

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

JÚLIA LUZETTI LATRÔNICO

**DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO
PREVENTIVO DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR ATRAVÉS DE
PROGRAMAÇÃO VISUAL**

FLORIANÓPOLIS, 2021

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

JÚLIA LUZETTI LATRÔNICO

**DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO
PREVENTIVO DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR ATRAVÉS DE
PROGRAMAÇÃO VISUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Coorientador:
MSc. Miguel Correia de Moraes

Orientadora:
Dra. Ana Paula Pupo Correia

FLORIANÓPOLIS, 2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Luzetti Latrônico, Júlia
Desenvolvimento do dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo de uma edificação multifamiliar através de Programação Visual / Júlia Luzetti Latrônico; orientação de Ana Paula Pupo Correia; coorientação de Miguel Correia de Moraes. - Florianópolis, SC, 2021.
102 p.
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.
Inclui Referências.

1. Preventivo Contra Incêndio. 2. BIM. 3. Sistema Hidráulico Preventivo. 4. Programação Visual. I. Pupo Correia, Ana Paula. II. Correia de Moraes, Miguel. III. Instituto Federal de Santa Catarina. IV. Desenvolvimento do dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo de uma edificação multifamiliar através de Programação

DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR ATRAVÉS DE PROGRAMAÇÃO VISUAL

JÚLIA LUZETTI LATRÔNICO

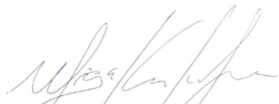
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 20 de setembro de 2021.

Banca examinadora:



Prof. Ana Paula Pupo Correia, Dr^a
Orientadora



Prof. Miguel Correia de Moraes, MSc.
Coorientador



Prof. Samuel João da Silveira. Dr.

Documento assinado digitalmente



Milena de Mesquita Brandao
Data: 25/10/2021 10:09:17-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Milena de Mesquita Brandão, MSc.

RESUMO

Os projetos preventivos contra incêndio têm como principal finalidade minimizar o risco à vida das pessoas e as perdas patrimoniais expostas ao sinistro, por meio de medidas que integram procedimentos, sistemas e equipamentos que devem ser instalados nas edificações. Entre as medidas de combate a incêndio existentes, o sistema de hidrantes torna-se um dos mais importantes, o qual utiliza a água para o controle do fogo em caso de incêndio. No Estado de Santa Catarina, os critérios de concepção e dimensionamento desse sistema são estabelecidos pela Instrução Normativa 007 (IN 007): Sistema Hidráulico Preventivo, que exige para edificações multifamiliares com área superior a 750 m² ou altura superior a 12 metros a instalação de sistema hidráulico preventivo (SHP). Atualmente, o modo mais eficiente de projetar é através da metodologia BIM (*Building Information Modeling*), que permite um maior detalhamento, melhor visualização, integração entre as disciplinas, e assim, minimizando erros na etapa da construção. Neste sentido, a metodologia BIM proporciona a utilização da programação visual para integrar o modelo BIM da edificação e o dimensionamento do sistema. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento e o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo de uma edificação multifamiliar com a utilização de programação visual. Para isso, o objeto de estudo escolhido foi uma edificação multifamiliar modelada no software Revit, que a partir das informações do modelo foi desenvolvida a programação visual através da ferramenta Dynamo. Com a utilização desta ferramenta, foi elaborada uma rotina para o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo do tipo gravitacional da edificação escolhida. A avaliação do uso da programação visual aplicada ao dimensionamento do sistema mostrou o potencial dessa ferramenta em integrar os processos dos projetos para se tornarem mais modernos, assertivos e eficientes.

Palavras-chave: Preventivo Contra Incêndio. BIM. Sistema Hidráulico Preventivo. Programação Visual.

ABSTRACT

The preventive fire fighting and panic projects have as their main goal to minimize the risk to people's lives and the properties exposed in the fire, through methods that integrate procedures, systems and equipments that must be installed in the buildings. Among the existing methods to fire safety, the hydrant system is one of the most important, which uses the water to control the fire. In the State of Santa Catarina, the criteria to design this system is established in the IN007: Hydraulic Preventive System (HPS), that requires for multi-family buildings with area superior than 750 m² or height higher than 12 meters the installation of Hydraulic Preventive System (HPS). Nowadays, the most efficient method of designing is through the BIM (Building Information Modeling) methodology that allows more details, better visualization, project integration, that minimize mistakes during the construction. In this way, the BIM methodology allows the utilization of visual programming language to integrate the BIM model and dimensioning the system. So, the main objective of this study was the development and dimensioning of the hydraulic preventive system of a multi-family building using visual programming language. Thereby, it was chosen a multi-family building as a study object, that used the software Revit to model the building and from the information obtained in the model, it was developed the visual programming through the Dynamo tool. With the utilization of this tool, was elaborated a routine to dimension the building's gravitational hydraulic preventive system. The evaluation of the use of visual programming language applied to the system's dimensioning showed the potential of this tool to integrate the project's processes to become more modern, assertive and efficient.

Keywords: Fire Safety. BIM. Hydraulic Preventive System. Visual Programming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Incêndio no Edifício Joelma em 1974	22
Figura 2 - Componentes do SHP modelados no Revit.....	29
Figura 3 – Modelos de hidrante de recalque: aparente, embutido e abrigo	33
Figura 4 - Objetos BIM fixos, semiparamétricos e paramétricos	37
Figura 5 - Fases, Etapas e Descrição de Desenvolvimento (BIM) de Projetos e Representação Gráfica	39
Figura 6 - Relação entre Níveis de Desenvolvimento, Detalhe e Informação	39
Figura 7 - Diferença entre o fluxo tradicional e o modelo compartilhado de troca de informações entre disciplinas	41
Figura 8 - Regras de verificação classe 3	47
Figura 9 – Estrutura de uma rotina no Dynamo.....	49
Figura 10 – Identidade gráfica da programação visual.....	50
Figura 11 - Código em linguagem de programação visual	51
Figura 12 - Código escrito em texto	51
Figura 13 - Delineamento da pesquisa.....	53
Figura 14 - Projeto arquitetônico utilizado como objeto de estudo da pesquisa.....	55
Figura 15 – Vista frontal da edificação do objeto de estudo.....	55
Figura 16 - Fluxograma de interação Revit – Dynamo	61
Figura 17 - Caminhamento máximo do hidrante no pavimento tipo	63
Figura 18 - Caminhamento máximo do hidrante no térreo	64
Figura 19 - Corte da edificação com detalhes do reservatório e hidrante H1	65
Figura 20 – Planta baixa do hidrante de recalque	65
Figura 21 - Vista 3D do hidrante de recalque	66
Figura 22 – Isométrico do sistema hidráulico preventivo.....	67
Figura 23 – Parâmetros criados no modelo do Revit para auxiliar na rotina no Dynamo	68
Figura 24 – Identificação do trecho T-1	69
Figura 25 - Identificação do trecho T-2.....	69
Figura 26 – Preenchimento dos parâmetros para a conexão tê.....	70
Figura 27 – Rotina desenvolvida no Dynamo para o dimensionamento do SHP	71
Figura 28 - Utilização do nó <i>code block</i> para adicionar informações na rotina	72
Figura 29 – Rotina para cálculo da perda de carga na mangueira no hidrante H1 ...	73

Figura 30 - Rotina desenvolvida para o cálculo da perda de carga no esguicho e altura manométrica.....	74
Figura 31 - Rotina para filtrar as categorias do trecho T-1	75
Figura 32 - Rotina para filtrar e determinar a perda de carga da conexão tê	76
Figura 33 - Rotina para filtrar e determinar a perda de carga do hidrante.....	76
Figura 34 - Rotina desenvolvida para calcular o comprimento real do trecho T-1.....	77
Figura 35 – Somatório do comprimento equivalente e real do trecho T-1	77
Figura 36 – Rotina para cálculo da perda de carga unitária na tubulação	78
Figura 37 – Rotina para calcula da pressão no ponto A.....	78
Figura 38 – Rotina para cálculo da vazão no hidrante H2 e total do sistema.....	79
Figura 39 - Rotina para filtrar as categorias do trecho T-2	80
Figura 40 – Visão geral da rotina para o trecho T-2	81
Figura 41 - Rotina desenvolvida para calcular o comprimento real do trecho T-2.....	81
Figura 42 - Rotina para determinação da altura mínima da RTI.....	82
Figura 43 - Rotina desenvolvida para a verificação do SHP do objeto de estudo	82
Figura 44 – Ajustes no modelo para atender o dimensionamento calculado	83
Figura 45 – Rotina de verificação do SHP após ajustes no modelo.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de ocupação.....	27
Tabela 2 - Medidas de segurança contra incêndio.....	27
Tabela 3 - Volume mínimo RTI.....	30
Tabela 4 - Tipos de mangueiras.....	31
Tabela 5 - Linhas de mangueiras para hidrante.....	31
Tabela 6 - Tipos de sistemas	32
Tabela 7 - Utilização do BIM no Reino Unido.....	42
Tabela 8 - Estrutura de classes.....	44
Tabela 9 - Equivalência da perda de carga das conexões em aço galvanizado	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D - Duas dimensões

3D - Três dimensões

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

AIA – Instituto Americano de Arquitetura

AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BSD – *Building Description System*

BIM - *Building Information Modeling*

CAD - *Computer Aided Design*

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

ICC – Indústria da Construção Civil

IFC – *Industry Foundation Classes*

IN – Instruções Normativas

ISO – Organização Internacional de Normalização

LOD – *Level of Development*

MEP – *Mechanical, Electrical and Plumbing*

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

NBR – Norma Brasileira

NR – Norma Regulamentadora

NSCI – Normas de Segurança Contra Incêndio e Pânico

PPCI – Projeto Preventivo Contra Incêndio e Pânico

RTI – Reserva Técnica de Incêndio

SCI – Segurança Contra Incêndio e Pânico

SHP – Sistema Hidráulico Preventivo

VPL – *Visual Programming Language*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	16
1.2	Problema da pesquisa.....	18
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivo Geral.....	19
1.3.2	Objetivo Específico	19
1.4	Delimitação	19
1.5	Estrutura do trabalho	20
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	Prevenção e combate a incêndio	21
2.1.1	Legislação de combate a incêndio.....	21
2.1.2	Medidas de combate a incêndio	24
2.2	Sistema Hidráulico Preventivo para edificação multifamiliar	26
2.2.1	Componentes do Sistema Hidráulico Preventivo.....	28
2.2.2	Classificação do Sistema Hidráulico Preventivo	33
2.3	O uso do BIM para elaboração de projetos.....	34
2.3.1	Building Information Modeling (BIM).....	34
2.3.2	<i>Level of Development</i> (Nível de Desenvolvimento)	38
2.3.3	Usos e aplicações do BIM	40
2.3.4	Normas brasileiras sobre o BIM	43
2.4	Verificação automática de regras.....	45
2.4.1	Classificação das regras de verificação automática	45
2.4.2	Programação visual	48
3	MÉTODO DA PESQUISA	53
3.1	Objeto de estudo	54

3.2	Dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo	56
3.2.1	Cálculo da pressão no ponto “A”	57
3.2.2	Cálculo da altura (X)	59
3.3	Aplicação da ferramenta Dynamo	60
4	RESULTADOS	63
4.1	Modelagem do sistema hidráulico preventivo	63
4.1.1	Definições para modelagem	63
4.1.2	Critérios de modelagem.....	67
4.2	Desenvolvimento da rotina de programação visual	70
4.2.1	Cálculo da pressão no ponto A (Pa)	71
4.2.2	Cálculo da altura mínima da RTI	79
4.2.3	Verificação da rotina para o objeto de estudo	82
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	86
	REFERÊNCIAS.....	87
	APÊNDICE A – ROTINAS DESENVOLVIDAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SHP	93

1 INTRODUÇÃO

A principal finalidade dos projetos de prevenção e combate a incêndios nas edificações é a busca em minimizar o risco à vida das pessoas expostas ao sinistro e a redução de perdas patrimoniais. Em incêndios, a principal causa dos óbitos é devido a exposição à fumaça tóxica, gerada nos primeiros momentos do sinistro. A vulnerabilidade humana durante a exposição ao incêndio nas edificações coloca em risco suas vidas devido a fumaça, calor, aos gases quentes, e a instabilidade dos elementos construtivos (SILVA; VARGAS; ONO, 2010).

O incêndio compromete a segurança das edificações devido a rápida combustão do fogo, que se manifesta por meio de chamas geradoras de fumaça, gases e resíduos, visto que, o comportamento do fogo pode ser muitas vezes imprevisível (BRENTANO, 2007).

Ainda que muitos estudos já tenham sido realizados, muito ainda deve ser desenvolvido, pesquisado, planejado e introduzido em nossas regulamentações para que possamos alcançar um nível adequado de segurança contra incêndio (SEITO et al., 2008).

A segurança contra incêndio no Brasil ganhou maior relevância na década de 70 após incêndios de grandes proporções ocorrerem na cidade de São Paulo, como no Edifício Andraus e no Edifício Joelma. A partir desses trágicos eventos, o país iniciou o aprimoramento e melhorias das normas, códigos e regulamentações de segurança contra incêndios (BRENTANO, 2007).

Com o intuito de preservar e proteger a vida humana, o patrimônio e o meio ambiente, atualmente, os estados brasileiros apresentam legislações específicas, compostas por Normas Técnicas, Leis, Portarias e Resoluções do Corpo de Bombeiros, que orientam na elaboração dos projetos de prevenção e proteção contra incêndio.

