



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização em Construção Civil

Daniela Pereira da Costa

**Modelagem de projeto de prevenção e combate a
incêndio e pânico em *software* BIM**

**Belo Horizonte,
2022.**

DANIELA PEREIRA DA COSTA

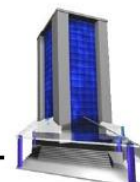
**MODELAGEM DE PROJETO DE PREVENÇÃO E
COMBATE A INCÊNDIO E PÂNICO EM *SOFTWARE*
BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em construção civil do departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Profa. Dra. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

**Belo Horizonte,
2022.**

C837m	<p>Costa, Daniela Pereira da. Modelagem de projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico em <i>software</i> BIM [recurso eletrônico] / Daniela Pereira da Costa. – 2022. 1 recurso online (43 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientadora: Sidnea Eliane Campos Ribeiro.</p> <p>Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.</p> <p>Bibliografia: f. 39-43. Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Construção civil. 2. Incêndios e prevenção de incêndio. 3. Modelagem. 4. Modelagem de informação da construção. I. Ribeiro, Sidnea Eliane Campos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p>
	CDU: 69



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: DANIELA PEREIRA DA COSTA

MATRÍCULA: 2020683479

RESULTADO

Aos 02 dias do mês de setembro de 2022 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“MODELAGEM DE PROJETO DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO E PÂNICO EM *SOFTWARE* BIM”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 80

CONCEITO: B

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Prof^ª. Dr^ª. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Assinatura

Sidnea Eliane
Campos Ribeiro:
67676685672

Assinado digitalmente por Sidnea Eliane Campos Ribeiro
67676685672
DN: c=Brasil, ou=Eliane Campos Ribeiro:67676685672,
O=UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais,
CN=Sidnea Campos Ribeiro
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localidade: assinalação de assinatura aqui
Data: 2022.09.02 09:36:51+0300
PKCS #11 PFX Reader Versão: 11.2.1

Nome

Prof^ª. Dr^ª. Danielle Meireles de Oliveira

Assinatura

Danielle Meireles de
Oliveira:04897576695

Assinado de forma digital por
Danielle Meireles de
Oliveira:04897576695
Dados: 2022.09.02 09:40:06 -03'00'

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 02 de setembro de 2022

Antônio Neves
de Carvalho
Júnior

Assinado de forma digital por
Antônio Neves de Carvalho
Júnior
Dados: 2022.09.02 19:15:00
-03'00'

Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me permitir chegar até aqui com vida e saúde, agradeço também pela vida da minha família e amigos. Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Sidnea Eliane Campos Ribeiro, por toda paciência e acompanhamento.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo apresentar a importância dos projetos na segurança contra incêndio e os benefícios da metodologia BIM para os responsáveis técnicos pelos projetos de incêndio e para o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. A segurança contra incêndio passou a ser vista mundialmente como uma área da ciência e tecnologia que merece ser pesquisada, desenvolvida e ensinada, portanto, pensar em formas mais eficientes, integradas e assertivas para o desenvolvimento desses projetos de segurança contra incêndio é fundamental para o seu desenvolvimento. Atualmente pode-se garantir essa maior eficiência nos projetos através do *Building Information Modeling* (BIM). Para tanto recorreu-se a uma pesquisa exploratória que gerou um maior conhecimento sobre o tema, possibilitando identificar a importância dos projetos de incêndio e auxiliando no desenvolvimento de uma modelagem ilustrativa de um projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico, produzido no *software* Revit. Com o estudo observou-se vantagens e desvantagens na utilização do *software* Revit para modelagem de projetos de incêndio, foi possível verificar uma grande dificuldade na conferência do atendimento as normas de segurança contra incêndio e pânico, sendo necessário a utilização de recursos manuais e trabalhosos para atestar o cumprimento de tais exigências, mas também percebeu-se uma grande facilidade na visualização do sistema, na identificação rápida e prática das interferências com a arquitetura, além de possibilitar o desenvolvimento simultâneo entre outras disciplinas.

Palavras-chave: Projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico. Modelagem. BIM.

ABSTRACT

This study aims to present the importance of projects in fire safety and the benefits of the BIM methodology for those responsible for technical fire projects and for the Military Fire Brigade of Minas Gerais. Fire safety has come to be seen worldwide as an area of science and technology that deserves to be researched, developed and taught, therefore, thinking about more efficient, integrated and assertive ways to develop these fire safety projects is fundamental for your development. Currently, this greater efficiency can be guaranteed in projects through Building Information Modeling (BIM). For that, an exploratory research was used that generated greater knowledge on the subject, making it possible to identify the importance of fire projects and helping to develop an illustrative modeling of a fire and panic prevention and combat project, produced in the Revit software. . With the study, advantages and disadvantages were observed in the use of Revit software for modeling fire projects, it was possible to verify a great difficulty in checking compliance with fire and panic safety standards, requiring the use of manual and laborious resources to attest to the fulfillment of such requirements, but it was also noticed a great ease in visualizing the system, in the quick and practical identification of interferences with the architecture, in addition to enabling simultaneous development among other disciplines.

Keywords: Fire and panic prevention and combat project. Modeling. BIM.

SUMÁRIO

Introdução	08
Capítulo 1: Segurança contra incêndio e pânico	10
1.1 Ciência do fogo e ciência da segurança contra incêndio	10
1.2 Fases de um incêndio	12
1.3 Legislação e normatização	14
1.4 Medidas de segurança contra incêndio e pânico	14
1.5 Definições adotadas pelos Corpos de Bombeiros Militares	16
Capítulo 2: BIM	19
2.1 Conceitos e definições	19
2.2 Modelagem paramétrica	20
2.3 Interoperabilidade	21
2.4 Bim em projetos	22
2.5 Bim em projetos de incêndio	24
Capítulo 3: Métodos e procedimentos de pesquisa	26
Capítulo 4: Resultados obtidos e análise dos dados	27
4.1 Análise dos resultados	36
Considerações finais	38
Referências Bibliográficas	39

INTRODUÇÃO

No Brasil, a mobilização para criação e aperfeiçoamento das medidas de segurança contra incêndio começou a partir da década de 70 após uma sucessão de grandes incêndios, como o incêndio no Gran Circo Norte-Americano, na cidade de Niterói e os incêndios nos edifícios Andraus e Joelma na cidade de São Paulo. (SEITO *et al.*, 2008)

Após todos esses acontecimentos, surgiu em São Paulo e no Rio de Janeiro uma movimentação técnica para elaboração de regras de regulamentação, simpósios e relatórios com orientação sobre o incêndio, e posteriormente em caráter nacional, à norma regulamentadora NR-23- Proteção contra incêndio em 1978 e norma técnica NB 208- Saídas de emergência em edifícios altos em 1974 (SEITO *et al.*, 2008).

Como apontado por Seito *et al.* (2008), a segurança contra incêndio passou a ser vista mundialmente como uma área da ciência e tecnologia, portando um segmento que merece ser pesquisado, desenvolvido e ensinado, assim, somada aos grandes incêndios brasileiros, surgiram às mudanças de comportamento e dos procedimentos, permitindo um grande avanço técnico, que precisa ser atualizado e revisado constantemente para acompanhar as mudanças urbanas e sociais.

Assim como a arquitetura, a estrutura e as instalações hidráulicas e elétricas, a etapa inicial para prevenção e combate a incêndio e pânico, é a concepção do projeto. É na etapa de projetos que é analisada todas as características da edificação e assim definida todas as medidas de segurança necessárias à proteção das edificações conforme sua ocupação e altura, sendo o projeto um elemento fundamental para assegurar a qualidade e implementação das medidas de segurança.

Em todas as disciplinas que compõem uma edificação, o esforço realizado nas etapas de projeto apresenta as maiores oportunidades de intervenção e agregação de valor ao empreendimento. Dessa forma, as fases de concepção e projeto devem ser vistas como estratégicas para a qualidade da construção ao longo de todo o ciclo de vida. O projeto influencia no desempenho de uma edificação durante o seu uso e mais que isso, ele determina grande parte de possibilidade de ganhos financeiros reais, viabiliza a introdução de novas tecnologias no processo

produtivo e possui papel fundamental na produção de edificações de qualidade (OLIVEIRA, 2005).

Portando, pensar no projeto e pensar em formas de projetar mais eficientes, integradas e assertivas, são imprescindíveis para garantir a qualidade de qualquer projeto, em especial os projetos de segurança contra incêndio, e para o desempenho geral da edificação. Atualmente pode-se garantir essa maior eficiência nos projetos através do *Building Information Modeling* (BIM).

Com o BIM é possível criar digitalmente um empreendimento e acessar todas as informações necessárias à construção, fabricação, aos materiais, custos e parceiros necessários para realização de atividades específicas, além de auxiliar no pós-obra, nas manutenções e no acompanhamento ao longo da vida da edificação (MARIA, 2008).

Mesmo com muitas vantagens e ganhos em todas as etapas da construção, é possível observar uma baixa utilização do BIM em projetos de incêndio. Essa baixa aceitação na área de incêndio pode estar relacionada com a aceitação apenas de arquivos em extensão DWG pelos órgãos regulamentadores, no nosso estado, o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), e do atraso na disseminação do BIM no Brasil.

Portando, objetiva-se apresentar a importância dos projetos na segurança contra incêndio e os benefícios da metodologia BIM para os responsáveis técnicos pelos projetos de incêndio e para o CBMMG. Para isso será necessário estudar e apresentar os conceitos técnicos pertinentes ao projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico (PCIP), identificar a importância da interoperabilidade entre arquivos e avaliar os ganhos que a modelagem em *software* BIM pode gerar para os responsáveis técnicos e corpo técnico do CBMMG.

Para atingir todos esses objetivos, será adotada uma pesquisa básica exploratória. O método será utilizado para compreender e gerar um maior conhecimento sobre o assunto. Serão realizadas pesquisas bibliográficas em materiais disponíveis sobre o assunto, consultas às normas técnicas do estado de Minas Gerais e São Paulo e modelagem ilustrativa de um projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico, conforme as exigências do CBMMG, utilizando *software* BIM.

