetros para o projeto arquitetônico sob o aspecto da segurança contra incêndio**. Tese (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998.

NFPA - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Glossary of Terms**. [S.I.]. 2021.

PORTO, M.; FRANCO, J. Modelagem da informação para otimização de sistemas de combate a incêndios e pânico em edificações. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, Minas Gerais, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/119625>>. Acesso em: abr 2022.

RÜPPEL, U.; SCHATZ, K. **Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations**. Advanced Engineering Informatics. [S.I.]. 2011.

SANDGATHE, D.; DIBBLE, H. L. Who Started the First Fire? **Anthropology Magazine Sapiens**, 2017. Disponível em: <<https://www.sapiens.org/archaeology/neanderthal-fire/>>. Acesso em: abr. 2022.

SÃO PAULO. **Decreto nº 63.911, de 10 de dezembro de 2018**. São Paulo: [s.n.], 2018.

SÃO PAULO. **Instrução Técnica nº 02 - Conceitos básicos de segurança contra incêndio**. São Paulo: Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2019.

SÃO PAULO. **Instrução Técnica nº 03 - Terminologia de segurança contra incêndio**. São Paulo: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2019.

SÃO PAULO. **Instrução Técnica nº 17 - Brigada de incêndio**. São Paulo: Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2019.

SEITO, A. I. et al. **A Segurança Contra Incêndio No Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SOUZA, G. R. D. Metodologia de gerenciamento de convênios para empreendimentos de construção civil de pequeno porte. **Universidade Federal de Pernambuco**, 2021. 39.

ENEZIA, A. P. P. G. Parâmetros para o projeto arquitetônico sob o aspecto da segurança contra incêndio, São Paulo, 2004.

WANG, K.-C. et al. **Application of building information modeling in designing fire evacuation – a case study**. The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining. [S.l.]. 2014.

WEHBE, R.; SHAHROUR, I. A BIM-Based Smart System for Fire Evacuation. **Future Internet**, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/>>. Acesso em: abr. 2022.

WU, C. **A system architecture for the integration of smoke propagation simulation, evacuation simulation, and Building Information Modeling**. Texas A&M University. College Station. 2017.