Em Santa Catarina, o órgão responsável pela criação das Normas de Segurança Contra Incêndio e Pânico (NSCI) e a fiscalização do cumprimento é o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Na elaboração do Projeto Preventivo Contra Incêndio e Pânico (PPCI) devem ser aplicadas essas normas, que são estabelecidas pelo órgão responsável por meio de Instruções Normativas (IN), as

quais trazem informações de especificações e dimensionamento de todos os sistemas e medidas de proteção contra incêndio e pânico de uma edificação.

Entre as Instruções Normativas (IN) do CBMSC, a IN 007, atualizada em 2020, define as diretrizes para concepção do sistema hidráulico preventivo (SHP) e a IN 001 estabelece as exigências de instalação dos sistemas nas edificações, como o uso de hidrantes para a extinção do fogo utilizando água. A IN 001 determina que para edificações residenciais multifamiliares verticais que possuem área superior a 750 m² ou altura superior a 12 metros devem apresentar sistema hidráulico preventivo (CBMSC, 2020a). À vista disso, este trabalho buscou através do seu objetivo desenvolver o dimensionamento do SHP pela utilização de programação visual em um objeto de estudo que atende a categoria de edificação residencial multifamiliar vertical, seguindo as Instruções Normativas do CBMSC.

Nas edificações, os materiais usados nos acabamentos e revestimentos internos são de extrema importância para a segurança contra incêndio, dependendo da sua composição, podem contribuir para a evolução do fogo (SILVA; VARGAS; ONO, 2010). A ABNT NBR 12693:2021 divide o incêndio em cinco classes A, B, C, D e K. Esta divisão acontece de acordo com os materiais aplicados na edificação, como por exemplo, a classe A é caracterizada por materiais combustíveis que queimam em superfície, profundidade e deixam resíduos como os encontrados em edificações residenciais: madeira, papel, tecido, borracha, isopor e plástico. Para os materiais usualmente empregados na classe A, a água é o agente extintor mais indicado, atuando através da extinção do fogo por resfriamento, diminuindo a temperatura de queima até apagar e o combustível não mais reaja com o oxigênio (AITA; PEIXOTO, 2012).

Os materiais da classe A são predominantes nas edificações multifamiliares, assim, pode-se perceber a importância do sistema hidráulico preventivo na segurança nessas edificações. Em que neste tipo de sistema, diferentemente dos equipamentos portáteis utilizados para combater o princípio de incêndio, o sistema de hidrantes tem o objetivo de dar sequência ao combate do fogo quando os equipamentos portáteis se tornam ineficientes e o fogo se alastra rapidamente (AITA; PEIXOTO, 2012).

Para assegurar a efetividade da prevenção contra incêndio de uma edificação, devem ser realizadas todas as fases do processo construtivo, sendo que

grande parte da segurança contra incêndio é resolvida nas fases de projeto. Assim, os itens previstos em projeto devem ser considerados na fase de construção do edifício garantindo assim tanto a confiabilidade como a efetividade do projeto, evitando riscos funcionais, gastos excessivos e níveis de segurança inadequados (SEITO et al., 2008).

Dessa forma, a melhora da relação entre projeto e construção, deve-se a expansão e transformação que o *Building Information Modeling* (BIM) proporciona para a concepção de projetos. Desde o final da década de 70, o BIM tem mudado o cenário da elaboração de projetos, através de mudanças tecnológicas de processos para a área da construção civil. A metodologia BIM tem o potencial de alterar a cultura dos agentes de toda a cadeia do setor da construção civil, pela necessidade de novos métodos de trabalho e posturas de relacionamento entre arquitetos, projetistas, consultores, contratantes e construtores (CATELANI; SANTOS, 2016).

A introdução do BIM aumenta a eficiência na gestão de informações durante a elaboração dos projetos e fases da construção, dessa forma, potencializando a competitividade de melhora a sustentabilidade do setor (TC442, 2020). O BIM permite a criação de um modelo 3D inteligente que possibilita o gerenciamento, coordenação e simulação durante todo o ciclo de vida do projeto como durante as fases de planejamento, documentação, modelagem, construção, operação e manutenção (AUTODESK, 2021). Dentre os diversos softwares que empregam a metodologia BIM, a atual líder no mercado de softwares BIM no Brasil é a Autodesk, criadora do Revit (CBIC, 2016c).

Entre os softwares BIM existem métodos de modelagem paramétricas que permitem a produção de modelos baseados em variáveis específicas. O conceito de modelagem paramétrica se estende desde um parâmetro simples de comprimento ou altura até uma arquitetura complexa com diversos parâmetros e geometrias, sendo que um dos métodos de modelagem paramétrica integradas ao BIM é a utilização da programação visual. Mundialmente, as ferramentas de programação visual mais empregadas são o Grasshopper3D do ArchiCad e o Dynamo do Revit (WAHBEH, 2017).

A partir da pesquisa das ferramentas mais aplicadas, este trabalho buscou integrar as diversas ferramentas que a metodologia BIM proporciona para o modelo, dessa forma, foi definida a utilização dos recursos disponibilizados pela empresa

Autodesk, sendo o software Revit para a modelagem do sistema hidráulico preventivo e o Dynamo para criação de rotinas de dimensionamento do sistema com as informações extraídas do modelo, para assim, determinar a pressão no ponto A e a altura da reserva técnica de incêndio (RTI) do objeto de estudo.

1.1 Justificativa

As consequências que os incêndios causam à sociedade são significativas: perdas sociais, econômicas e humanas. Com o intuito de proteger as edificações são adotadas medidas para o combate através de equipamentos e diretrizes amparados por legislações. Nas edificações multifamiliares que requerem o uso de sistema hidráulico preventivo, exigidos por Normas Técnicas para combater o incêndio com um conjunto de equipamentos e instalações que permitem acumular e transportar a água – o agente extintor.

A elaboração de projetos de prevenção e combate a incêndio utilizando softwares BIM trazem a eficiência da metodologia para os projetos de instalações como maior detalhamento, melhor visualização, integração entre as disciplinas, detecção de falhas e assim, minimizando erros na construção (AUTODESK, 2021).

A ideia deste trabalho surgiu pela experiência da autora em estágios na área de projetos, em especial, em projetos de prevenção e combate a incêndios (PPCI) para edificações residenciais multifamiliares utilizando a metodologia BIM. Durante essa experiência em escritório de projetos complementares em BIM, o Revit foi o software utilizado para a modelagem e documentação dos projetos. No entanto, pôde-se identificar uma deficiência na utilização do software para o dimensionamento das instalações, assim este trabalho buscou integrar os processos de modelagem e dimensionamento utilizando o mesmo software e a ferramenta Dynamo disponibilizada pelo mesmo.

A escolha do software BIM utilizado neste trabalho ocorreu pela familiaridade e habilidade da autora com o Revit, o qual foi introduzido o ensino desde o início da graduação pela grade curricular do curso de Engenharia Civil no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC). No Brasil, a empresa Autodesk, inventora do Revit é a líder no mercado de softwares BIM, utilizado por diversos usuários no país (CBIC, 2016c), além disso, a empresa fornece licença

gratuita para que estudantes possam ter contato com a ferramenta desde a graduação.

Nos projetos de instalações, o Revit auxilia engenheiros, arquitetos e projetistas a modelar em alto nível de detalhe e a cooperar com colaboradores, na integração dos projetos em um único modelo, na documentação de pranchas e extração de quantitativos (AUTODESK, 2021). Além da Autodesk, existem outras empresas que possibilitam a elaboração de projetos de prevenção e combate a incêndio em BIM como a empresa brasileira AltoQi, que criou o software QiIncêndio que integra diretamente a modelagem, dimensionamento e documentação do sistema, no entanto, este em questão não disponibiliza versões gratuitas para estudantes.

Uma outra razão para a escolha do uso do Revit nessa pesquisa, além do que já foi explicitado anteriormente envolve a ferramenta disponibilizada pela Autodesk, o Dynamo.

A ferramenta lançada pela Autodesk em 2011, é uma plataforma de código-fonte aberto para o BIM alimentada pelos usuários que apresenta uma conexão direta do algoritmo do Dynamo e o Revit, proporcionando uma extensão do BIM para que os usuários melhorem suas experiências e ultrapassem as barreiras do software. A interligação entre essas duas ferramentas pode ser empregada desde o início do projeto para manter o controle dos dimensionamentos do modelo e ter a possibilidade de integrar diversos tipos de códigos quando necessário, tanto relacionados a geometria quanto ao processamento de soluções automaticamente (WAHBEH, 2017).

O Dynamo é uma ferramenta de programação, que aplica a linguagem de programação visual. Este tipo de programação tem por característica a apresentação de uma interface visual agradável para que os usuários possam montar suas próprias aplicações sem possuir conhecimento prévio em linguagens de programação, por meio de rotinas lógicas que podem melhorar e automatizar fluxos de trabalho (DYNAMO PRIMER, 2019).

Sendo assim, este trabalho de conclusão de curso buscou a integração que o BIM proporciona nos processos presentes na elaboração de projetos, utilizando o Revit para a modelagem do SHP e a linguagem de programação visual na criação de rotinas para o dimensionamento do sistema, com o intuito de aumentar a efetividade e assertividade dos projetos.

1.2 Problema da pesquisa

Este trabalho se baseia nas Normas Técnicas Brasileiras (NBR) como a NBR 13714:2000 – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio e as Instruções Normativas do Estado de Santa Catarina pela Instrução Normativa 001 (Procedimentos Administrativos: Sistemas e Medidas de Segurança contra Incêndio e Pânico – Parte 2) e a Instrução Normativa 007 (Sistema Hidráulico Preventivo) do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina, que contêm informações necessárias para o processo de concepção e dimensionamento do sistema.

Através da utilização das normas citadas, este trabalho buscou a aplicação da metodologia BIM em todas as fases da elaboração do projeto do sistema hidráulico preventivo (SHP) para o objeto de estudo selecionado. Dessa forma, foi indicado para esse trabalho a utilização do software Revit para a modelagem do sistema e a ferramenta Dynamo para dimensionar o SHP com o intuito de facilitar os processos através da integração entre esses dois programas, que são produzidos pela mesma empresa, a Autodesk, assim evitando a necessidade de utilizar outros programas externos que não se conectam diretamente ao Revit.

1.3 Objetivos

Neste item são expostos o objetivo geral e objetivos específicos do presente trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo (SHP) do tipo gravitacional de uma edificação multifamiliar através da utilização de programação visual computacional, amparado pelas regulamentações da Instrução Normativa 007 – Sistema Hidráulico Preventivo do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC).

1.3.2 Objetivo Específico

a) Aprofundar o conhecimento sobre os componentes do Sistema Hidráulico Preventivo em edificação residencial multifamiliar conforme a Instrução Normativa 007 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC);

b) Criar critérios para a modelagem do SHP no Revit para o desenvolvimento da rotina de dimensionamento do sistema no Dynamo;

c) Desenvolver rotinas de programação visual no Dynamo para calcular o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo do tipo gravitacional do objeto de estudo selecionado.

1.4 Delimitação

Este trabalho se limita à criação de rotinas para o dimensionamento de sistema hidráulico preventivo do tipo gravitacional, com a finalidade de determinar a pressão no ponto A do sistema e a altura mínima da reserva técnica de incêndio (RTI) na edificação multifamiliar utilizada como objeto de estudo. Sendo essas rotinas desenvolvidas no Dynamo e a modelagem das instalações no software Revit. A norma utilizada para avaliar a conformidade do dimensionamento do sistema hidráulico preventivo é a Instrução Normativa 007 (Sistema Hidráulico Preventivo) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, norma vigente no Estado de Santa Catarina.

O objeto de estudo adotado neste trabalho foi um projeto de uma edificação residencial multifamiliar de 3 pavimentos tipo com abastecimento por reservatório superior, que com base neste projeto foi modelado o SHP do tipo gravitacional com 4 hidrantes, e posteriormente foi verificado pela rotina criada a sua conformidade com a IN007 do CBMSC.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos, descritos da seguinte forma:

O capítulo 1 contém a introdução, justificativa, problema da pesquisa, objetivos, delimitação e estrutura do trabalho, em que são apresentadas a contextualização e justificativa para a elaboração deste trabalho.

No capítulo 2 é descrita a revisão de literatura, fazendo uma inserção ao tema e a base conceitual para a elaboração do trabalho. Neste capítulo foi dividido em quatro partes: a contextualização da prevenção e combate a incêndio, a definição do sistema hidráulico preventivo, a introdução do BIM para elaboração de projetos de instalações e a utilização de programação visual que foi aplicada no dimensionamento do sistema hidráulico preventivo.

O capítulo 3 apresenta o método de pesquisa do trabalho, isto é, quais são as etapas para alcançar os objetivos propostos.

No capítulo 4 são apresentados os resultados, e por fim, as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Prevenção e combate a incêndio

A insegurança causada pelo incêndio demanda da sua imprevisibilidade, a ABNT NBR 13860:1997 o classifica como “fogo fora de controle”. A ISO 8421-1 também delinea como: “Incêndio é a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e no espaço”. Assim, para a segurança das edificações, o fogo deve ser controlado através da prevenção e combate a incêndios, que demanda da necessidade do ser humano em adquirir segurança a sua integridade física e moradia.

A severidade de um incêndio é caracterizada por fatores como intensidade e duração, medidos pela curva temperatura/tempo dos gases no compartimento do fogo, que são atributos da combustão dos materiais, das condições de ventilação e das características térmicas dos materiais no fechamento como paredes e tetos (WORLDSERV, 2016 apud SOUZA, 2019).