CAPÍTULO 1: SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO

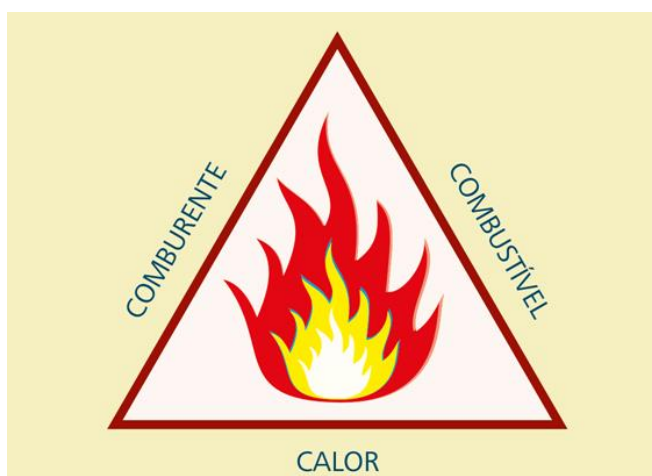
A prevenção e combate a incêndio existe desde a pré-história, quando o homem descobriu e começou a utilizar o fogo para preparar alimentos, para se aquecer e para o tratamento térmico de metais. No processo da evolução humana, o homem procurava dominar as forças da natureza, e com o propósito de se proteger dos efeitos devastadores de um incêndio, várias medidas de prevenção e combate a incêndio foram sendo adotadas, assim como novos equipamentos, novas técnicas e legislações sobre o assunto (CRISPIM; CRISPIM; CIRINO, 2020).

1.1: Ciência do fogo e ciência da segurança contra incêndio

Conforme Seito *et al.* (2008), o estudo do fogo como ciência começou com a criação de uma associação internacional de cientistas das maiores universidades do mundo. E mesmo com grandes avanços na ciência do fogo, ainda não há um consenso mundial em relação à definição do fogo. Aqui, no Brasil, a NBR 13860:1997, define o fogo como um processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.

Inicialmente era a teoria do Triângulo do Fogo, apresentada na Figura 1, que explicava os meios de extinção do fogo pela retirada do combustível, do comburente ou do calor. Assim, era necessário a ligação desses três elementos para que o fogo se mantivesse (SEITO *et al.*, 2008).

Figura 1: Triângulo do Fogo



Fonte: Centro de Treinamentos em Emergência (2017).

Ainda conforme Seito *et al.* (2008), com a descoberta do agente extintor *halon*, foi necessário mudar a teoria, conhecida atualmente como Tetraedro do Fogo, Figura 2. Essa teoria consiste em quatro elementos do fogo, combustível, comburente, calor e reação em cadeia, que devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha.

Figura 2: Tetraedro do Fogo.



Fonte: CBMESP (2019).

Portanto o fogo é um fenômeno físico-químico, caracterizado por uma reação de oxidação, com emissão de calor e luz, necessitando dos quatro componentes para a ocorrência da combustão. Sendo o combustível qualquer substância capaz de produzir calor por meio de reação química da combustão. O comburente a substância que alimenta a reação química da combustão, sendo o oxigênio o mais comum. O calor a energia térmica que se transfere de um sistema para o outro em função da diferença de temperatura entre os dois. E a reação em cadeia à sequência dos três eventos citados, que resulta na combustão (SILVA; VARGAS; ONO, 2010).

A segurança contra incêndio precisa ser estudada, a fim de proteger a vida e o patrimônio e diminuir as perdas devido aos incêndios. É preciso de uma base consistente de dados dos incêndios, para caracterizar suas causas e consequências, para auxiliar nas tomadas de decisões e evitar novos acontecimentos. Esses dados são recolhidos utilizando técnicas de estatísticas e pesquisa científica, rastreando os motivos, origem, temperatura, reações químicas

incompletas, velocidade de propagação, materiais queimados e carga de incêndio. O levantamento desses dados podem gerar análises conclusivas dos fenômenos físicos, químicos e humanos envolvidos no incêndio e servir de estudo para melhorar as medidas de proteção (SEITO *et al.* 2008).

1.2: Fases de um incêndio

O incêndio produz calor, fumaça e chama e tem o seu início e desenvolvimento influenciado pela forma geométrica e dimensões do ambiente, pela superfície específica dos materiais combustíveis envolvidos no incêndio, distribuição dos materiais combustíveis no ambiente, quantidade de material combustível incorporado ou temporário, características de queima dos materiais envolvidos, local do início do incêndio no ambiente, condições climáticas, entre outras. Normalmente o incêndio inicia-se bem pequeno. O seu crescimento dependerá do primeiro item ignizado, das características do comportamento ao fogo dos materiais na proximidade do item ignizado e sua distribuição no ambiente (SEITO *et al.*, 2008).

Conforme o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo (2019) (CBMESP), a evolução do incêndio no ambiente é representada por um ciclo com três fases, sendo a primeira fase a elevação progressiva da temperatura, a fase de aquecimento e a última, a fase de resfriamento e extinção.

Na fase inicial de elevação progressiva da temperatura surge a ignição inicial e grandes variações de temperatura, devido à inflamação sucessiva dos objetos existentes no ambiente. Existe a possibilidade do material envolvido se queimar completamente, sem transmitir o calor a outros materiais do local, isso pode acontecer devido às condições de ventilação ou às diferentes características dos materiais presentes. Nesse caso, o incêndio não avançaria para as outras fases. Nesta primeira fase, a combustão pode gerar gases tóxicos ou asfixiantes, mas o risco de danos à estrutura é pequeno. Se houver a propagação do fogo por convecção ou radiação, o incêndio avança para a fase de aquecimento brusco, podendo ocorrer à rápida elevação da temperatura no local, com o rápido desenvolvimento de fumaça e gases inflamáveis, ocasionado pela combustão simultânea de vários materiais envolvidos. Com a oxigenação do local, causada pelas aberturas das portas e janelas, e a constante inflamação dos objetos, há um aumento cada vez maior da temperatura interna. Assim, o incêndio pode atingir a

sua inflamação generalizada, ou “*flashover*”, nesse momento o ambiente passa a ser completamente tomado pelas chamas e os gases quentes, que são emitidos através de portas e janelas e se queimam no exterior do edifício, em contato com o ar. O tempo para se atingir o “*flashover*” pode ser relativamente curto e depende das características dos materiais de revestimento e acabamento usados no ambiente. A partir daí, o incêndio pode se propagar para outros espaços do edifício por convecção de gases quentes, seja pelo interior da edificação ou pelo exterior, através das aberturas como janelas. A fumaça espalha-se pelo edifício desde a fase anterior à inflamação generalizada, movimentando-se em sentido ascendente. A presença da fumaça e dos gases quentes faz com que as condições de sobrevivência tornem-se críticas mesmo antes do local ser atingido pelas chamas (SILVA; VARGAS; ONO, 2010).

Dependendo da intensidade do incêndio e da proximidade das edificações vizinhas, o incêndio pode ser transmitido por radiação para essas construções. Caso a edificação possua medidas de combate a incêndio suficiente para eliminar o fogo antes do “*flashover*”, a segurança da estrutura será pouco afetada em situação de incêndio. Mas, devido à dificuldade de definir com precisão essa situação, é comum dimensionar as estruturas dos edifícios de maior risco para a máxima temperatura do incêndio, prevendo a ocorrência do “*flashover*”. Após algum tempo, devido ao total consumo do combustível presente no local ou à falta de oxigênio, o incêndio reduzirá a sua intensidade, entrando na fase de resfriamento e, em seguida, a extinção total. Pode-se dizer que a taxa de combustão de um incêndio, velocidade da queima, pode ser determinada pela a velocidade com que o ar é renovado. Também estão dentro dessa equação à quantidade de combustível presente no ambiente e a sua conformação espacial e as dimensões das aberturas (SILVA; VARGAS; ONO, 2010).

1.3: Legislação e normatização

As legislações têm um papel fundamental na segurança contra incêndio. No Brasil as primeiras legislações começaram a aparecer a partir da década de 70, após a ocorrência de grandes incêndios. Antes disso, o incêndio era visto como algo importante apenas para o corpo de bombeiros, que até possuía alguma regulamentação, advinda da área seguradora, indicando em geral a obrigatoriedade de medidas de combate a incêndio, como instalação de hidrantes e extintores, além da sinalização desses equipamentos. Mas foram após dois grandes incêndios na cidade de São Paulo, os incêndios nos edifícios Joelma e Andraus, que começou uma mobilização nacional para as mudanças na regulamentação (SEITO *et al.*, 2008).

Atualmente é possível observar um grande avanço da legislação nessa área. Existe uma variedade de leis e normas, nos níveis federais, estaduais e até municipais, sobre todos os tipos de edificações, que detalham todos os equipamentos necessários, tipos de hidrantes, sinalização de emergência, manutenção, bem como os cuidados especiais na elaboração de projetos e na construção (CRISPIM, 2020).

A Constituição da República Federativa do Brasil, CRFB, atribui competência de segurança pública e defesa civil, entre outros órgãos, ao Corpo de Bombeiros Militar, ficando cada Estado federado responsável por instituir, organizar e regulamentar suas corporações de bombeiro militar, ressalvadas as competências da União (BRASIL, 1988).

Em Minas Gerais (2020), o Decreto 47998, regulamenta a segurança contra incêndio e pânico nas edificações e espaços destinados ao uso coletivo e também atribui CBMMG, ações de fiscalização e controle.

1.4: Medidas de segurança contra incêndio e pânico

A prevenção de incêndio é implantada a partir de atividades que visam evitar o surgimento do incêndio, possibilitando a sua extinção e redução até a chegada do Corpo de Bombeiros Militar. As atividades que visam à proteção contra incêndio nas edificações são agrupadas entre atividade de medidas ativas de proteção, que abrangem a detecção, alarme e extinção do fogo, de forma manual ou automática, e atividades de medidas passivas de proteção, que abrangem o controle dos

materiais, meios de escape, compartimentação e proteção da estrutura (SÃO PAULO, 2019).

As medidas de segurança contra incêndio e pânico (MSCIP), são um conjunto de ações e dispositivos necessários para evitar o surgimento de incêndio e pânico, limitar sua propagação, possibilitar sua extinção e propiciar a proteção e segurança das pessoas, do meio ambiente e do patrimônio. Essas medidas de segurança contra incêndio e pânico das edificações e dos espaços destinados ao uso coletivo, devem proporcionar condições de segurança contra incêndio e pânico aos ocupantes das edificações e dos espaços destinados ao uso coletivo, possibilitando o abandono seguro do local, minimizar os riscos de eventual propagação do fogo em edificações e áreas adjacentes, reduzir os danos ao meio ambiente e patrimônio, proporcionar meios de controle e extinção do incêndio e pânico, dar condições de acesso para as operações do CBMMG e garantir o atendimento de serviços de urgência (MINAS GERAIS, 2020).