A Segurança Contra Incêndio (SCI) é definida internacionalmente como uma ciência, ou seja, uma área de pesquisa, desenvolvimento e ensino (SEITO et al.,2008). A elaboração do projeto de prevenção de uma edificação pode ser considerada o primeiro passo para reduzir o risco de incêndio, que irá contribuir para a redução das cargas de incêndio e de fumaça, tanto considerando sua estrutura, seus elementos de vedação e materiais de acabamento, quanto considerando seu conteúdo (SOUZA,2018).

Assim, a atuação na prevenção, proteção e combate a incêndio e pânico é essencial para evitar e solucionar possíveis acidentes ou catástrofes, que por intermédio das normas criadas no país como as Normas Regulamentadoras (NR) e Normas Brasileiras Regulamentadoras (ABNT NBR) padronizam as aplicações das medidas preventivas contra incêndio (SOUZA,2019).

2.1.1 Legislação de combate a incêndio

Até a década de 70 no Brasil, a regulamentação de combate a incêndios no país era precária, existiam apenas algumas diretrizes nos Códigos de Obras municipais e através do Corpo de Bombeiros. As mudanças que vieram a seguir são devido a resposta direta aos incidentes que ocorreram durante esse período como grandes incêndios e com grande número de vítimas (SEITO et al.,2008).

O primeiro incêndio em edifícios elevados ocorreu em fevereiro de 1972, no edifício Andraus em São Paulo. Um edifício comercial de 31 pavimentos, estrutura em concreto armado e acabamento em pele de vidro, acredita-se que o incêndio iniciou pelos cartazes instalados na marquise do edifício. Esse incêndio resultou em 16 mortes e 336 feridos. Pouco tempo após o edifício Andraus, em 1974 ocorreu o incêndio do edifício Joelma em São Paulo, construído em concreto armado, 23 pavimentos de estacionamento e escritórios. Foi um dos incêndios mais emblemáticos no Brasil, que ocasionou em 179 mortes e 320 feridos, sendo que muitas das vítimas se projetaram da fachada do edifício devido à falta de escadas de segurança e outras medidas de combate a incêndio (SEITO et al.,2008).

Figura 1 - Incêndio no Edifício Joelma em 1974



Fonte: Seito et al. (2008)

Após os incêndios trágicos ao redor do país durante as décadas de 70 e 80, o Brasil, finalmente, iniciou a mudança de cultura com a segurança contra incêndio nas edificações, assim introduzindo as normas brasileiras sobre segurança nas edificações. Dessa forma, atualmente, diversos órgãos como os governos federal, estaduais e municipais, CREA e corpo de bombeiros continuam com a cultura de segurança as edificações, gerando novas normas e leis para assegurar a segurança das vidas humanas e patrimônios (BRENTANO, 2007).

Em decorrência desses grandes incêndios, nos anos seguintes iniciou a produção de normas, decretos, comissões e o aperfeiçoamento dos sistemas já

existentes no país, para que dessa forma, fosse possível a universalidade da linguagem de combate a incêndio no Brasil (SEITO et. al., 2008)

Atualmente, a legislação brasileira segue uma ordem hierárquica para a regulamentação da segurança contra incêndio, através de 74 normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e em normas regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho.

Em âmbito nacional, a ABNT NBR 13714:2000 – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndios é a principal norma técnica referente ao sistema fixo de combate a incêndio de hidrantes e mangotinhos, que apresenta as condições mínimas para dimensionamento, instalação, manuseio e as características dos componentes do sistema. Além disso, a ABNT NBR 12779:2009 apresenta instruções sobre as mangueiras componentes ao SHP, exibindo os requisitos desse sistema como os diâmetros, material, comprimento e a aplicação dos tipos de mangueiras.

Em Santa Catarina, pelo Decreto Estadual nº 4.909/1994 foram estabelecidas normas que detêm os requisitos mínimos exigidos nas edificações e no exercício de atividades profissionais para a segurança contra incêndio. A partir de 2013 ocorreram alterações nessas normas visando a adequação e modernização. Hoje, para a elaboração de um projeto preventivo contra incêndio existem 36 Instruções Normativas (IN) desenvolvidas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), que estão em constantes atualizações. As Instruções Normativas são baseadas nas Normas Brasileiras (NBR), que têm o objetivo de padronizar os procedimentos e requisitos mínimos de segurança dos sistemas contra incêndios, sendo estes parâmetros de caráter obrigatório.

Dessa forma, para a concepção dos projetos de combate a incêndio em Santa Catarina devem ser seguidas as Instruções Normativas conforme a exigência dos sistemas na edificação. A Instrução Normativa 001 (Sistemas e Medidas de Segurança contra Incêndio e Pânico – Parte 2) estabelece os sistemas que serão exigidos, considerando as características do imóvel, como por exemplo, o tipo de ocupação, metragem, altura e carga de incêndio. A Instrução Normativa 007 (Sistema Hidráulico Preventivo) determina os critérios de concepção de execução e projeto como aplicação do sistema, tipo de reservatório, mangueiras, tubulação e o dimensionamento.

2.1.2 Medidas de combate a incêndio

Para projetar e construir uma edificação deve-se integrar todos os sistemas utilizados nos projetos. Na prevenção contra incêndio deve-se considerar que toda edificação apresenta um nível de risco que é determinado através de classificação da norma ou lei vigente na região que a edificação será construída, seguindo as características construtivas e tipo de ocupação (BRENTANO,2007).

Durante a concepção do projeto preventivo contra incêndio torna-se necessário o entendimento das medidas de segurança, que são divididas em dois segmentos: a proteção passiva e ativa.

A proteção passiva contra incêndio, segundo Seito et al. (2008) é realizada através de proteções incorporadas na edificação, sem qualquer tipo de acionamento para o seu funcionamento durante situações de incêndio. Assim, reduzindo a possibilidade de propagação e efeitos do fogo, evitando a exposição dos ocupantes e da edificação. São consideradas medidas passivas o controle de materiais e acabamento e revestimento, compartimentação horizontal e vertical, isolamento de risco, escadas protegidas, proteção das aberturas de ambientes e rota de fuga (BRENTANO,2007).

As medidas de proteção ativa são indicadas por Seito et al. (2008) como o complemento das medidas passivas que envolvem a extinção de um princípio de incêndio ou a detecção e controle do incêndio até a chegada do corpo de bombeiros. Assim, essas medidas são incorporadas na edificação através dos equipamentos e instalações prediais que deverão ser acionadas em caso de emergência, podendo ser manualmente ou automatizadas, como:

- Sistema de detecção e alarme de incêndio;
- Sistema de hidrantes ou mangotinhos;
- Sistema de chuveiros automáticos;
- Sistema de extintores de incêndio;
- Sistema de iluminação de emergência;
- Sistema de sinalização de emergência.

A aplicação desses sistemas nas edificações é importante para assegurar a efetividade do combate ao incêndio, em cada situação deve ser analisado o protocolo de ação para controlar o incêndio. Segundo Brentano (2007), os métodos

de extinção do fogo são de acordo com o elemento componente do fogo que se deseja neutralizar, que podem ser por: isolamento do material, abafamento, resfriamento ou extinção química.

- Extinção por isolamento (retirada do material): a retirada do material combustível que ainda não foi atingido pelo fogo, em situações como o fechamento do registro do gás, assim impossibilitando que o combustível atinja o queimador.
- Extinção por abafamento: diminuição da concentração de oxigênio para evitar a combustão, nas edificações pode-se utilizar esse método de extinção através de espuma aquosa ou isolando o local com fechamento de ambiente.
- Extinção por resfriamento: é o método de extinção mais utilizado em edificações utilizando a água como agente extintor, em que consiste em diminuir a temperatura de queima até apagar o fogo e que o material combustível não reaja mais com o oxigênio.
- Extinção química (quebra da cadeia de reação química): os agentes extintores possuem substâncias que reagem com a mistura inflamável e formam outra substância não-inflamável, interrompendo a reação química em cadeia.

Conforme a ABNT NBR 13860:1997, para a extinção do fogo deverá existir uma substância utilizada como um agente extintor. Para extinguir o fogo deve-se eliminar pelo menos um dos elementos formadores através da água ou outras substâncias químicas (BRENTANO, 2007).

Os agentes extintores mais comuns são a água, espuma aquosa ou mecânica, gases inertes e pós químicos secos, devendo ser escolhidos para cada situação (BRENTANO, 2007). Os incêndios são divididos em classes (A, B, C, D e K) pela ABNT NBR 12693:2021, sendo na classe A que ocorre o incêndio de materiais sólidos, que queimam em superfície e profundida pelo processo de pirólise, deixando resíduos, como por exemplo, nos materiais de madeira, papel, plástico e borracha.

Esses materiais são comumente encontrados em edifícios residenciais, sendo a água o agente extintor mais indicado para essa classe, devido sua efetividade no combate ao fogo pela grande absorção de calor e pelas características não-tóxica, não-corrosiva e segura (AITA; PEIXOTO, 2012). Assim, a utilização da água no combate aos incêndios em edificações pode ocorrer através do sistema de hidrantes, abastecido por reservatórios com a ação da gravidade e distribuídos pela rede de canalização apropriadas para o combate a incêndio.

2.2 Sistema Hidráulico Preventivo para edificação multifamiliar

A água sendo o agente extintor mais utilizado para o combate do incêndio pela sua boa absorção do calor, que por meio de sistemas de proteção contra incêndio como o sistema de hidrantes e os sistemas de chuveiros automáticos podem obter o controle do fogo de forma eficiente para rápida extinção em um incêndio (SEITO et. al, 2008).

O sistema de hidrantes e de mangotinho é um sistema fixo de combate a incêndio formado por tubulações que levam a água até o ponto necessitado da edificação durante um incêndio. Atendendo assim, a edificação na supressão contra o fogo quando equipamento extintores portáteis ou sobre rodas não são o suficiente, devido ao volume do incêndio. Por se tratar de um sistema sob comando, isto é, torna-se necessário a ação humana para ativá-lo, os ocupantes da edificação devem ser treinados com o equipamento para que possam utilizá-lo com uma simples abertura do registro para conter as chamas antes da chegada do corpo de bombeiros (BRENTANO, 2007).

Em Santa Catarina, a Instrução Normativa 001 (Sistemas e Medidas de Segurança contra Incêndio e Pânico) indica a classificação da ocupação das edificações e as exigências de sistemas e medidas de SCI, e na IN 007 (Sistema Hidráulico Preventivo) é determinada a concepção e dimensionamento do SHP, para os sistemas com hidrantes e mangotinhos.

Para a determinação das exigências dos sistemas e medidas de SCI em imóveis devem ser considerados (CBMSC,2020a):

- ocupação ou uso;
- área total construída;
- altura ou número de pavimentos;
- carga de incêndio;
- capacidade de lotação;
- os riscos especiais.

A obrigatoriedade apresentada pela IN001 (CBMSC,2020a) do sistema hidráulico preventivo para as edificações ocorre através da tabela de classificação de ocupações, em que para a edificação multifamiliar residencial que é o objeto de estudo desse trabalho é identificada como A-2, como indicado pela Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de ocupação

Grupo	Ocupação/ Uso	Divisão	Descrição	Destinação
A	Residencial	A-1	Multifamiliar horizontal e unifamiliar	Condomínios horizontais, casas geminadas e residências unifamiliares mistas
		A-2	Multifamiliar vertical	Edifícios de apartamentos em geral
		A-3	Coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos, residências geriátricas. Capacidade máxima de 16 leitos

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2020a)

Além da classificação da ocupação pela IN001 (CBMSC,2020a), deve considerar-se os requisitos de altura e área para a definição dos sistemas de segurança contra incêndio. A Tabela 2 considera os imóveis de área superior a 750 m² ou altura maior a 12 metros para edificações do grupo A-2. Assim, analisando a Tabela 2 percebe-se que todas as edificações que se encaixam na descrição dessa tabela deverão possuir sistema hidráulico preventivo.

Tabela 2 - Medidas de segurança contra incêndio

Grupo de ocupação e uso		Grupo A - Residencial				
Divisão		A-2, A-3				
Medidas de segurança Contra Incêndio	Instrução Normativa	Classificação quanto à altura (em metros)				
		Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 15	15 < H ≤ 30	> 30
Acesso de viatura na edificação	IN 35	x	x	x	x	x
Alarme de incêndio	IN 12	x	x	x	x	x
Brigada de incêndio ¹	IN 28	x	x	x	x	x
Chuveiros automáticos	IN 15	-	-	-	-	x ²
Compartimentação horizontal ou de área	IN 14	-	-	-	-	x ³
Compartimentação vertical	IN 14	-	-	-	x ⁴	x ⁹⁻¹⁰
Controle de fumaça*	-	-	-	-	-	-
Controle de materiais de acabamento	IN 18	x	x	x	x	x
Deteção automática de incêndio	IN 12	-	-	-	-	x ⁵
Elevador de emergência	IN 9	-	-	-	-	x ⁶
Extintores (V)	IN 6	x	x	x	x	x
Gás combustível	IN 8	x	x	x	x	x
Hidráulico preventivo	IN 7	x	x	x	x	x
Iluminação de emergência (V)	IN 11	x	x	x	x	x
Instalação elétrica de baixa tensão	IN 19	x	x	x	x	x
Plano de emergência	IN 31	-	-	-	x ⁷	x ⁸
Saídas de emergência	IN 9	x	x	x	x	x
Sinalização para abandono de local (V)	IN 13	x	x	x	x	x

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2020a)

Os tipos de imóveis isentos de instalação de sistema hidráulico preventivo são os descritos na IN007 como: os que tem carga de incêndio ≤ 5kg/m², o conjunto

de unidades habitacionais unifamiliares geminadas, desde que com saídas independentes e blocos isolados com área inferior a 750m² (CBMSC,2020b).

Ficam isentos pontos de hidrante ou mangotinhos em mezaninos, escritórios e sobrelojas com área inferior a 100m² e em pavimentos superiores para apartamentos duplex ou triplex, no entanto, apesar da ausência de ponto de hidrante ou mangotinho, a mangueira do equipamento mais próximo deve ter comprimento suficiente para assegurar a proteção desta parte do imóvel (CBMSC,2020b).

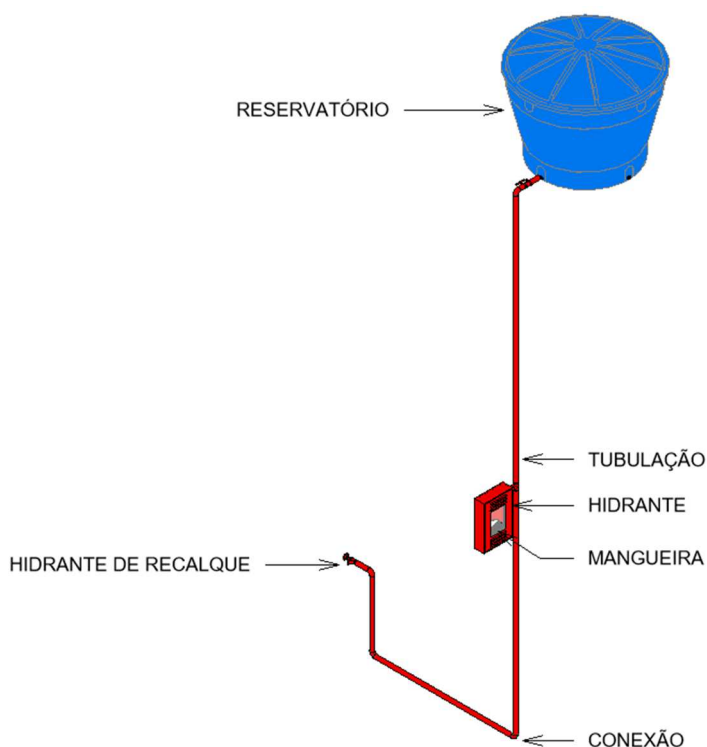
Diante do exposto sobre o sistema, a edificação utilizada para esta pesquisa é um projeto de uma edificação residencial multifamiliar de três pavimentos tipo e térreo com área total de 3.043,50 m² e 9,60 metros de altura. Portanto, considerado do grupo A-2 (residencial) conforme sua ocupação e segundo a Tabela 2 que indica as medidas de segurança exigidas para edificações com altura entre 6 e 15 metros conforme a IN001 do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina, este tipo de edificação deverá apresentar sistema hidráulico preventivo.

2.2.1 Componentes do Sistema Hidráulico Preventivo

As edificações que necessitam do sistema hidráulico preventivo são constituídas dos seguintes componentes (CBMSC,2020b):

- Reservatórios;
- Tubulações;
- Conexões;
- Mangueiras;
- Hidrantes ou mangotinhos;
- Hidrante de recalque;
- Bombas (opcional dependendo do tipo de sistema).

Figura 2 - Componentes do SHP modelados no Revit



Fonte: Autora (2021)

A Figura 2 exemplifica de maneira genérica os componentes modelados com o software Revit para as instalações do sistema hidráulico preventivo. Nos itens a seguir são descritos detalhadamente as especificidades desses componentes conforme a Instrução Normativa 007 (CBMSC, 2020b).

2.2.1.1 Reservatórios

De acordo com a IN007: Sistema Hidráulico Preventivo, os reservatórios utilizados para alimentar o SHP podem ser elevados (superior ou castelo d'água), inferiores (ao nível do solo, térreo, semienterrado, subterrâneo ou cisterna) ou através de fontes naturais de água. Construídos de concreto armado, metálicos, de fibra, PVC ou outros materiais que garantam a proteção ao fogo por 2 horas.

Os reservatórios superiores abastecidos por gravidade devem possuir altura que forneça vazão suficiente, caso o reservatório não tenha altura suficiente, o sistema deverá obter bombas de incêndio para atingir a vazão necessária. Para

reservatórios inferiores o abastecimento do sistema é feito por duas bombas de incêndio (CBMSC, 2020b).

No uso da reserva técnica de incêndio (RTI) no Sistema Hidráulico Preventivo (SHP), o reservatório para consumo de água e da RTI devem ser o mesmo, exceto em casas de captação de água de fontes naturais. Além disso, a definição do volume de água da RTI para edificação deve considerar a carga de incêndio e a área total construída (CBMSC, 2020b).

Considerando as características do projeto adotado como objeto de estudo deste trabalho, que apresenta carga de incêndio de 300 MJ/m² e área construída de 3.043,50 m², a RTI deverá ter volume mínimo de 10 m³.

Tabela 3 - Volume mínimo RTI

Carga de Incêndio	Área ≤ 2.500m ²	2.500m ² < Área ≤ 5.000m ²	5.000m ² < Área ≤ 10.000m ²	10.000m ² < Área ≤ 25.000m ²	25.000m ² < Área ≤ 50.000m ²	Área > 50.000m ²
< 1.142 MJ/m ²	RTI = 5 m ³	RTI = 10 m ³	RTI = 15 m ³	RTI = 20 m ³	RTI = 25 m ³	RTI = 30 m ³
1.143 a 2.284 MJ/m ²	RTI = 18 m ³	RTI = 36 m ³	RTI = 54 m ³	RTI = 72 m ³	RTI = 90 m ³	RTI = 108 m ³
> 2.284 MJ/m ²	RTI = 36 m ³	RTI = 72 m ³	RTI = 108 m ³	RTI = 144 m ³	RTI = 180 m ³	RTI = 216 m ³

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2020b)

2.2.1.2 Tubulações

A Instrução Normativa 007 (Sistema Hidráulico Preventivo) indica que a tubulação do SHP deverá ser metálica de diâmetro mínimo de 65 mm ou de cobre com diâmetro mínimo de 50 mm, sendo que para esses materiais a tubulação necessita resistência mínima de 150 mca (CBMSC, 2020b).

2.2.1.3 Mangueiras

A escolha do tipo de mangueira para a instalação do sistema deve considerar o seu local de uso e a condição de aplicação.

Tabela 4 - Tipos de mangueiras

Mangueira	Aplicação	Diâmetro	Pressão de trabalho	Descrição
Tipo 1	Destina-se a edifícios de ocupação residencial.	40 mm (1½")	100 mca	Mangueira flexível, de borracha, com um reforço têxtil.
Tipo 2	Destina-se a edifícios comerciais ou industriais.	40 mm (1½") 65 mm (2½")	140 mca	Mangueira flexível, de borracha, com um reforço têxtil.
Tipo 3	Destina-se à área naval ou industrial.	40 mm (1½") 65 mm (2½")	150 mca	Mangueira flexível, de borracha, com reforços têxteis duplos sobrepostos.
Tipo 4	Destina-se à área industrial, onde é desejável uma maior resistência à abrasão.	40 mm (1½") 65 mm (2½")	140 mca	Mangueira flexível, de borracha, com um reforço têxtil, acrescida de um revestimento externo de PVC + borracha.
Tipo 5	Destina-se à área industrial, onde é desejável uma alta resistência à abrasão e a superfícies quentes.	40 mm (1½") 65 mm (2½")	140 mca	Mangueira flexível, de borracha, com um reforço têxtil, acrescida de um revestimento externo de borracha.
Tipo 6	Destina-se às edificações que utilizam mangotinhos.	25 mm (1")	140 mca	Mangueira semirrígida, de borracha, com um reforço têxtil.
Adota-se: 1 MPa = 10 bar = 10 kgf/cm² = 100 mca = 145 psi				

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2020b)

Em casos de instalação de rede de hidrantes, as mangueiras devem estar localizadas em um abrigo, acondicionadas em zigue-zague ou aduchadas, do tipo flexível, com junta de união tipo rosca x storz e as linhas de mangueiras compostas por lances. O diâmetro da mangueira deverá ter 40 mm para edificações com carga de incêndio de até 2.284 MJ/m² e 65 mm para edificações com carga de incêndio superior a 2.284 MJ/m² (CBMSC,2020b).

Tabela 5 - Linhas de mangueiras para hidrante

Comprimento máximo da linha de mangueiras	Lances de mangueiras	Aplicação
Até 25 m	Lance único de 15, 20 ou 25 m	Em qualquer situação.
30 m	15 + 15 m	
35 m	15 + 20 m	
40 m	20 + 20 m	Apenas quando: a) a instalação do hidrante for externa à edificação; b) o hidrante do pavimento térreo atender a salas comerciais apenas com saída para área externa; ou c) o hidrante do pavimento térreo atender área em pilotis.
45 m	15 + 15 + 15 m	
50 m	15 + 15 + 20 m	
55 m	15 + 20 + 20 m	
60 m	20 + 20 + 20 m	
60 m	15 + 15 + 15 + 15 m	

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2020b)

2.2.1.4 Hidrantes e mangotinhos

Os hidrantes e mangotinhos devem estar localizados na circulação ou área comum da edificação, com boa visibilidade, fácil acesso e em locais que não fiquem bloqueados em caso de incêndio. A determinação da quantidade de hidrantes e mangotinhos é pela cobertura proporcionada pela mangueira, em que qualquer ponto da edificação necessita ser atendido pelo esguicho, considerando o comprimento da mangueira e o trajeto. Além disso, para as edificações verticalizadas deve haver um hidrante ou mangotinho por pavimento (CBMSC,2020b).

A definição do tipo de sistema hidráulico preventivo para a edificação deverá ser em função da carga de incêndio.

Tabela 6 - Tipos de sistemas

Tipo	Característica	Carga de Incêndio	Diâmetro da mangueira	Nº de saídas	Tipo de esguicho	Vazão mínima no esguicho
I	Hidrante	Até 1.142 MJ/m ²	40 mm (1½")	Simples	Agulheta (Ø requinte = ½")	70 L/min
II	Mangotinho	Até 1.142 MJ/m ²	25 mm (1")	Simples	Regulável	80 L/min
III	Hidrante	1.143 a 2.284 MJ/m ²	40 mm (1½")	Simples	Regulável	300 L/min
IV	Hidrante	Acima de 2.284 MJ/m ²	65 mm (2½")	Dupla	Regulável	600 L/min

Adota-se: 1 MPa = 10 bar = 10 kgf/cm² = 100 mca = 145 psi

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2020b)

O abrigo de mangueiras deve ter dimensões adequadas para acondicionar seus componentes: a chave da mangueira (em hidrantes), mangueira, esguicho, hidrante e/ou mangotinho.

Os hidrantes são compostos por uma válvula para abertura do tipo globo angular, com diâmetro mínimo de 65 mm, no entanto, para tubulações de cobre a válvula poderá ter diâmetro de 50 mm, desde que a tubulação também apresente diâmetro mínimo de 50 mm (CBMSC,2020b).

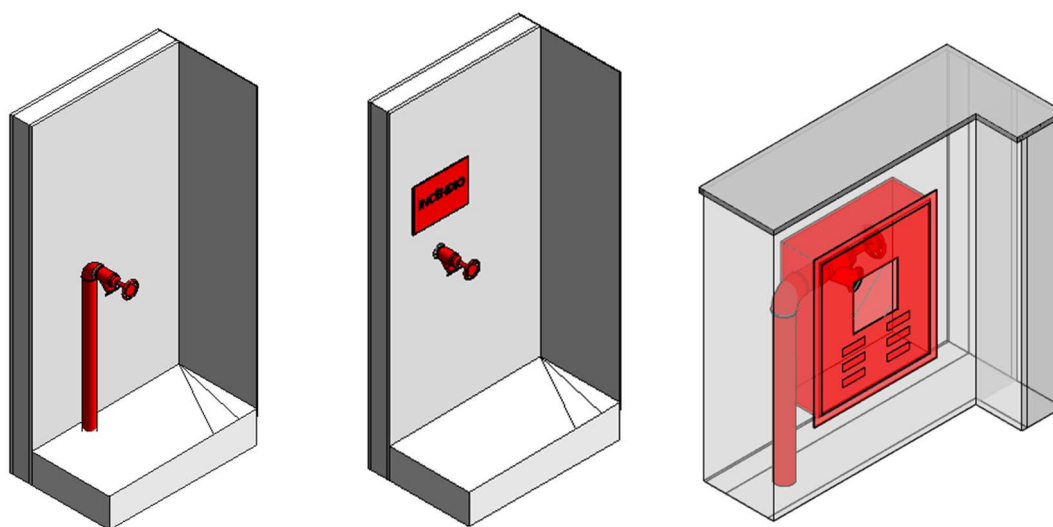
Conforme as características de instalação dos hidrantes, na edificação utilizada como objeto de estudo deste trabalho será locado um hidrante no térreo e um em cada pavimento tipo, totalizando quatro hidrantes na edificação. A Tabela 6 determina que para esse projeto seja utilizado hidrante do tipo I, devido a carga de incêndio de 300 MJ/m² e a aplicação de esguicho do tipo agulheta, tendo vazão mínima de 70 L/min.