Ainda conforme Minas Gerais (2020), no Decreto 47998, as medidas de segurança, além de outras que possam ser adotadas pelo CBMMG, são:

- I – acesso de viatura até a edificação;
- II – separação entre edificações ou isolamento de risco;
- III – segurança estrutural contra incêndio;
- IV – compartimentação horizontal;
- V – compartimentação vertical;
- VI – saídas de emergência;
- VII – plano de intervenção contra incêndio e pânico;
- VIII – brigada de incêndio;
- IX – iluminação de emergência;
- X – sistema de alarme de incêndio;
- XI – sistema de detecção de incêndio;
- XII – sinalização de emergência;
- XIII – sistema de proteção por extintores de incêndio;
- XIV – sistema de hidrantes e mangotinhos.

As MSCIP são disciplinadas por Instruções Técnicas (IT), específicas e são aplicadas a edificações e espaços destinados ao uso coletivo, exceto para edificações residenciais unifamiliares. As MSCIP serão exigidas conforme a ocupação, área total e altura específica de cada edificação.

1.5: Definições adotadas pelos Corpos de Bombeiros Militares

O Corpo de Bombeiros Militar padroniza e define os termos utilizados na Segurança contra Incêndio e Pânico. Os termos que poderão ser utilizados, ou que são importantes nesse trabalho, são:

- “Acesso de viaturas: vias trafegáveis com prioridade para a aproximação e operação dos veículos e equipamentos de emergência juntos as edificações e instalações industriais.” (SÃO PAULO, 2019, p. 2).
- Separação entre edificações ou isolamento de risco: distância segura entre cobertura e fachada de edificações próximas, que se caracteriza pela distância horizontal entre a cobertura de uma edificação e a fachada de outra edificação vizinha;
- Compartimentação horizontal: separação do ambiente através de elementos construtivos resistentes ao fogo para evitar a propagação de um incêndio no plano horizontal;
- Compartimentação vertical: separação de pavimentos consecutivos através de elementos construtivos resistentes ao fogo para evitar a propagação de um incêndio no plano vertical;
- Saídas de emergência: Caminho a ser percorrido pelo usuário em casos de incêndio ou pânico, que conduza o usuário até um espaço aberto protegido ou via pública. O caminho deve ser protegido e sinalizado, composto por portas, corredores, halls, passagens externas, balcões, vestíbulos, escadas, rampas ou outros dispositivos de saída;
- Plano de intervenção de incêndio: Plano criado em função do risco da edificação para estabelecer a utilização dos melhores recursos materiais e humanos em caso de incêndio;
- Brigada de incêndio: Medida de segurança que consiste na organização de um agrupamento de pessoas treinadas e capacitadas para agir na prevenção, abandono de edificação, combate a princípio de incêndio e prestação de primeiros socorros;
- Iluminação de emergência: sistema de iluminação em áreas escuras de passagens, horizontais e verticais, incluindo áreas de trabalho e áreas técnicas, na falta de iluminação normal;

- Sistema de detecção e alarme: conjunto de dispositivos para identificar um princípio de incêndio, notificando a sua ocorrência em uma central, que emitirá um aviso a uma equipe de intervenção ou acionará o alarme para abandono da área;
- Sinalização de emergência: conjunto de sinais visuais que indicam com clareza e rapidez a existência, localização e procedimentos referentes a saídas de emergência, equipamentos de segurança contra incêndio, e riscos potenciais de uma edificação ou área relacionada a produtos perigosos;
- Sistema de hidrantes ou mangotinhos: conjunto de dispositivos de combate a incêndio composto por reserva de incêndio, bombas de incêndio quando necessário, tubulação, hidrantes ou mangotinhos e outros acessórios;
- Rota de fuga: tráfego a ser percorrido pelos ocupantes da edificação a partir de qualquer ponto, de qualquer pavimento até um local seguro, livre de qualquer efeito de um incêndio;
- Porta corta-fogo: porta, marco e acessórios com tempo mínimo de resistência ao fogo, instalada nas aberturas de parede de compartimentação, destinadas a circulação de pessoas e equipamentos. É um dispositivo que retarda a propagação do incêndio e quando instaladas nas escadas de segurança, possibilita que os ocupantes atinjam os pisos de descarga com integridade física garantida.
- Carga de incêndio: soma das energias caloríficas possivelmente liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis presentes no ambiente, inclusive revestimentos de paredes, divisórias, pisos e tetos;
- Extintor de incêndio: aparelho de acionamento manual, constituído de recipiente e acessório, com o agente extintor próprio para combater um princípio de incêndio;
- Agente extintor: substância utilizada para eliminar um fogo;
 - Classe A: Fogo em materiais combustíveis sólidos, que queimam em superfície e profundidade através do processo de pirólise, deixando resíduos;
 - Classe B: Fogo em líquidos e/ou gases combustíveis ou inflamáveis e sólidos combustíveis que se liquefazem por ação do calor, como graxas, que queimam somente em superfície, podendo ou não deixar resíduos;
 - Classe C: Fogo em materiais, equipamentos e instalações elétricas energizadas;

-Classe D: Fogo em metais combustíveis, como magnésio, titânio, alumínio, zircônio, sódio, potássio e lítio;

- Classe K: Fogo em óleos e gorduras, animais e vegetais, utilizados na cocção de alimentos (MINAS GERAIS, 2020, p. 9).

CAPÍTULO 2: BIM

No final da década de 70, a construção civil estava inserida em um contexto complexo, com inúmeras mudanças econômicas, globalização dos mercados e um aumento da complexidade dos processos, acarretando na necessidade de inserção de uma mentalidade industrial, através da aplicação de soluções adotadas na indústria da manufatura. Nesse contexto o conceito de modelagem do produto ganhou forças, dando origem ao BIM, como uma modelagem que busca integrar todos os processos relacionados a construção do produto edificação (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

2.1: Conceitos e definições

O exemplo mais antigo encontrado sobre o conceito conhecido como BIM, foi um protótipo do trabalho “*Building Description System*” de Charles M. “Chuck” Eastman. O Trabalho de Chuck inclui conceitos do BIM, hoje comuns, como:

“...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 á 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 *apud* EASTMAN *et al.*, 2014).

O termo *Building Information Modeling*, Modelagem da Informação da Construção, teve o seu uso documentado em inglês pela primeira vez em um artigo publicado em dezembro de 1992. Já a definição, muda conforme o autor, portando não existe uma única definição ou uma mais correta (EASTMAN *et al.*, 2014).

As definições do BIM são bem diversas e variam conforme alguns autores. Segundo Eastman *et al.*, BIM é uma tecnologia de modelagem e um conjunto aliado de processos que produz, comunica e analisa modelos da construção, gerando e gerenciando informações relacionadas ao seu ciclo de vida, em um banco de dados que pode ser compartilhado entre todos os envolvidos. Os autores Underwoode e Iskdag, o BIM é compreendido como um processo fundamentado em modelos digitais, compartilhados, integrados e interoperáveis que permitem a gestão da informação. Já Nederveen, Beheshti e Gielingh, o BIM é um modelo que envolve uma grande gama de informações sobre o edifício e seus componentes, informações necessárias para dar suporte aos processos do seu ciclo de vida e que pode ser interpretado diretamente por aplicativos de computador (EASTMAN *et al.*, 2008, UNDERWOODE; ISKDAG, 2010, NEDERVEEN; BEHESHTI; GIELINGH, 2010 *apud* SILVA, 2017).

O BIM é uma das maiores promessas de desenvolvimento na indústria da arquitetura, engenharia e construção, (AEC). No BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído digitalmente. Quando completo, o modelo gerado contém a geometria exata e todos os dados relevantes e necessários para a realização da construção (EASTMAN *et al.*, 2014).

Também é possível incorporar muitas funções necessárias para modelar o ciclo de vida da edificação, proporcionando a base para novas capacidades de construção e modificação nos papéis e relacionamentos das equipes envolvidas com o empreendimento. Quando implementado corretamente, o BIM facilita o processo um projeto e construção mais integrado, gerando uma construção de melhor qualidade, com custos e prazos de execução reduzidos (EASTMAN *et al.*, 2014).

No BIM também é possível auxiliar o pós-obra, acompanhando a vida da edificação para manutenção, futuras alterações, além de contribuir com a otimização de processos construtivos e novos materiais (MARIA, 2008).

2.2: Modelagem paramétrica

Conforme Andrade; Ruschel (2009), duas principais tecnologias diferenciam o BIM dos sistemas tradicionais de *Computer Aided Design* (CAD), são a modelagem paramétrica e a interoperabilidade. A modelagem paramétrica é uma representação computacional de um objeto construído com entidades, normalmente geométricas,

que tem atributos fixos e variáveis. Os atributos fixos são denominados por Hernandez (2006), como controlados e os variáveis conforme Eastman *et al.* (2008), representados por parâmetros e regras que permitam ajustes automáticos de acordo com o controle do usuário e as mudanças de contexto.

Os atributos dos objetos são essenciais para a interface de análises, estimativas de custos e outras aplicações, mas antes, esses atributos devem ser definidos pelas empresas ou usuários (EASTMAN *et al.*, 2014).

Na arquitetura, a modelagem paramétrica é utilizada pelas empresas de *software* BIM para criação de um conjunto base de famílias de objetos de construção, que podem ser estendidas, modificadas ou acrescidas. Uma família de objetos permite a criação de qualquer número de instâncias de objetos, com formas dependentes de parâmetros e relacionadas com outros objetos. As empresas precisam ter a capacidade de desenvolver objetos paramétricos definidos pelo usuário e desenvolver bibliotecas corporativas de objetos para controle de qualidade personalizado e para estabelecer suas próprias melhorias. Os objetos paramétricos personalizados permitem a modelagem de geometrias complexas, antes, de difícil manipulação ou impraticáveis (EASTMAN *et al.*, 2014).