2.2.1.5 Hidrante de recalque

O hidrante de recalque permite a introdução de água oriunda de fontes externas para abastecer o sistema de combate a incêndio, em que sua instalação deverá ser junto à fachada principal da edificação e permitir livre acesso para utilização pelo Corpo de Bombeiros. O sistema deverá ter um hidrante de recalque do tipo coluna com engate para mangueira voltada para baixo em ângulo de 45°, válvula globo angular para abertura e a instalação de 60 cm a 150 cm do centro geométrico da tomada d'água referente ao piso (CBMSC, 2020b).

Pela IN007 (CBMSC, 2020b) são previstos três modelos de hidrantes de recalque que podem ser instalados nas edificações: aparente, devendo ser pintado de cor vermelha; hidrante de recalque embutido na parede, com sinalização por placa com indicação da inscrição “Incêndio”; ou dentro de um abrigo.

Figura 3 – Modelos de hidrante de recalque: aparente, embutido e abrigo



Fonte: Autora (2021)

2.2.2 Classificação do Sistema Hidráulico Preventivo

Em geral, os sistemas de hidrantes são classificados pelo tipo de esguicho (agulheta ou regulável), diâmetro da mangueira, comprimento máximo da mangueira, número de saídas e vazão do hidrante mais desfavorável (SEITO et al., 2008).

A diferenciação dos sistemas adotados pode ocorrer devido:

- Ao tipo de reservatórios que podem ser elevados (superior ou castelo d'água), inferiores (ao nível do solo, térreo, semienterrado, subterrâneo ou cisterna) ou através de fontes naturais de água;

- Às características do reservatório: concreto armado, metálicos, de fibra ou PVC;
- Ao material da tubulação de aço, cobre ou termoplástico;
- À fonte de energia: ligação independente ou gerador automatizado.

Recomenda-se pela ABNT NBR 13174:2000 que toda o sistema de hidrantes deve possuir duas fontes de abastecimento de água independentes. O reservatório sendo a fonte de suprimento própria principal, deve ser capaz de alimentar as primeiras necessidades de água para o combate ao incêndio até a chegada do Corpo de Bombeiros, que deverá utilizar a fonte secundária através do hidrante de recalque (BRENTANO, 2007).

O reservatório do tipo elevado deve atender o abastecimento do SHP por ação da gravidade, em que o reservatório deverá estar à altura suficiente para fornecer a vazão mínima do esguicho de 70 L/min para hidrantes do tipo I, além disso, deverão ser considerado dois hidrantes simultâneos quando instalados na edificação de 2 a 4 hidrantes e em qualquer ponto do sistema a pressão máxima deve ser de 100 mca (10 kgf/m²), devendo possuir dispositivos de redução de pressão quando ultrapassar este valor (CBMSC, 2020b).

A aplicação ou escolha do sistema a ser instalado deve atender às características da edificação e a carga de incêndio, sendo observadas as exigências das normas técnicas, a viabilidade de instalação, a eficácia do sistema, o custo e facilidade de operação e manutenção (SEITO et al., 2008).

2.3 O uso do BIM para elaboração de projetos

2.3.1 Building Information Modeling (BIM)

A introdução aos conceitos do termo BIM de *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção) iniciou de teorias desenvolvidas no final da década de 70 por Charles M. Eastman com o protótipo do *Building Description System* (BDS) que apresentava abordagens, conceitos e metodologias básicas do BIM atual. A utilização do termo BIM ocorreu pela primeira vez pelo arquiteto Phil Bernstein da empresa Autodesk e posteriormente difundido por Jerry Laiserin que

definiu o nome BIM para a representação digital dos processos de construção (LAISERIN, 2002 apud MONTEIRO; MARTINS, 2011a).

O BIM pode ser definido como a aplicação de tecnologias de modelagem e um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção, através de uma filosofia de trabalho que une os integrantes da AEC - arquitetos, engenheiros e construtores – na elaboração de modelos virtuais precisos, que apresentam uma base de dados concreta com informações topológicas, de orçamentos, previsão de insumos para todas as fases da construção (EASTMAN et al., 2014).

Pela constante atualização sobre o BIM e a introdução de diversos profissionais, ainda não há uma definição única e amplamente aceita. Assim, Eastman et al. (2014) define o BIM pelas suas raízes de projeto auxiliado pelo computador de anos atrás, que atualmente, a implementação integrada entre os projetos, o modelo deverá:

- Ser digital;
- Espacial (3D);
- Mensurável, ou seja, quantificável, dimensionável e consultável;
- Abrangente, com a incorporação e comunicação do objetivo do projeto, o desempenho da edificação, a construtibilidade, e aspectos sequenciais e financeiros;
- Acessível, através de uma interface interoperável e intuitiva; e
- Durável, utilizável em todas as fases da edificação.

O conceito do *Building Information Modeling* (BIM) se expande e transforma ao longo dos anos devido a sua adoção crescente pela indústria da construção civil, além de que diversas instituições internacionais estudam o BIM diante de diversos aspectos e orientações, pela grande complexidade da elaboração do projeto e construção (ANDRADE; RUSCHEL, 2009a).

Os modelos virtuais elaborados através do BIM são os responsáveis pela substituição do CAD geométrico pelos modelos 3D parametrizados. Por intermédio da modelagem tridimensional inteligente que apresenta uma consistência de informações, auxilia na criação e gerenciamento de projetos são observados benefícios como o aumento da produtividade, distribuição compartilhada de informações e integração de diversos projetos em um “modelo único”. A partir das

informações contidas nos modelos, pode-se obter especificações técnicas de materiais, análises compatibilidade entre diferentes projetos, estimativas de custos e quantitativos (HILGENBERG et al., 2012). Por meio deste “modelo único” criado pela utilização do BIM, pode contribuir para melhorias em todas as fases do projeto, desde a elaboração de propostas mais assertivas, além da integração de todos os projetos entre si e dessa forma, reduzindo em tempo e custos durante a construção (ANDRADE; RUSCHEL, 2009a).

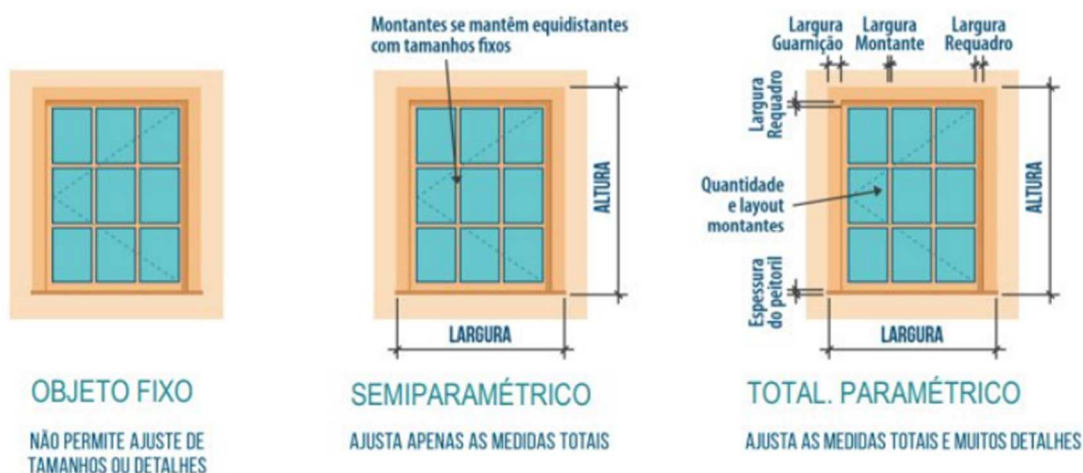
Conforme os profissionais foram introduzidos a metodologia BIM, e assim, se tornando mais familiarizados com as ferramentas e com as oportunidades oferecidas, pode-se perceber a produção de cada vez mais modelos de projetos complexos e detalhados (SOLIHIN; EASTMAN, 2015).

Entre as principais características que diferem o BIM dos sistemas de CAD tradicionais, são a modelagem paramétrica e a interoperabilidade.

A modelagem paramétrica representa parâmetros e regras para objetos que podem determinar a sua geometria, além de algumas propriedades e características não geométricas. Através desses parâmetros e regras tornam-se possível a atualização automática dos objetos conforme o comando solicitado. Em contraponto ao CAD 3D tradicional, por exemplo, em que as características do objeto necessitam de edição manual, o modelador paramétrico pelo BIM define as geometrias e características do elemento automaticamente (EASTMAN et al., 2014).

Considerando a aplicação para objetos BIM, podem ser classificados em fixos, semiparamétricos ou paramétricos. Nos objetos fixos não é possível alterar medidas totais ou componentes; no caso dos semiparamétricos podem ajustar algumas dimensões com certas restrições e para os objetos paramétricos são possíveis um ajuste maior nas dimensões, inclusive a configuração dos principais componentes e materiais (CBIC, 2016a).

Figura 4 - Objetos BIM fixos, semiparamétricos e paramétricos



Fonte: CBIC (2016a, p.69)

A classificação de objetos BIM como “inteligentes” se deve pela capacidade de conterem as informações importantes sobre si mesmos, podem conter as informações sobre a “relação com outros objetos” e componentes de um modelo, como quando um usuário faz uma alteração, por exemplo, na espessura de uma parede onde está inserida uma porta, o objeto (porta) é capaz de reconhecer essa alteração automaticamente e reagir e se adequar à essa nova configuração, mantendo sua consistência técnica e coerência construtiva do modelo BIM (CBIC, 2016d).

Além da parametrização nos modelos BIM, existe o conceito da interoperabilidade, que tem a habilidade de gerenciar e comunicar entre produtos eletrônicos e dados de projeto entre as organizações, que em conjunto participam no desenvolvimento dos projetos e da construção. Assim, a interoperabilidade se refere à troca de informações entre diversos participantes de um projeto durante o ciclo de vida do empreendimento, integrando pela comunicação direta de diferentes sistemas computacionais como aplicativos e softwares (CBIC, 2016c).

Assim, frequentemente associada ao contexto das tecnologias de informação, é definida como a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem dados entre si (MARTINS; MONTEIRO, 2011a). A interoperabilidade se baseia na troca de informações entre diferentes formatos de arquivo, como o DXF (Drawing Exchange Format) e IGES (Initial Graphics Exchange Specification) que transferem apenas a geometria, faltando as informações paramétricas e de projeto (EASTMAN et al., 2014).

Quando existe uma boa interoperabilidade torna-se desnecessária a réplica de dados de entrada que já foram gerados, assim facilitando e de forma automatizada o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos. Atualmente, para que ocorra essa boa interoperabilidade, deve-se utilizar um padrão de protocolo internacional para a troca de dados entre os aplicativos, o principal protocolo atualmente é o Industry Foundation Classes (IFC) (ANDRADE; RUSCHEL, 2009b).

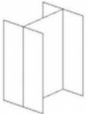
O Industry Foundation Classes (IFC) é um formato neutro de arquivo de dados que descreve, troca e compartilha informações utilizadas na indústria da construção civil. Esse formato é orientado para arquivos de objetos 3D, aberto, público, neutro e padronizado que almeja cobrir cada aspecto do projeto, construção, montagem e operação. A ISO 16739:2019 certificou o formato de arquivo IFC, que é utilizado para viabilizar a interoperabilidade e o trabalho colaborativo na metodologia BIM (CBIC, 2016c).

2.3.2 *Level of Development* (Nível de Desenvolvimento)

O *Level of Development* (LOD) ou Nível de Desenvolvimento surgiu através da definição apresentada pela AIA (Instituto Americano de Arquitetura) para elencar as etapas de desenvolvimento de projetos em BIM pelos níveis de desenvolvimentos e informações do modelo. Esse tipo de classificação pode ser aplicado durante a contratação de prestação de serviços para a elaboração do modelo, além de auxiliar nas definições dos ciclos do projeto e entregas.

O LOD é dividido em cinco níveis, iniciando pelo LOD 100, seguindo por ordem crescente 200, 300, 350, 400 e 500, assim diretamente proporcional o aumento do LOD como o nível de desenvolvimento (AsBEA, 2013b).