Aplicativos computacionais que empregam o conceito de modelos paramétricos permitem a possibilidade de explorar várias soluções de projeto de forma rápida e segura. Novos objetos podem ser criados e reconstituídos sem a necessidade de excluir ou criar outro objeto (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Além dos atributos, a modelagem paramétrica carrega uma variedade de propriedades em seus objetos. As propriedades incluem especificações de materiais necessários para a fabricação, propriedades de materiais relacionados ao desempenho do objeto e propriedades para montagem. Raramente as propriedades são usadas de forma separada.

2.3: Interoperabilidade

Já a interoperabilidade pode ser definida conforme Maria (2008) como a “habilidade de trocar e utilizar informações”. A tecnologia BIM gera uma grande preocupação com a troca de informações entre os participantes e isso acontece pela grande variedade de *softwares* BIM disponíveis no mercado. Quanto maior for a inteligência do modelo, mais importante se tornam os dados a serem intercambiáveis

entre os envolvidos. Desde a concepção até a operação e manutenção da edificação, esses dados serão utilizados e trocados por um grande número de pessoas.

A interoperabilidade identifica a necessidade de passar dados entre aplicações, e para múltiplas aplicações contribuírem em conjunto com o trabalho a fazer. A interoperabilidade elimina a necessidade de replicar a entrada de dados que já foram gerados e facilita fluxos de trabalho suaves e automação. Da mesma forma que arquitetura e construção são atividades colaborativas, as ferramentas que as apoiam também são (EASTMAN *et al.*, 2014, p. 66).

A interoperabilidade facilita de forma automática o fluxo de trabalho entre diferentes softwares durante o processo de projeto. A passagem de dados acontece com o uso de arquivos baseados em formatos de trocas de dados. Os principais modelos de dados do produto da construção civil são o *CIMsteel Integration Version 2 (CIS/2)* e o *Industry Foundation Classes (IFC)*. O CIS/2 foi desenvolvido para ser utilizado em projetos e fabricação de estruturas em aço. Já o IFC é um formato aberto e neutro, com especificações padronizadas para o BIM, sendo usado no planejamento do edifício, no projeto, construção e gerenciamento. O IFC é o principal instrumento para estabelecer a interoperabilidade dos *softwares* da AEC e *facility management*, (FM) (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

O IFC foi desenvolvido para criar um grande conjunto de representações de dados consistentes de informações da construção para intercâmbio entre aplicações de diferentes *software* da AEC. Ele foi projetado para fornecer definições gerais dos objetos e dados, tratando todas as informações da construção, sobre todo o seu ciclo de vida, viabilidade, planejamento, construção, ocupação e operação (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.4: BIM em projetos

Tradicionalmente, os documentos necessários para a execução de um projeto eram organizados individualmente por cada um dos profissionais envolvidos, sejam arquitetos, engenheiros ou empreiteiros. Desse modo era muito comum os erros ou restrições de execução, que só eram resolvidas na fase de construção (MARINHO, 2014).

Com a utilização do BIM, surge um ambiente colaborativo, que antecipa as tomadas de decisão, aumentando a detecção de erros ainda na fase inicial. A organização do BIM baseia-se na transparência, trabalho em equipe, confiança e organização de todos os envolvidos. Os arquitetos podem criar modelos tridimensionais, favorecendo a visualização do modelo por outros autores do projeto, podem executar análise de sustentabilidade, coordenar os diversos projetos de cada disciplina, produzir documentos para a construção, atendendo as alterações de forma rápida, eficiente e consistente. Já os engenheiros de instalações podem projetar sistemas com grande precisão, podem otimizar a distribuição das condutas de forma eficiente e produzir automaticamente listas de materiais das peças projetadas. Essa integração total do projeto em uma única base de dados proporciona ganhos nas previsões quanto no acompanhamento da obra. Esse nível de precisão incorporada nos orçamentos e quantitativos diminuem os desperdícios (MARINHO, 2014).

Eastman *et al.* (2014), aponta alguns beneficiamentos que o BIM causa no processo de projeto. Na etapa de anteprojeto, etapa que envolve o desenvolvimento do plano básico da edificação, o BIM pode provocar um grande impacto no fortalecimento da qualidade das tomadas de decisões, que podem ser bem embasadas em relação ao programa do edifício, limitação de custos e operações e considerações ambientais. Na etapa de projeto e análise dos sistemas prediais, onde são analisados os aspectos funcionais de desempenho, integridade estrutural, conforto térmico e acústico, entre outros, a colaboração dos vários profissionais envolvidos pode ser garantida por meio da integração dos *softwares* utilizados. Para os projetos de execução, os softwares de modelagem incluem regras de colocação e composição que podem acelerar o desenvolvimento da documentação padrão necessária para a construção, acelerando o processo e aumentando a qualidade. Já na integração dos projetos e construção, o BIM facilita a construção rápida e eficiente após o projeto, ou ainda em paralelo ao seu desenvolvimento, enfatizando o crescimento da utilização de um modelo do edifício para o uso direto na construção, permitindo a entrada de informações para a modelagem no nível de produção.

2.5: BIM em projetos de incêndio

O BIM em projetos de incêndio, em um contexto de projetos para a construção, tem um grande potencial na automação de verificação de códigos de segurança contra incêndio. Nos projetos de segurança contra incêndio, um nível mínimo de requisitos devem ser atendidos. Normalmente esses requisitos são estipulados em códigos e normas específicas para garantir à segurança a vida ou ao patrimônio (KATER, RUSCHEL, 2014).

Esses requisitos podem ser verificados através de regras de verificação, automatizando todo o processo de verificação, possibilitando a liberação de especialistas no direcionamento de seus focos e esforços em regras e problemas mais complexos, importantes e ou que sejam de difícil definição e automatização (SILVA, 2017).

No processo de verificação de regras, o modelo BIM é a entrada para os programas específicos de análise automática de geometria, relações espaciais, tolerância, folgas e outras análises dimensionais, conseqüentemente determinando se o projeto proposto está em conformidade com o que foi definido pelo usuário das regras (FRANÇA, 2018).

Eastman *et al.* (2009 França *apud*, 2018) observam um grande potencial das aplicações da verificação de regras e que os principais usuários para a verificação seriam as agências reguladoras, organizações e clientes com edificações específicas e requisitos de conformidades para os padrões internos, podendo ser de segurança, integridade estrutural, consumo de energia ou outros critérios específicos estabelecidos por membros da equipe. A verificação de regras pode ser dividida em quadro etapas:

- etapa de interpretação e estrutura lógica de regras, onde o processo conta com a interpretação do programador para a tradução das regras em códigos computacionais.
- etapa de preparação do modelo, onde arquitetos e engenheiros definem os modelos de construção a serem utilizados na verificação. Esses modelos devem ser preparados de forma a conter toda a entrada necessária ao programa, como geometria e parâmetros associados.

- etapa de execução das regras, reunindo o modelo de informação da edificação e do software de verificação, preparado com as regras que se aplicam no âmbito de verificação em questão.

-etapa de relatórios de resultados, etapa onde são recolhidos em forma de relatório todos os resultados das aplicações das regras de verificação.

Silva (2017) aponta que a grande quantidade de normas e códigos existentes, somado ao fato dessas normas serem escritas por diferentes agentes, em momentos distintos, com várias linguagens, muitas delas ambíguas, interpretativas ou que trazem conceitos implícitos, torna o processo muito complexo. Portanto é importante a estruturação de um processo de compreensão e construção das regras.

Em razão da dificuldade da construção das regras para a conferência automática, não é possível verificar a totalidade das regras contidas nos códigos de construção, sendo necessária à sua classificação. A classificação das regras consiste na análise do conteúdo das regras, avaliando a possibilidade de automação dessa conferência por sistemas e softwares, a fim de mensurar quantitativamente o número de regras que são passíveis de parametrização e o grau de complexidade das mesmas. Essa classificação pode servir como indicador do quanto do código completo foi possível verificar de forma automática, fornecendo uma análise da aplicabilidade dos sistemas de verificação das regras ao mesmo (SILVA, 2017).

A classificação das regras para fins de verificação automatizada permite avaliar a viabilidade e as dificuldades que serão enfrentadas na etapa de tradução das regras, proporcionando assim melhoria de planejamento para esse processo (MAINARDI NETO, 2016 *apud* SILVA, 2017, p. 44).

Kater e Ruschel (2014), conforme Eastman *et al.* (2009) apresenta os diferentes programas que foram desenvolvidos para apoiar aspectos de implementação dos sistemas de verificação, que se aplicam aos dados do modelo de arquivos IFC. Os programas que mais se destacam são o Solibri Model Checker (SMC), programa baseado na linguagem Java, que lê e mapeia os modelos IFC, o Smart Codes, que utiliza uma tecnologia baseada em objetos para a representação dos seus códigos, Jotne EDMModelChecker (EDM), que fornece um banco de dados de objetos que apoia o desenvolvimento das ferramentas de verificação, usando a linguagem *EXPRESS*.

CAPÍTULO 3: MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

O presente trabalho apresenta a modelagem ilustrativa de um projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico utilizando o Revit, software BIM para projetistas, construtores e desenvolvedores. Para fundamentar a aplicação do trabalho foi realizada uma pesquisa exploratória através de materiais disponíveis sobre BIM e sobre projetos de incêndio.

Para auxiliar o PCIP, foi modelado um anteprojeto de um edifício residencial multifamiliar composto de seis pavimentos, com 24 unidades no total. Para a arquitetura do edifício residencial foi necessário consultar a IT 08, saídas de emergência, do CBMMG, IT que apresenta todas as exigências para dimensionamento as saídas de emergências, sendo utilizada para definir as larguras mínimas dos acessos, consultar as distâncias máximas a serem percorridas dentro da edificação, definir o tipo de escada a ser adotada e todas as outras exigências relacionadas às saídas de emergências que podem afetar a modelagem da arquitetura.

Após finalizar a modelagem arquitetônica foi consultado no Decreto 47.998/20 do Estado de Minas Gerais, a classificação correspondente à edificação. Com base na classificação de uso e na altura da edificação, foi consultado na IT 01 do CBMMG, todas as medidas de segurança contra incêndio e pânico necessárias para o local.