Figura 5 - Fases, Etapas e Descrição de Desenvolvimento (BIM) de Projetos e Representação Gráfica

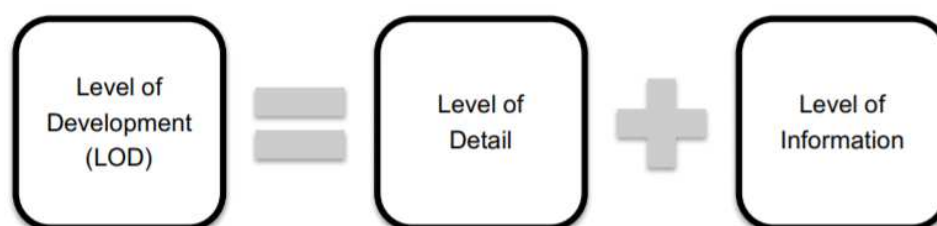
REPRESENTAÇÃO						"As Built"
DESCRIÇÃO	Desenhos esquemáticos; Volumetria geral; Metragem.	Desenvolvimento do desenho e do modelo; Sistemas genéricos; Análise de desempenho.	Desenvolvimento da modelagem da construção; Criação da documentação; Análise dos elementos/sistemas; Inclusão de atributos e parâmetros definidos.	Finalização da modelagem; Finalização da documentação; Modelos finais sem as informações e detalhes de montagens, suas especificações com os correspondentes desenhos; Análise detalhada de sistemas; Inclusão de atributos e parâmetros definidos.	Planejamento e administração da construção; Tabelas de quantitativos precisas; Modelos finais com informações detalhadas; Detalhamento das especificações para execução; Representação dos modelos virtuais.	Conclusão da obra; Registro nos projetos e documentação de como foi construído e suas condições (As-built); Modelo reajustado e configurado para base de dados da manutenção.
NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO (LOD)	ND 100	ND 200	ND 300	ND 350	ND 400	ND 500
ETAPAS	ESTUDO PRELIMINAR	ANTEPROJETO	PROJETO LEGAL	PROJETO BÁSICO	PROJETO EXECUTIVO	CONTRATAÇÃO OBRA/OBRA CONCLUÍDA
FASES	DEFINIÇÃO DO PRODUTO	IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE INTERFACES			PROJETO DE DETALHAMENTO	PÓS-ENTREGA DE PROJETO

Fonte: Adaptado de Santa Catarina (2018)

A definição dos níveis de desenvolvimento ocorre por meio de requisitos mínimos ao nível dimensional, espacial, quantitativo, qualitativo, entre outros, que o modelo deverá apresentar para ser incluído ao determinado nível, conforme indicado pela Figura 5.

Ainda que por vezes confundido com o *Level of Detail* (Nível de Detalhe), esses são conceitos que apresentam diferenças significativas. Pode-se definir o Nível de Detalhe como a precisão associada ao elemento modelado, focando apenas na geometria, à medida que, o Nível de Desenvolvimento determina a quantificação do grau de confiança e informação associado (OLIVEIRA, 2016).

Figura 6 - Relação entre Níveis de Desenvolvimento, Detalhe e Informação



Fonte: Oliveira (2016)

O protocolo de divisão em níveis de desenvolvimento (LOD) agrega ao projeto padrões da metodologia BIM, mesmo não sendo obrigatório a sua adoção, torna-se válido pela qualidade do processo. Desse modo, conforme identificado pela Figura 5 este trabalho será desenvolvido pelo LOD 400, devido ao detalhamento do modelo e níveis de informações contidos no projeto.

2.3.3 Usos e aplicações do BIM

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura – AsBEA (2013a) indica que a utilização do BIM pode ser implementada durante o desenvolvimento do projeto, construção e operação da edificação.

Para a fase de projeto através das seguintes etapas:

- concepção do projeto;
- documentação do projeto;
- visualização do projeto;
- compatibilização dos projetos;
- revisão de projeto;
- análise de eficiência energética;
- avaliação de critérios de sustentabilidade;
- análises de engenharia;
- extração de quantitativos.

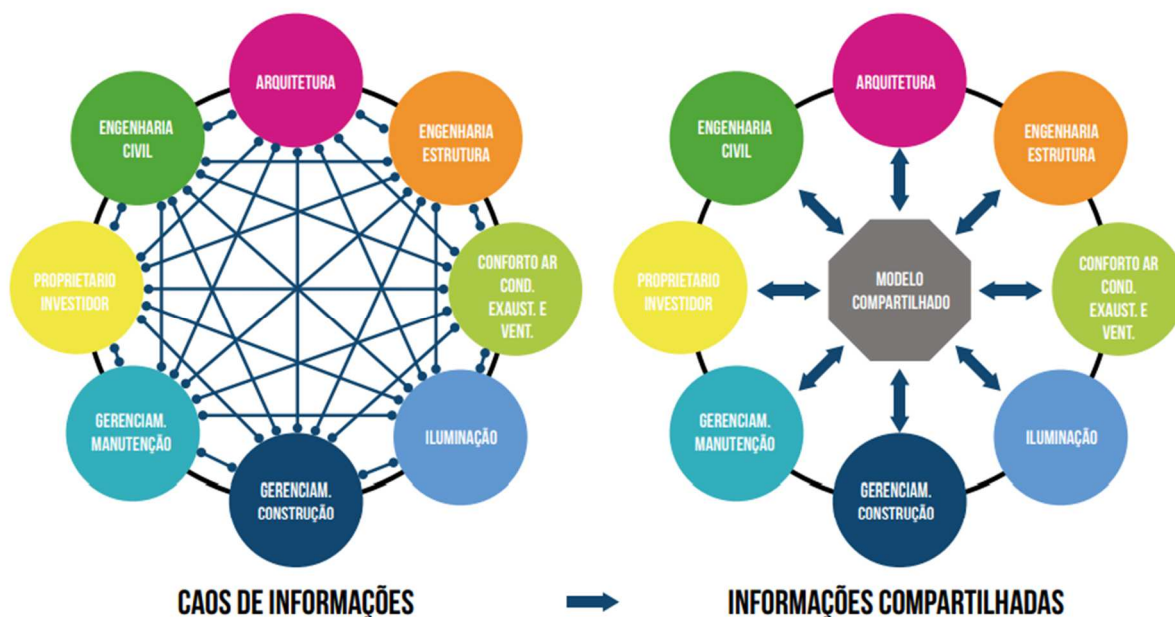
Assim, o *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção) pode ser considerado uma mudança significativa nas etapas para projetar. Conforme Eastman et al. (2014) analisa os benefícios que o BIM trouxe para as fases da edificação, como a visualização 3D propicia um melhor entendimento do projeto como um todo, a parametrização reduz esforços através de correções automáticas, colaboração multidisciplinar e extração de quantitativos e estimativas de custos.

Os modelos BIM desenvolvidos para uma edificação podem ser divididos em disciplinas específicas, como arquitetura, estrutura e instalações. Mesmo que sejam modelos distintos, são desenvolvidos através de um encadeamento lógico pela premissa de “trabalho colaborativo” que trabalham de forma a compartilhar e trocar

dados, assim, os esforços realizados em um projeto podem ser aproveitados nas fases subsequentes (CBIC, 2016a).

A Figura 7 ilustra a diferença entre o processo tradicional de trocas de informações entre várias disciplinas, comumente envolvidas no desenvolvimento de um projeto baseado em modelagem 2D e o modelo compartilhado (federado) que permite a troca de informações entre diferentes disciplinas.

Figura 7 - Diferença entre o fluxo tradicional e o modelo compartilhado de troca de informações entre disciplinas



Fonte: CBIC (2016a, p.58)

Os softwares BIM trabalham como grandes gerenciadores de bancos de dados, que oferecem aos usuários diversas formas de visualização das informações que compõe o modelo BIM, por meio de imagens tridimensionais, manipulação de objetos e tabelas. No mercado brasileiro, os softwares BIM mais empregados são: o Revit da Autodesk, ArchiCAD da Graphisoft, VectorWorks da Nemetschek e AECOsim Building Designer da Bentley (CBIC, 2016b).

A Autodesk, empresa desenvolvedora do software mais utilizado na indústria da construção civil para modelos 2D, o AutoCAD, também é a criadora do software Revit, atual líder no mercado de softwares BIM no Brasil. Os produtos elaborados pela Autodesk são mais especificamente direcionados para o uso em

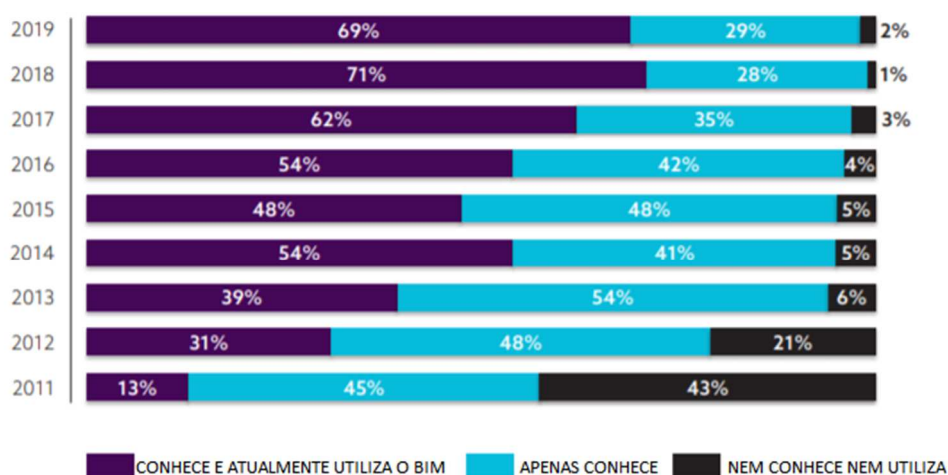
fluxos de trabalho BIM para a construção civil, no segmento de edificações (CBIC, 2016c).

O Revit torna possível a modelagem paramétrica, criando modelos 3D rigorosos e consistentes que mantêm coordenadas as informações, documentações e modelos (ANTUNES, 2013 apud PIMENTA, 2015). Em 2010, a Autodesk integrou ao *Revit Architecture* as funções de *Revit Structure* e *Revit MEP*, assim unindo em um único programa todas essas funcionalidades, mantendo a coordenação entre si, evitando interferências e minimizando erros (PIMENTA, 2015).

Os softwares que integram a metodologia BIM são apresentados como um conjunto de políticas, processos e tecnologias, que geram uma metodologia para o processo de projetar uma edificação e suas instalações, por meio do gerenciamento de informações e dados por todo o ciclo de vida da edificação (CBIC, 2016d).

Em 2019, no Reino Unido foi realizado um estudo pela National BIM Report (NBS) sobre as percepções e aplicações do BIM. Na pesquisa feita com 988 participantes, notou-se o grande crescimento da adoção do BIM ao longo dos anos, chegando a 69% dos entrevistados que aplicam a tecnologia atualmente.

Tabela 7 - Utilização do BIM no Reino Unido



Fonte: NBS (2019, p. 17)

As principais barreiras apontadas pela pesquisa para a adoção da tecnologia segundo as organizações entrevistadas seriam a falta de demanda dos clientes pelo BIM, falta de experiência pelo corpo técnico, falta de treinamento e o custo para a implementação (NBS, 2019).

Conforme exposto na Tabela 7, é possível compreender o avanço ao longo dos anos da metodologia. Em que 63% dos entrevistados que já adotaram o BIM, consideram que foi de modo satisfatório e 55% dos que não adotaram ainda, acreditam que se não aplicarem o BIM, futuramente ficarão para trás em comparação aos seus concorrentes. Assim, as perspectivas de implementação da tecnologia, segundo a pesquisa são de que 91% pretendem em um ano iniciar a aplicação do BIM e de 95% em até três anos.

Através desses parâmetros pode-se revelar que o BIM foi concretamente introduzido à construção civil, e em questão de anos o uso poderá se tornar universal.

2.3.4 Normas brasileiras sobre o BIM

O início da normatização do *Building Information Modeling* (BIM) no Brasil ocorreu em 2009, através da iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) que criou uma comissão para desenvolver normas técnicas sobre o BIM para definição das seguintes atividades: tradução da norma ISO 12006-2, desenvolvimento de um sistema de classificação para construção e o desenvolvimento de diretrizes para criação de componentes BIM (CATELANI; SANTOS, 2016).

Logo no ano seguinte, em 2010, foi publicada a tradução da norma ISO 12006-2 como a norma ABNT NBR ISO 12006-2:2010 (Construção de edificações – Organização de informação da construção – Parte 2: Estrutura para classificação de informação), que normatiza as diretrizes e a estruturação para a concepção de sistemas de classificação das informações da construção conforme padrões internacionais.

O objetivo do desenvolvimento do sistema de classificação da informação para a construção explicitado por Silva e Amorim (2011), como a organização através da tradução das complexidades inerentes do setor da construção civil para uma linguagem única, que dessa forma, produza um modelo de operação e que facilite a interoperabilidade e gestão dos projetos. Por meio de padronizações da informação que tendem a auxiliar o trabalho colaborativo, aproveitando etapas realizadas por outros, ou seja, evitando retrabalhos, ou até mesmo sem a necessidade de realizar

simples atividades como nomeação de componentes, para aumentar a produtividade e assertividade dos projetos (CATELANI; SANTOS, 2016).

A norma ABNT NBR 15965 é a primeira normativa técnica brasileira sobre o BIM, que padroniza mediante um sistema de classificação das informações a nomenclatura e códigos de processos para a indústria nacional. A classificação é organizada de forma hierarquizada e “facetada”, que requer a utilização e a junção de diferentes termos e códigos para a representação de cada componente, recurso, processo ou resultado (CATELANI; SANTOS, 2016).

Para a criação da ABNT NBR 15965 foi utilizado um “texto-base” do mercado norte-americano, a OmniClass, composto por 15 tabelas (CATELANI; SANTOS, 2016). A OmniClass aborda desde a organização de conjunto de materiais até descritivos de projetos por uma estrutura multifacetada e de classificação hierárquica (SILVA; AMORIM, 2011).

O conteúdo apresentado no sistema brasileiro de informação não é apenas uma tradução literal das tabelas da OmniClass, as 13 tabelas brasileiras apresentam adaptações para o sistema construtivo, técnicas e componentes específicos do país. Cada tabela possui duas colunas, uma para o código de classificação por ordem hierárquica e a outra com o termo padronizado (CATELANI; SANTOS, 2016).