Foram realizadas consultas em todas as IT's correspondentes a cada medida de segurança, para apresentar todos os conceitos técnicos pertinentes as medidas de segurança e assim modelar na arquitetura base, todos os sistemas e elementos de segurança exigidos para a proteção da edificação, para então analisar e avaliar todos os ganhos, facilidades e dificuldades encontradas na modelagem de projetos de incêndio em *software* BIM e os ganhos que a modelagem pode gerar para os responsáveis técnicos e corpo técnico do CBMMG.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE DOS DADOS

Foi utilizado o *software* Revit para a modelagem básica da arquitetura de um edifício residencial de seis pavimentos e para modelagem das medidas de segurança contra incêndio e pânico. Inicialmente foi consultada a IT08, saídas de emergência, do CBMMG para identificar todas as exigências da norma, já que tais exigências afetam diretamente a concepção arquitetônica, visto que essa norma determina o tipo de escada necessária para a edificação, as larguras mínimas de acessos, circulações e portas, pé direito mínimo, distâncias máximas que podem ser percorridas pelo usuário da edificação, entre outras.

Conforme a IT08 CBMMG, 2021, as saídas de emergência devem ser dimensionadas em função do número de pessoas que transitam pelo local, não sendo admitidas larguras inferiores a 1,10 m para as ocupações em geral, pé direito inferior a 2,50 m, exceto obstáculos representados por vigas, vergas e portas e as portas devem ter larguras mínimas de 0,80 m, além de abrirem no sentido de trânsito de saída nas salas e rotas de fuga com capacidade acima de 50 pessoas. Os acessos devem ser sinalizados com sinalização de emergência e iluminados conforme IT de iluminação de emergência. Já o tipo de escada e quantidade de saídas devem ser consultas em tabela específica na própria IT, conforme apresentado na Tabela 1. A tabela apresenta o tipo de escada e a quantidade de saídas conforme a altura da edificação, o grupo e divisão. As escadas podem ser definidas como escada comum ou não enclausurada, NE, escada enclausurada protegida, EP e escada à prova de fumaça, PF.

Tabela 1: Número e tipo de escada

Altura (metros)		H ≤ 12		12 < H ≤ 30		30 < H ≤ 54		Acima de 54	
Ocupação		Nº	Tipo Esc.	Nº	Tipo Esc.	Nº	Tipo Esc.	Nº	Tipo Esc.
Gr.	Div.								
A	A-2	1	NE	1	EP	1	PF	1	PF
	A-3	1	NE	1	EP	2	PF	2	PF
B	B-1	1	NE	1	PF	2	PF	2	PF
	B-2	1	NE	1	PF	2	PF	2	PF
C	C-1	1	NE	1	EP	2	EP	2	EP
	C-2	1	NE	1	EP	2	PF	2	PF
	C-3	1	NE	2	PF	2	PF	2	PF
D	-	1	NE	1	EP	1	PF	1	PF
E	E-1	1	NE	1	EP	2	PF	2	PF
	E-2	1	NE	1	EP	2	PF	2	PF
	E-3	1	NE	1	EP	2	PF	2	PF
	E-4	1	NE	1	EP	3	PF	3	PF
	E-5	1	NE	1	EP	2	PF	2	PF
	E-6	2	NE	2	EP	2	PF	2	PF
F	F-1	1	NE	2	EP	2	PF	2	PF
	F-2	1	NE	2	PF	2	PF	2	PF
	F-3	2	NE	2	NE	2	PF	2	PF
	F-4	2	NE	+	+	+	+	+	+
	F-5	2	NE	2	PF	2	PF	2	PF
	F-6	2	NE	2	PF	2	PF	2	PF
	F-7	2	NE	-	-	-	-	-	-
	F-8	1	NE	2	PF	2	PF	2	PF
	F-9	2	NE	2	EP	2	PF	2	PF
	F-10	1	NE	2	EP	2	PF	2	PF
	F-11	2	NE	2	EP	2	PF	2	PF
G	G-1	1	NE	1	NE	1	EP	1	EP
	G-2	1	NE	1	EP	1	EP	1	EP
	G-3	1	NE	1	PF	1	PF	1	PF
	G-4	1	NE	1	EP	1	PF	1	PF
	G-5	1	NE	1	NE	-	-	-	-

Fonte: CBMMG (2021).

Conforme Tabela 1, para a edificação é determinado o uso de uma escada EP. Essa escada deve ter suas paredes resistentes a duas horas de fogo, portas de acesso do tipo corta-fogo, janelas com ventilação permanente e degraus e patamares dimensionados pela fórmula de Blondel. Para consultar a Tabela 1, consultou-se o Decreto 47.998/20 de Minas Gerais e identificou-se a ocupação residencial do grupo A2 como mostrado no Quadro 1.

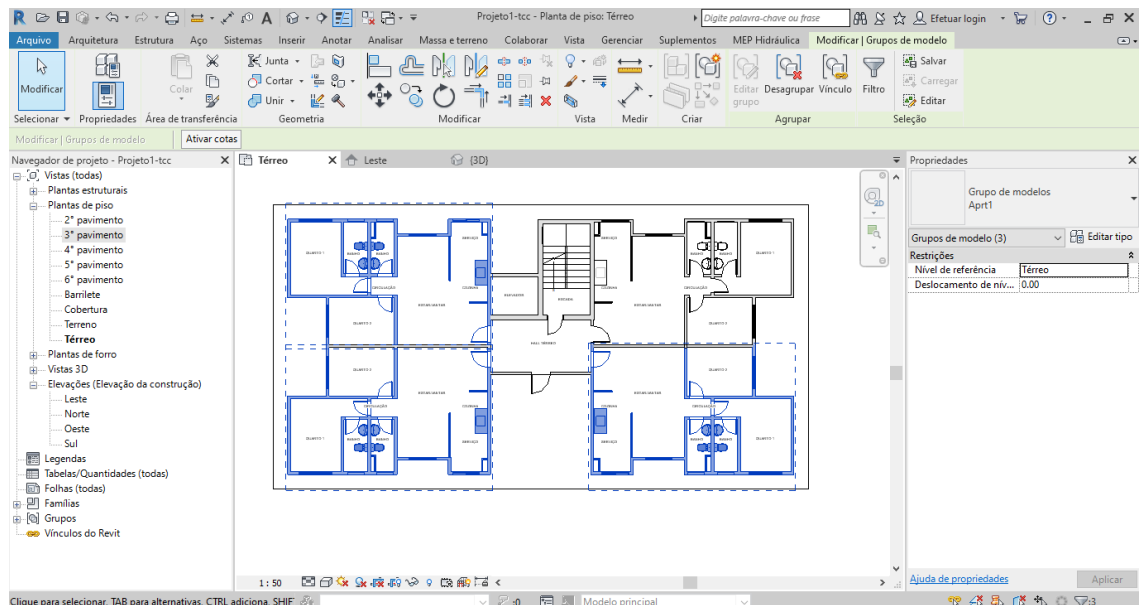
Quadro 1: Classificação conforme Decreto 47.998/20

Grupo	Ocupação /Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	A-1	Habitação unifamiliar	Casas térreas ou assobradadas (isoladas e não isoladas) e condomínios horizontais.
		A-2	Habitação multifamiliar	Edifícios de apartamento em geral.
		A-3	Habitação coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos, residências geriátricas, com capacidade máxima de 16 leitos, sem acompanhamento médico.
B	Serviço de Hospedagem	B-1	Hotel e assemelhado	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, pousadas, albergues, casas de cômodos e divisão A3 com mais de 16 leitos.

Fonte: Minas Gerais (2020).

Após todas as verificações necessárias, seguiu-se com a modelagem da base arquitetônica utilizando uma template padrão disponível no *software*. A modelagem partiu da criação de todos os níveis necessários para a edificação, seguindo com a criação de todos os elementos fundamentais no *hall*, caixa de escada e depois para os apartamentos. No projeto foi adotado uma única tipologia para os apartamentos, dessa forma foi possível modelar uma unidade, agrupa-la e copia-la no restante do pavimento, como mostrado na Figura 03.

Figura 03: Grupo para a tipologia dos apartamentos

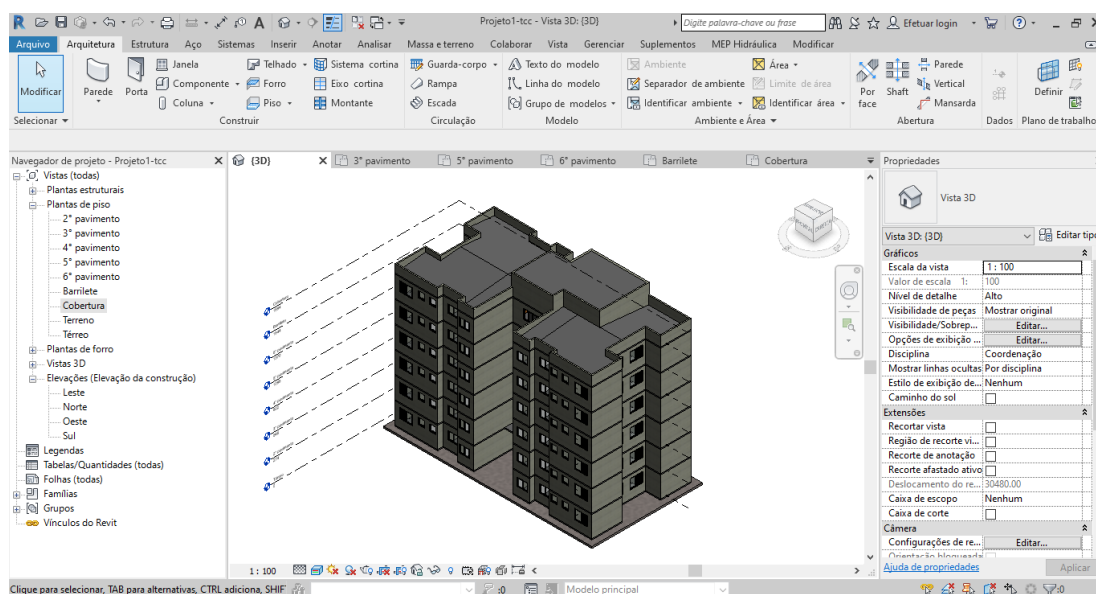


Fonte: elaborado pela autora (2022).

A criação dos grupos auxiliou as mudanças de projeto, a otimização do tempo de modelagem e eliminou divergências entre as unidades, qualquer alteração ou acréscimo efetuado em uma unidade, era alterado nas demais.

Com a modelagem do pavimento térreo pronta, foi utilizado o recurso colar alinhado com vistas selecionadas para replicar o térreo para os demais pavimentos, sendo necessário fazer pequenas adaptações apenas no *hall* e por fim modelar o barrilete e cobertura. Na Figura 04 apresenta-se a modelagem básica completa da edificação.

Figura 04: Base arquitetônica residencial.



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Após conclusão da arquitetura, identificou-se todas as medidas de segurança necessárias para a edificação conforme IT 01, procedimentos administrativos. O Quadro 02 apresenta todas as medidas necessárias para a edificação.

Quadro 02: Medidas de segurança grupo A

**GRUPO A
(RESIDENCIAL)**

Divisão	A-2 e A-3			
	Classificação quanto à altura (em metros)			
	H ≤ 12	12 < H ≤ 30	30 < H ≤ 54	H > 54
Acesso de Viaturas	X ^{(1) (2)}	X	X	X
Segurança Estrutural contra Incêndio	-	X	X	X
Compartimentação Vertical	-	-	X	X
Saídas de Emergência	X	X	X	X
Brigada de Incêndio	-	-	-	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X
Alarme de Incêndio	-	-	X	X
Sinalização de Emergência	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X
Hidrantes e Mangotinhos	X ⁽¹⁾	X	X	X
Controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento	X ⁽²⁾	X	X	X

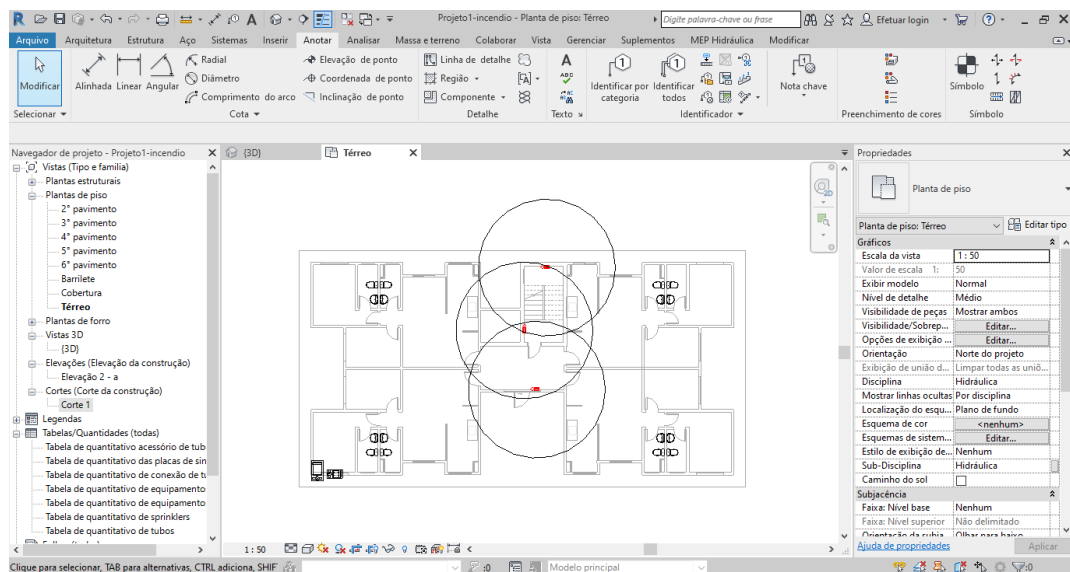
NOTAS:

- 1 - Exigido quando a área total for superior a 1200 m².
- 2 - Exigida nos salões de festas e auditórios com previsão de população superior a 200 pessoas.
- 3 - Exigido para condomínios com arruamento interno, independentemente da área.

Fonte: CBMMG (2021).

Para modelagem do projeto de incêndio foi empregada uma *template* própria para projetos de incêndio e vinculada a base da arquitetura no arquivo. O primeiro passo foi distribuir as luminárias e sinalização de emergência no pavimento térreo, conforme itens das IT's 13 e 15, respectivamente. A conferência de atendimento dos requisitos da norma foi realizada de forma manual, com o auxílio das linhas de detalhes, como mostrado na Figura 5.

Figura 5: Conferência de cumprimento à norma.

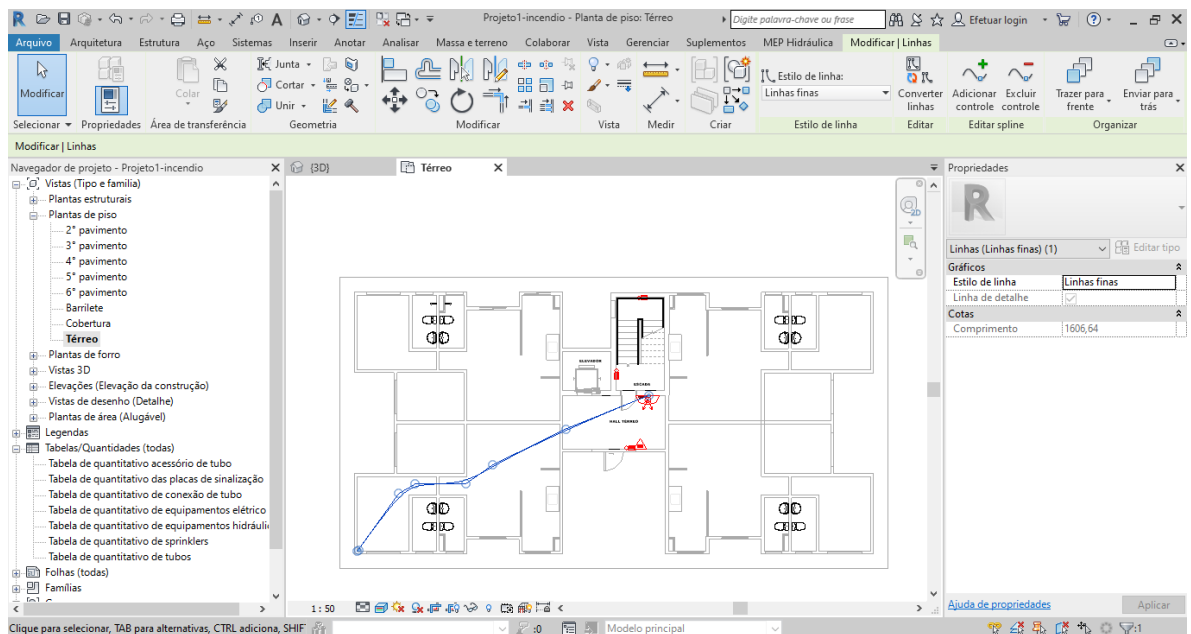


Fonte: elaborado pela autora (2022).

Após validação das luminárias e placas de sinalização foram distribuídos os extintores e hidrantes. Conforme IT 16, sistema de proteção por extintores de incêndio, é necessário no mínimo uma unidade extintora de pó ABC por pavimento, e o usuário não pode percorrer mais de 20m para acessá-lo, além disso deve haver um extintor a no máximo 5 m da porta de acesso, portando o extintor foi instalado de forma a respeitar todos esses itens. A conferência do percurso máximo de 20m também foi de forma manual, traçando com a linha de detalhe a pior situação encontrada pelo usuário.

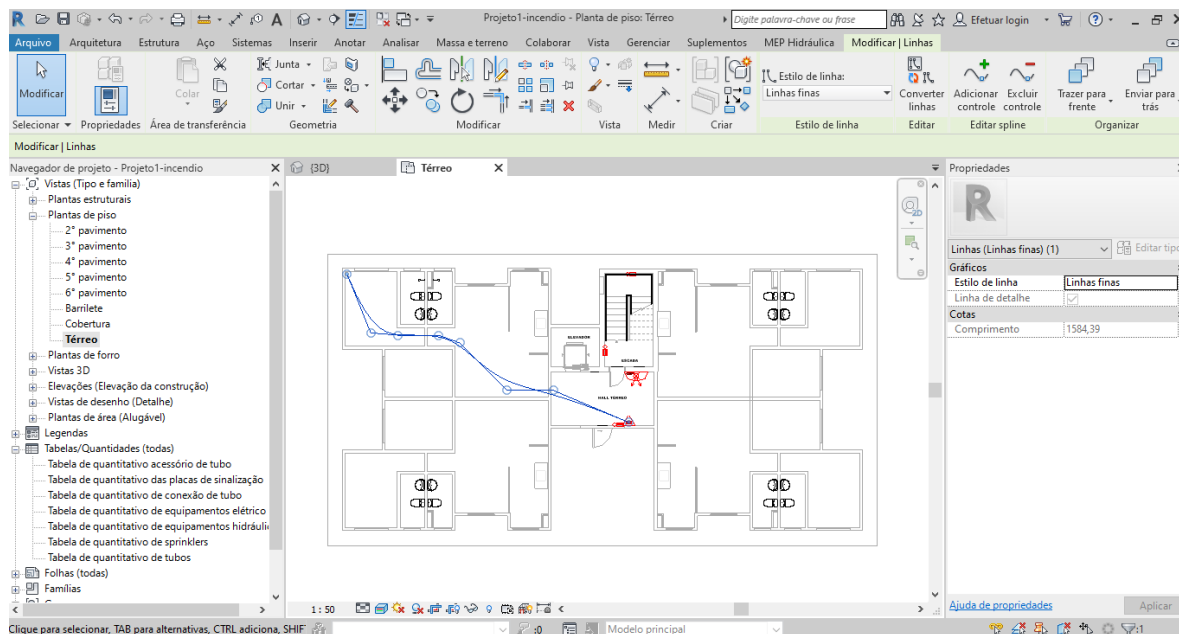
A distribuição do hidrante foi bem similar à do extintor. Foi analisado na IT 17, sistema de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio, a necessidade de instalação do hidrante a no máximo 10m das portas externas e escadas, e uma distância máxima do trajeto real da mangueira de incêndio, que não pode ultrapassar 45m. A conferência também aconteceu traçando o pior percurso utilizado pelo usuário. Nas Figuras 06 e 07 apresenta-se as linhas de detalhe *spline* traçadas, como recurso adotado para conferência de comprimento das normas.