Tabela 8 - Estrutura de classes

Identificador de grupo	Tema	Assunto	Identificador do assunto	Classificação
0	Características dos objetos	Materiais	M	0M
		Propriedades	P	0P
1	Processos	Fases	F	1F
		Serviços	S	1S
		Disciplinas	D	1D
2	Recursos	Funções	N	2N
		Equipamentos	Q	2Q
		Componentes	C	2C
3	Resultados da construção	Elementos	E	3E
		Construção	R	3R
4	Unidades e espaços da construção	Unidades	U	4U
		Espaços	A	4A
5	Informação da construção	Informação	I	5I

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2011)

A norma será dividida em sete partes ao todo, atualmente foram publicadas cinco partes: 1, 2, 3, 4 e 7, enquanto isso, as demais estão em desenvolvimento.

Além das Normas Brasileiras sobre o BIM, em 2012, foi criado o Grupo de Trabalho de Componentes BIM (GT), pela conjuntura da ABNT/CEE-134 (CATELANI; SANTOS, 2016). Em que, por meio da criação deste grupo, tornou-se possível o estudo para criação de um padrão de componentes BIM, que possibilitam fornecedores criarem e disponibilizarem seus produtos BIM, conforme um padrão que garanta a usabilidade por qualquer profissional por meio de softwares normatizados. Visto que, apesar do aumento da migração da utilização do CAD para o BIM, os projetistas sofrem com a pouca disponibilização de produtos em formato BIM por parte de fornecedores e fabricantes dos materiais, especialmente em componentes de instalações. Contrariamente da elaboração de projetos em CAD, um modelo BIM não se torna apenas em linhas e textos, mas em um conjunto de componentes, nomeados de famílias como esquadrias, tubulações e acessórios (CAMPESTRI et al., 2015).

Uma das razões da importância da padronização e normatização do BIM no Brasil, é para nortear a aplicabilidade. Ao passo em que as normativas são elaboradas, os profissionais devem se preparar para usá-las. Assim, em 2020, o governo federal publicou o Decreto nº 10.306 que prevê a ampliação do uso do BIM no desenvolvimento de projetos públicos do país, através da implementação gradual a partir de janeiro de 2021. A primeira fase inicia em 2021, em que o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia (estrutura, hidráulica, climatização, elétrica) referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações; a segunda fase, a partir de 2024, prevê o uso do BIM no processo de execução direta ou indireta dos projetos e na gestão das obras de construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações de grande relevância; e a última fase em 2028 deve abranger as fases anteriores e proporcionar o gerenciamento e a manutenção do empreendimento após a execução.

2.4 Verificação automática de regras

2.4.1 Classificação das regras de verificação automática

A classificação da verificação automática de regras pode ser dividida em duas categorias: interferências relacionadas a geométrica (*clash detection*) e interferências baseadas na verificação de códigos (*code checking*), sendo este último que compõe o objeto de estudo deste trabalho. A detecção das interferências relacionadas em códigos consiste em verificar cumprimentos de normas legais, regulamentos e outros conjuntos de requisitos, definido através de códigos e/ou regras (BENNING et al., 2010 apud KEHL; ISATTO, 2015).

A verificação automática de regras torna-se possível apenas em ferramentas BIM, os autores Monteiro e Martins (2011b) descrevem o processo de verificação através das seguintes fases: (i) interpretação das regras e passagem das especificações para a linguagem de programação; (ii) preparação do modelo para a verificação, através de modelos existentes ou da criação de uma nova base de dados capaz de satisfazer as exigências estabelecidas; (iii) desenvolvimento da aplicação que irá processar as rotinas de verificação com base na informação do modelo do código; (iv) criação de mecanismos para a produção de *outputs* através de relatórios gráficos ou de documentação escrita.

Em 2015, foi elaborado um estudo pelos autores Rodrigues, Martins e Rangel sobre a implementação de procedimentos de verificação automática de modelos BIM para a avaliação de modelos de projetos de edifícios conforme normas técnicas para acessibilidade. Neste estudo pode-se perceber que para a implementação da verificação automática depende-se de três condições: (i) disponibilidade de software adequado; (ii) os modelos BIM deverão ser desenvolvidos de acordo com regras que garantam a sua validade semântica; (iii) que o regulamento seja revisto de modo a eliminar condições cuja verificação seja incompatível ou inviável devido à presença de expressões ambíguas no texto legal.

As regras de verificação podem ser divididas conforme proposto por Solihin e Eastman (2015) em classes de acordo com o nível de complexidade:

- Classe 1: Regras que verificam atributos e elementos específicos, necessitando de um ou alguns dados específicos;
- Classe 2: Regras que requisitam um valor derivado simples, assim verificam atributos e valores derivados;
- Classe 3: Regras que apresentam estrutura mais complexa, através de propriedades e algoritmos para verificação;

- Classe 4: Regras que necessitam de “prova de solução”, além de verificar a conformidade do modelo, propõe uma solução para a inconformidade.

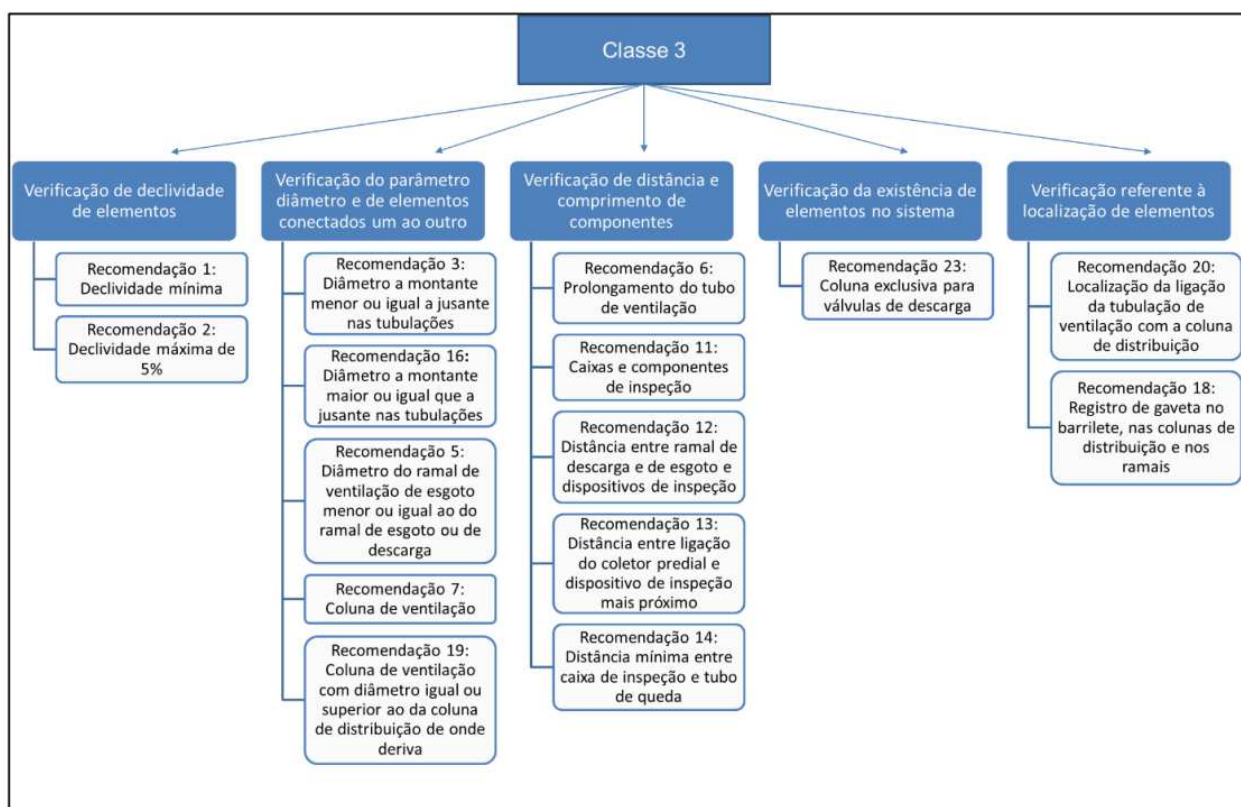
No estudo de Takagaki (2016) foi abordado o modo de elaboração de cada classe de regras:

Na classe 1 são as regras de baixa complexidade e verificações simples, que utilizam um ou alguns dados específicos do modelo por meio de informações contidas nos parâmetros. Essas regras podem ser utilizadas para verificação de medidas de comprimentos, diâmetros e existências de elementos.

A classe 2 abrange as regras que necessitam de valores derivados de informações contidas no modelo virtual, como distância entre dois componentes, que não é um tipo de dado explícito no modelo, no entanto, por meios de regras simplificadas esses dados podem ser calculados.

Na classe 3 são estruturas de dados mais complexos, de regras que demandam uma estrutura maior e que devem explorar profundamente as relações entre os elementos, conforme alguns exemplos na Figura 8.

Figura 8 - Regras de verificação classe 3



Fonte: Takagaki (2016)

E a classe 4 tem as regras as mais complexas que requerem uma “prova de solução”, que resultam em uma sugestão para o problema encontrado, no entanto, na pesquisa de Takagaki não foi abordado devido à complexidade.

Assim, este trabalho buscou aplicar a verificação automática de regras através da programação visual, pelo desenvolvimento de rotinas na ferramenta Dynamo para o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo do objeto de estudo, e que por meio das definições sobre as classes de verificação pôde-se determinar que a ação deste trabalho engloba a classe 3, devido a necessidade de algoritmos que realizem o relacionamento entre os elementos.

2.4.2 Programação visual

O conceito de modelagem paramétrica existe em quase todos os softwares de modelagem 3D, desde simples parâmetros para comprimento, altura ou espessura até parâmetros complexos para a modelagem inteira incluindo diversas variáveis com parâmetros e geometrias (WAHBEH, 2017).

Os principais métodos de design paramétrico no BIM:

- Modelagem paramétrica para objetos;
- O conceito da abordagem paramétrica para design de ambientes;
- Programação visual.

Sendo que o objeto de estudo deste trabalho utilizou o VPL (*Visual Programming Language*), ou linguagem de programação visual, através da ferramenta Dynamo para seu desenvolvimento.

Atualmente, os usuários de softwares BIM conectam seus projetos as ferramentas dos algoritmos para usufruir ao máximo dos benefícios nos seus projetos. A interligação entre essas ferramentas desde o início do projeto ajuda nas etapas de dimensionamento dos modelos e a integração de códigos aos projetos. Os códigos que fazem parte do sistema de algoritmos podem ser relacionados a geometrias ou automação de processos (WAHBEH, 2017).

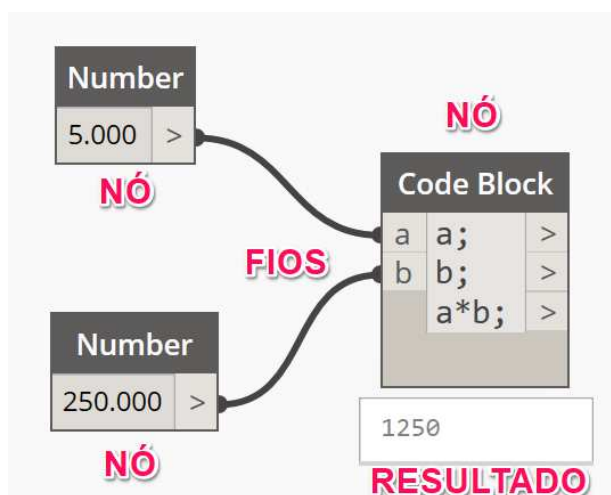
As ferramentas algorítmicas para modelagem mais empregadas que se conectam aos softwares BIM são o Grasshopper3D, plug-in para o Rhino - mas que também se conecta ao ArchiCad; e o Dynamo, plug-in para o Revit. Sendo o Grasshopper e Dynamo muito difundidos, com comunidade relativamente grandes, e

usuários que contribuem para a expansão dos plug-ins, com grandes bibliotecas criadas pelos usuários que estão disponíveis online (WAHBEH,2017). Assim, para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o Dynamo que emprega a linguagem de programação visual.

Em 2011, pela implantação do Dynamo como uma ferramenta do Revit, trouxe a comunicação direta entre esses programas, assim, minimizando problemas de perda de informação. Segundo o Dynamo Primer (2019), a definição da ferramenta Dynamo é uma plataforma de código-fonte aberto para desenhos computacionais e para o BIM, por intermédio de uma interface visual amigável, que constrói rotinas lógicas para melhorar e automatizar fluxos de trabalho e encontra soluções otimizadas.

O Dynamo sendo uma ferramenta de programação que utiliza a linguagem de programação visual, apresenta ao usuário a possibilidade de montar suas próprias aplicações sem possuir conhecimento prévio em linguagens de programação. Com essa ferramenta o usuário pode criar suas aplicações intituladas de rotinas, sendo basicamente a montagem de uma sequência de tarefas que serão executadas. A Figura 9 exemplifica uma rotina criada no Dynamo, em que cada uma das tarefas individuais são os nós que são conectados por outros nós através de *wires* (fios) e criam uma sequência lógica que pode executar automaticamente tarefas, sendo o fluxo de informações que são conectadas através dos fios é da esquerda para a direita.