Figura 06: Trajeto real da mangueira de incêndio



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

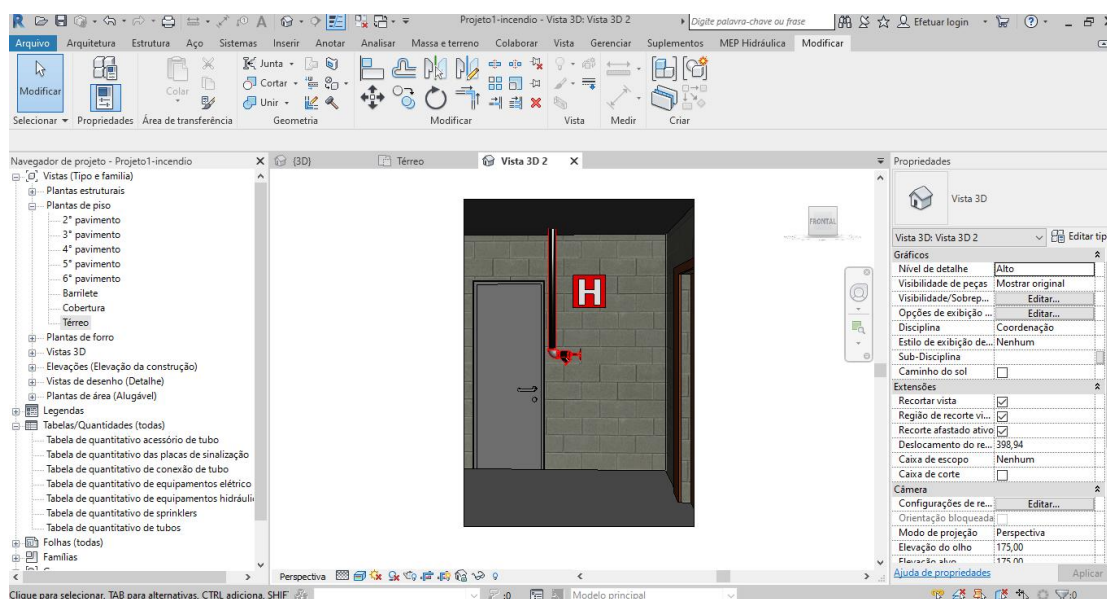
Figura 07: Pior percurso possível



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para o sistema de hidrantes foi modelado todas as tubulações, conexões e distribuição de válvulas, o que permitiu uma visualização real de todo o sistema, identificar qualquer tipo de interferência com a arquitetura, além de auxiliar no quantitativo exato de todos os materiais. Na Figura 08 apresenta-se a rede do hidrante do térreo.

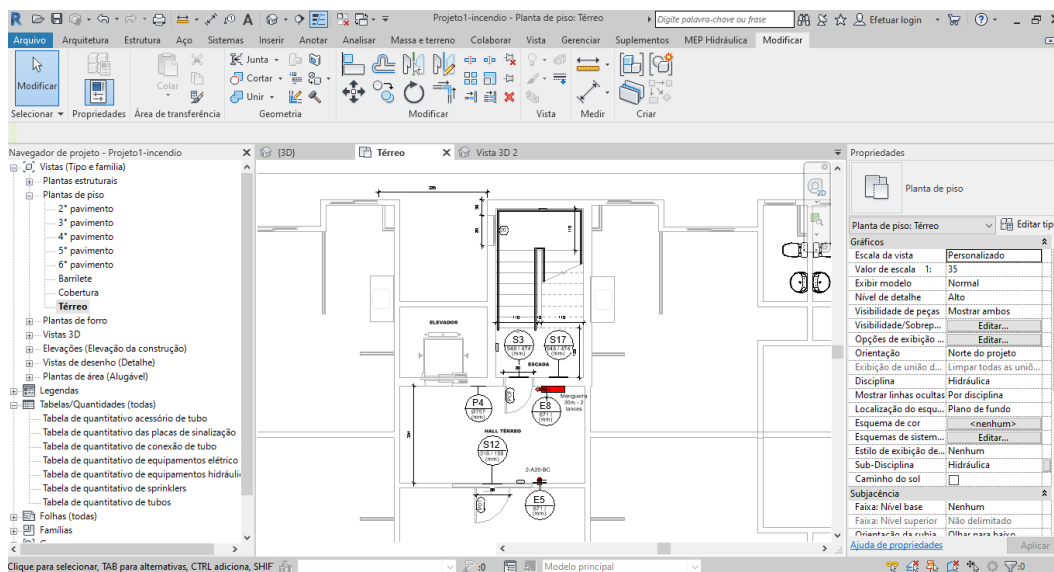
Figura 08: Rede hidrante térreo



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Após a distribuição e conferência de todos os equipamentos, foram acrescentadas as cotas e a identificação automática de portas, janelas, das placas de sinalização e de todos os equipamentos utilizados, conforme Figura 09, concluindo-se o pavimento térreo, que assim como a arquitetura, foi replicado para os demais pavimentos, sendo necessário apenas adequações nas placas de sinalização da caixa de escada.

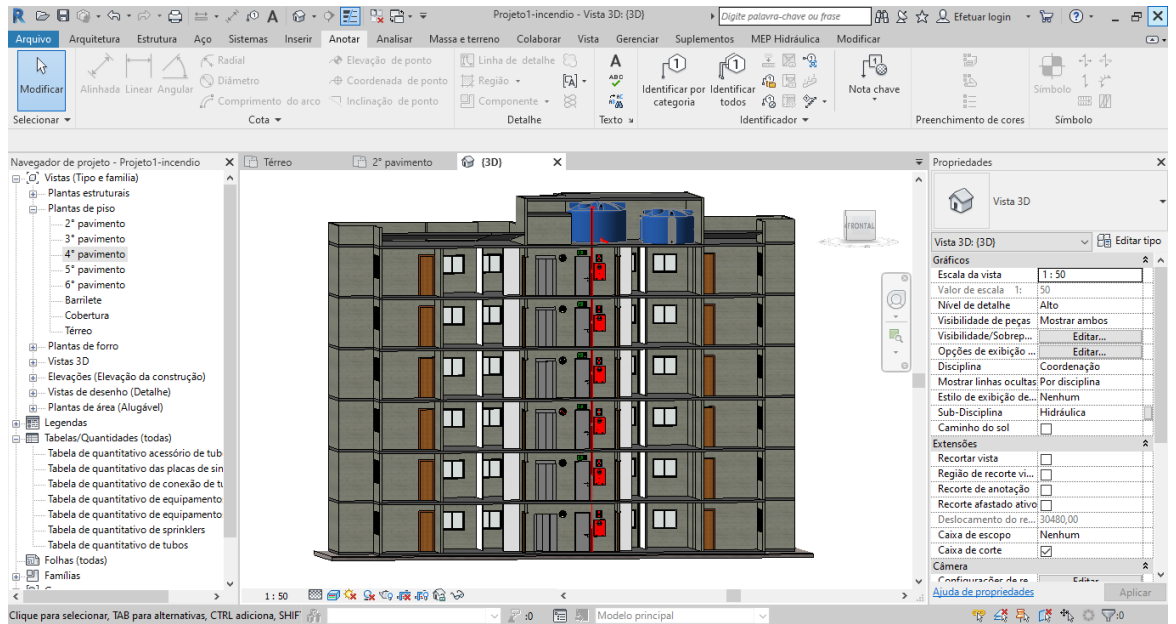
Figura 09: Pavimento térreo.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

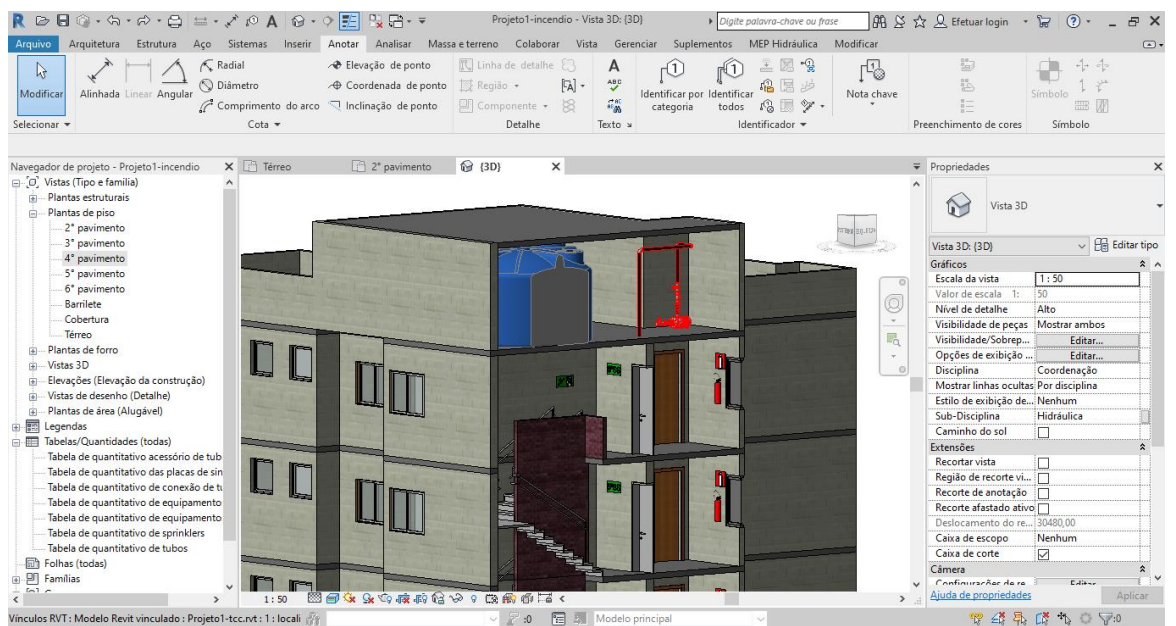
No barrilete foi modelado o restante da rede de hidrantes, conectando todo o sistema a caixa d'água e a bomba para pressurização. Como o objetivo do trabalho foi apenas apresentar a modelagem do sistema, não foi considerado as pressões mínimas e máximas admitidas para o sistema de hidrantes e nem desenvolvidos cálculos para escolha da bomba. As Figuras 10 e 11 apresentam-se a modelagem completa do PCIP.

Figura 10: Modelagem sistema de proteção contra incêndio e pânico



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 11: Modelagem sistema de proteção contra incêndio e pânico



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.1: Análise dos resultados

Os projetos de segurança contra incêndio e pânico são projetos essenciais em edificações e áreas coletivas, prevenindo e reduzindo as perdas humanas e patrimoniais, sendo as medidas de segurança, responsáveis por garantir a segurança da edificação.

Com a modelagem foi possível observar vantagens e desvantagens na utilização do *software* Revit, desse modo, a maior desvantagem encontrada foi na conferência do atendimento as normas de segurança contra incêndio e pânico, foi preciso utilizar recursos manuais e trabalhosos para atestar o cumprimento a todas as exigências, que poderia ser evitado se houvesse bibliotecas mais completas e de melhor qualidade, com parâmetros que pudessem auxiliar nessa conferência ou apresentar o raio de abrangência do equipamento. A utilização de verificação automática de regras também é um recurso que pode ser utilizado nessas conferências, porém é um recurso mais complexo, que requer um conhecimento específico em *softwares* de desenvolvimento de modelos de regras.

Foi desenvolvida uma modelagem para uma edificação simples, pequena e com muitas repetições, portanto a conferência manual não gerou grandes impactos, porém, em projetos maiores e complexos esse ponto poderia inviabilizar a utilização do *software*. Outra desvantagem encontrada é a não aceitação por parte do CBMMG no protocolo de projetos nas extensões compatíveis com o BIM. Conforme item da IT 01, 2021, os arquivos contendo todas as informações de projeto devem ser apresentados em arquivo DWG.

Já as vantagens foram a facilidade de visualização de todo o sistema, que auxiliou nas decisões de projeto, a identificação rápida e prática das interferências com a arquitetura, além da possibilidade de desenvolvimento simultâneo com outras disciplinas e a geração automática de listas quantitativas de todos os materiais e equipamentos utilizados na modelagem.

Essas vantagens podem gerar um ambiente mais seguro e assertivo para os projetistas, já que é possível testar os sistemas e a modelagem é bem similar ao modelo real, além de otimizar o tempo de serviço e contribuir com a troca de informação entre projetistas e disciplinas, já que o modelo permite a interoperabilidade entre os mais diversos *softwares* disponíveis no mercado.

Para os agentes verificadores do CBMMG, mesmo a conferência do atendimento as norma de segurança sendo identificada como uma desvantagem, a possibilidade de desenvolvimento de verificações automáticas de regras e a viabilidade de realizar simulações e testes nos sistemas projetados, podem apresentar muitos ganhos para a corporação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os projetos de prevenção e combate a incêndio são fundamentais para segurança humana e patrimonial e associá-los a modelagem em BIM pode apresentar grandes ganhos, já que o BIM apresenta um grande avanço nos processos de modernização do setor da construção civil no Brasil. Propor a utilização de ferramentas BIM em todas as esferas de projetos é essencial para difusão e aceitação do BIM no país.

Em projetos de incêndio a utilização da metodologia pelos projetistas e responsáveis técnicos ainda é baixa, influenciando indiretamente na disponibilidade e qualidade de famílias de equipamentos de segurança contra incêndio. Enquanto a utilização de ferramentas BIM pode não ser tão eficiente para projetos de incêndio para aprovação, já que o modelo ainda não é aceito pelo CBMMG, para os projetos de execução pode ser uma excelente ferramenta, já que é possível criar e visualizar soluções reais para os empreendimentos, verificar interferência entre todas as disciplinas, modelar todos os projetos necessários simultaneamente, realizar simulações dos sistemas adotados, garantir a interoperabilidade entre os *softwares* e quantificar e orçar todos os itens utilizados no projeto.

Apenas a modelagem do sistema não garante um projeto em BIM. Para gerar um projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico em BIM é necessário trabalhar a edificação como um todo, com uma base arquitetônica mais completa e com todas as disciplinas envolvidas, seja estrutural, de instalações elétricas ou hidráulicas, portanto avaliar o desempenho de projetos de incêndio em BIM, é um tema importante a ser produzido e pode contribuir com a disseminação da metodologia na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Max LiraVeras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. **BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicas no Brasil e tendências.** Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, 1998. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CRISPIM, Calvin Mariano Rêgo; CRISPIM, Honório Assis Filho; CIRINO, Ariandy Rodrigues. **Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio realizado em Software com tecnologia BIM.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 8, p. 60647- 60668, ago. 2020.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman Editora, 2014. 483 p.

FRANÇA, Fernando Wollertt de. **Método para verificação automática de regras utilizando BIM aplicado ao código de segurança contra incêndio e pânico do Paraná (CSCIP-PR).** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Programa de PósGraduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <<https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/trabalhoConclusaoWS?idpessoal=52337&idprograma=40001016049P2&anobase=2018&idtc=44>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

KATER, Marcel; RUSCHEL, Regina. **Avaliando a aplicação de BIM para a verificação da norma de segurança contra incêndio em projeto de habitação multifamiliar.** XV Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, p. 2821- 2831, 12- 14 nov 2014.

MARIA, Mônica Mendonça. **Tecnologia BIM na arquitetura**. 2008. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

MARINHO, António Joaquim Coelho. **Aplicação do Bulding Informations Modeling na gestão de projetos de construção**. 2014. Dissertação (mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2014. Disponível em:
<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/38325/1/Ant%c3%b3nio%20Joaquim%20Coelho%20Marinho.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto 47.998, de 01 de julho de 2020. Dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico no Estado, e estabelece regras para as atividades de fiscalização das medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público, nos termos dos arts. 3º, 4º e 5º da Lei Federal nº 13.425, de 30 de março de 2017, e dá outras providências**. Minas Gerais, 2020. Disponível em:
<https://www.bombeiros.mg.gov.br/storage/files/shares/decretos/Decreto_47.998_atualizado.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

MINAS GERAIS. **Instrução técnica nº 01 9ª edição procedimentos administrativos**. Minas Gerais: Diretoria de atividades técnicas, [2021]. Disponível em: <
https://www.bombeiros.mg.gov.br/storage/files/shares/intrucoestecnicas/IT_01_9a_Ed_portaria_63_errata_03.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

MINAS GERAIS. **Instrução técnica nº 02 2ª edição terminologia de proteção contra incêndio e pânico**. Minas Gerais: Diretoria de atividades técnicas, [2020]. Disponível em: <
https://www.bombeiros.mg.gov.br/storage/files/shares/intrucoestecnicas/IT_02_2a_Ed_portaria_61_errata_34.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2022.

MINAS GERAIS. **Instrução técnica nº 03 2ª edição composição do processo de segurança contra incêndio e pânico (PSCIP)**. Minas Gerais: Diretoria de

atividades técnicas, [2021]. Disponível em: <

https://www.bombeiros.mg.gov.br/storage/files/shares/intrucoestecnicas/IT_03_2a_Ed_portaria_65_emenda_2.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2022.

MINAS GERAIS. **Instrução técnica n. 08 2ª edição saídas de emergência em**

edificações. Minas Gerais: Diretoria de atividades técnicas, [2021]. Disponível em: <

https://www.bombeiros.mg.gov.br/storage/files/shares/intrucoestecnicas/IT_08_2a_Ed_portaria_63_errata_04.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

MINAS GERAIS. **Instrução técnica n. 13 1ª edição iluminação de emergência**.

Minas Gerais: Diretoria de atividades técnicas, [2005]. Disponível em: <

https://www.bombeiros.mg.gov.br/storage/files/shares/intrucoestecnicas/IT_13_1_ed_Portaria_5.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2022.

MINAS GERAIS. **Instrução técnica n. 15 1ª edição sinalização de emergência**.

Minas Gerais: Diretoria de atividades técnicas, [2020]. Disponível em: <

https://www.bombeiros.mg.gov.br/storage/files/shares/intrucoestecnicas/IT_15_1a_Ed_portaria_61_errata_33.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2022.

MINAS GERAIS. **Instrução técnica n. 16 3ª edição sistema de proteção por extintores de incêndio**. Minas Gerais: Diretoria de atividades técnicas, [2020].

Disponível em:

<https://www.bombeiros.mg.gov.br/storage/files/shares/intrucoestecnicas/IT_16_3a_Ed_portaria_61_errata_39.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2022.

MINAS GERAIS. **Instrução técnica n. 17 1ª edição sistema de hidrantes e**

mangotinhos para combate a incêndio. Minas Gerais: Diretoria de atividades técnicas, [2021]. Disponível em: <

https://www.bombeiros.mg.gov.br/storage/files/shares/intrucoestecnicas/IT_17_1a_Ed_portaria_63_errata_05.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2022.

OLIVEIRA, Otávio José de. **Modelo de Gestão Para Pequenas Empresas de Projeto de Edifícios**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-15062005-112500/pt-br.php>>.
Acesso em: 22 fev. 2021.

SÃO PAULO. **Instrução técnica nº 02/2019 Conceitos básicos de segurança contra incêndio**. São Paulo: Secretária da segurança pública, [2019]. Disponível em: <
http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/IT-02-19.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2022.

SÃO PAULO. **Instrução técnica nº 03/2019 Terminologia de segurança contra incêndio**. São Paulo: Secretária da segurança pública, [2019]. Disponível em: <
http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/IT-03-19.pdf>.
Acesso em: 15 mar. 2022.

SEITO, Alexandre Itiu; GILL, Afonso Antonio; ONO, Fabio Domingos Pannoni Rosaria; SILVA, Silvio Bento da; CARLO, Ualfrido Del; SILVA, Valdir Pignatta e. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. 484 p.

SILVA, Flávio Paulino de Andrade e. **Verificação automática dos requisitos de projetos da norma de desempenho pela plataforma BIM Solibri Model Checker**. 2017. Dissertação (mestrado em Construção Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <
https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-B32NDG/1/tese_flavio_p_final.pdf>.
Acesso em: 20 mai. 2022.

SILVA, Valdir Pignatta e; VARGAS, Mauri Resende; ONO, Rosária. **Manual de construção em aço prevenção contra incêndio no projeto de arquitetura**. Instituto Aço Brasil Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/267331401_Prevencao_contra_Incendio_no_Projeto_de_Arquitetura_Construcao_com_Aco>. Acesso em: 22 abr. 2022.

SOUZA, Livia L. Alves; AMORIM, Sérgio R. Leusin; LYRIO, Arnaldo de Magalhães.

Impactos do uso de BIM em escritórios de arquitetura: Oportunidades no

mercado imobiliário. Gestão e Tecnologia de Projetos, v. 4, n. 2, nov. 2009.

Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50958>>.

Acesso em: 24 abr. 2022.