Figura 9 – Estrutura de uma rotina no Dynamo

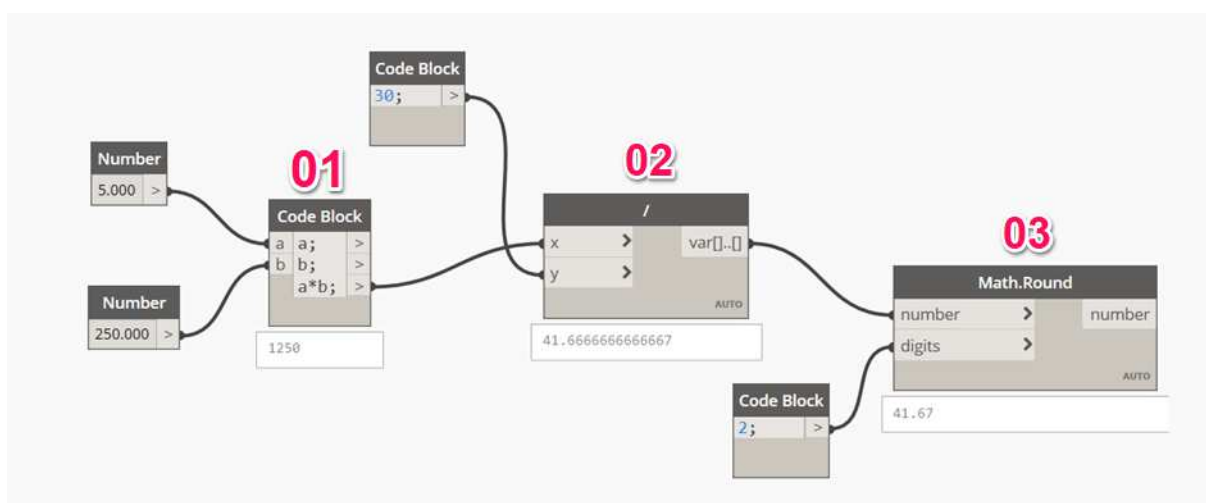


Fonte: Autora (2021)

Os processos de programação usual por texto e da programação visual aplicada pelo Dynamo são essencialmente os mesmos. No entanto, no Dynamo as instruções e relações do programa são através de identidade gráfica (ou “visual”) na interface, conforme demonstrado na Figura 10, em que ao invés de programar através de textos, são conectados pacotes pré-programados que se interligam através dos nós (DYNAMO PRIMER, 2019).

A Figura 10 exemplifica uma rotina criada no Dynamo com nós pré-programados pela ferramenta. Neste exemplo os nós são usados para realizar operações matemáticas, sendo o nó *number* utilizado para inserir os valores desejados, para que assim fosse possível realizar a multiplicação desses números pelo nó numerado como 01, que por sua vez, trouxe o resultado de 1250. A partir dessa informação o nó 02 dividiu este número por 30 que resultou em 41,667, e por fim o nó *math.round* numerado de 03 foi utilizado para arredondar o valor anterior com duas casas decimais, assim, resultando o valor de 41,67.

Figura 10 – Identidade gráfica da programação visual



Fonte: Autora (2021)

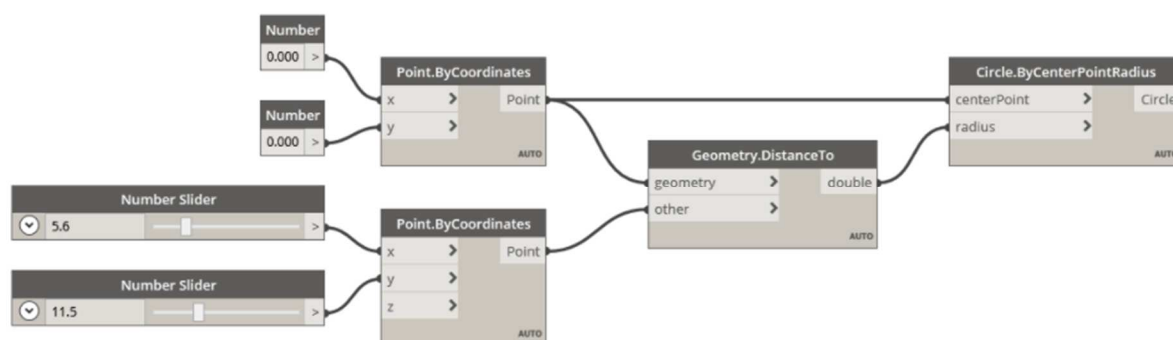
As tarefas realizadas na ferramenta podem ser através do próprio Revit, mas também de uma operação matemática ou qualquer outro recurso pré-programado. Assim, podem ser geradas, por exemplo, tarefas de alteração do valor de um parâmetro de um elemento, selecionar objetos, comparar valores, ler e escrever planilhas de Excel (AUTODESK, 2018). As rotinas desenvolvidas neste trabalho para

calcular o dimensionamento do SHP foram utilizadas operações matemáticas e a extração de informações do modelo do Revit.

Essa linguagem de programação permite que usuários desenvolvam ferramentas personalizadas para atingirem fluxos de trabalhos mais rápidos, eficientes e menos retrabalhos pela programação visual que vem ganhando espaço pela acessibilidade tanto para programadores quanto não programadores, devido ao seu método de linguagem visual, ao invés de linguagens computacionais tradicionais como o Python (DYNAMO PRIMER,2019).

Na Figura 11 é apresentada a aplicação da linguagem de programação visual por meio da ferramenta Dynamo, sendo observado as características da linguagem pela sequência de tarefas visualmente da esquerda para direita, por meio de nós e fios interconectados.

Figura 11 - Código em linguagem de programação visual



Fonte: Dynamo Primer (2019)

É possível a comparação entre a rotina anterior com a programação textual tradicional escrita através deste código:

Figura 12 - Código escrito em texto

```
myPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);
x = 5.6;
y = 11.5;
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);
myCircle = Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);
```

Fonte: Dynamo Primer (2019)

Usualmente, é aplicada a ferramenta Dynamo ao design paramétrico de formas e sólidos complexos, no entanto, não se limita a essa tarefa. Pode-se processar qualquer tipo de dados, inclusive cálculo de instalações prediais para otimizar a eficiência e precisão (DUNCAN; CAPRARU, 2015).

Diante disto, este trabalho buscou a aplicação da linguagem de programação visual para o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo, criando rotinas no Dynamo para calcular a pressão no ponto A e a altura mínima da RTI através de operações matemáticas e a extração de informações da modelagem, para que assim, fosse possível a análise do modelo para verificação da concordância do dimensionamento do objeto de estudo conforme a IN007 do CBMSC.

3 MÉTODO DA PESQUISA

Neste capítulo será apresentado o método utilizado na pesquisa, exemplificado pela Figura 13 que mostra a ordem para o delineamento da mesma, em seguida as etapas da metodologia serão aprofundadas.

Figura 13 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Autora (2021)

A primeira fase foi a determinação da importância do sistema hidráulico preventivo para as edificações multifamiliares e como a aplicação da metodologia BIM pode auxiliar nos projetos de prevenção e combate a incêndio.

Pela identificação das dificuldades na elaboração e dimensionamento do sistema nas edificações residenciais multifamiliares, o objetivo deste trabalho é

desenvolver o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo pela utilização de programação visual com a ferramenta Dynamo.

Para a realização da proposta da aplicação de programação visual foi necessário o estudo por meio de revisão de literatura, que trouxe informações relevantes para o desenvolvimento do problema e os objetivos do trabalho. A leitura de artigos e dissertações identificou como o BIM pode contribuir nas medidas de segurança contra incêndio.

Na revisão de literatura foi exposto a temática geral do combate a incêndio e sua importância para as edificações, especialmente pelo aprofundamento do sistema hidráulico preventivo e seus componentes. Após a exposição da temática sobre o combate a incêndio, foi aprofundado o estudo do BIM e a sua aplicação na verificação automática de regras, a qual foi utilizada neste trabalho por meio da programação visual com o uso da ferramenta Dynamo.

Antes do início da criação das rotinas para dimensionar o SHP do objeto de estudo, foi relacionado o conhecimento teórico obtido pela revisão de literatura e a obtenção de conhecimento prático. Como nos itens descritos abaixo que detalham o aprofundamento do conhecimento sobre o cálculo do dimensionamento do SHP conforme a Instrução Normativa 007 (Sistema Hidráulico Preventivo) do CBMSC, além do estudo da programação visual computacional, o tipo de programação aplicada neste trabalho.

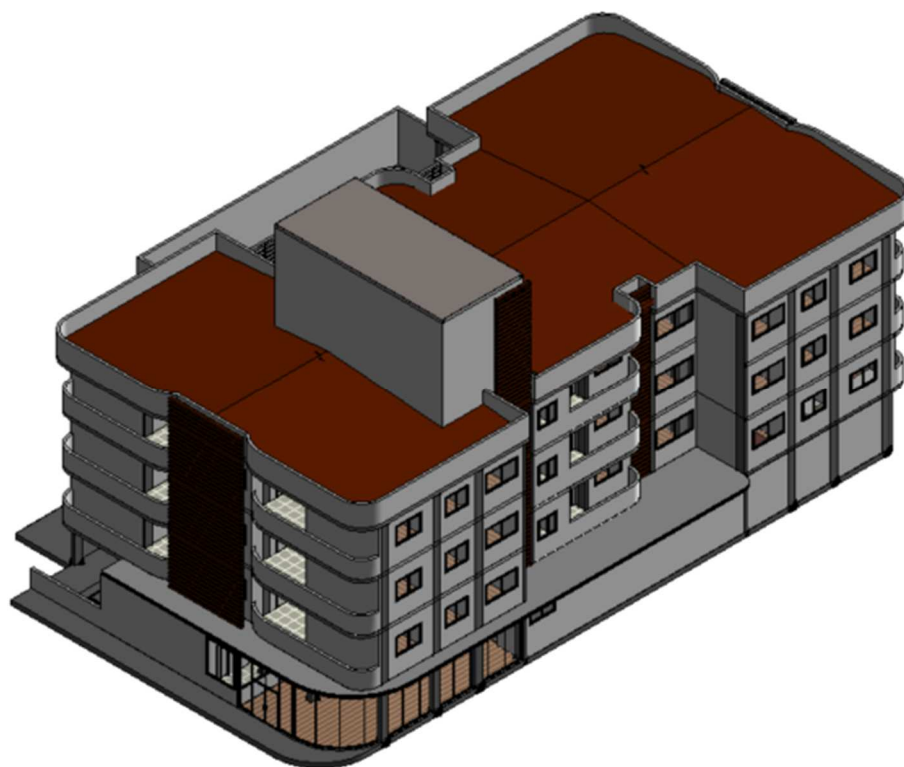
3.1 Objeto de estudo

O projeto arquitetônico utilizado como objeto de estudo deste trabalho é uma edificação residencial multifamiliar modelado pela própria autora no Revit, e que posteriormente foi realizado a modelagem do sistema hidráulico preventivo no mesmo software, para que assim fosse possível utilizá-lo como objeto para desenvolvimento da rotina de dimensionamento no Dynamo.

Este projeto é constituído por 3 pavimentos tipo, um pavimento térreo com garagem e reservatório superior. Cada pavimento tipo contém seis apartamentos, totalizando 18 unidades privativas. O empreendimento totaliza 3.043,50 m² e altura descendente de 9,60 m. A Figura 14 apresenta uma perspectiva do empreendimento

utilizado no estudo, e a Figura 15 mostra uma vista da edificação com a indicação dos níveis.

Figura 14 - Projeto arquitetônico utilizado como objeto de estudo da pesquisa



Fonte: Autora (2021)

Figura 15 – Vista frontal da edificação do objeto de estudo



Fonte: Autora (2021)

Após a etapa da modelagem arquitetônica, foi modelado o sistema hidráulico preventivo no mesmo software conforme as normativas da IN007 do CBMSC.

Devido as características da edificação foi adotada uma prumada única para o sistema, sendo abastecido pelo reservatório superior que adotará uma RTI de 10 m³ conforme a Tabela 3 (página 30), um hidrante para cada pavimento tipo localizados no shaft, um hidrante no térreo localizado na garagem e o hidrante de recalque na entrada principal da edificação próxima ao hall de entrada.

3.2 Dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo

Considerando que a edificação residencial multifamiliar possui reservatório superior, foi calculado o dimensionamento do SHP seguindo o método gravitacional, considerando o uso de dois hidrantes simultâneos conforme exigido pela IN007 do CBMSC, assim, buscando a pressão no ponto A, este sendo o ponto mais desfavorável hidráulicamente e também a determinação da altura da RTI, em que se considera a altura entre o hidrante mais desfavorável e a tomada de fundo da RTI.

A ABNT NBR 13714:2000 (Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio) indica que em qualquer edificação, o dimensionamento deve consistir na determinação do caminhamento das tubulações, diâmetros, acessórios e suportes, necessários e suficientes para garantir o funcionamento dos sistemas previstos.

Visto que a Instrução Normativa 007 (IN 007 - Sistema Hidráulico Preventivo) do Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina (CBMSC) atualizada em 2020 determina que o cálculo do SHP é de competência do projetista responsável pelo PPCI, o método apresentado para o dimensionamento do sistema deste trabalho será uma adaptação do método hidráulico desenvolvido por Creder (2006) e do roteiro de cálculo apresentado na Instrução Normativa 007 do CBMSC de 2014.

Dessa forma, os dados da edificação utilizados para a elaboração do cálculo foram:

- Uso e ocupação: Residencial multifamiliar, classificado como A-2 pela IN 001 na Tabela 1 (página 27);

- Carga de incêndio: a IN003 (CBMSC, 2019) determina que edificações classificadas como A-2 apresentam carga de incêndio baixa (300MJ/m²);
- Conforme a Tabela 6 (página 32), a edificação deverá apresentar o sistema de tipo I, que utiliza hidrante com vazão mínima no esguicho de 70L/min;
- Devido à disposição dos pavimentos no projeto arquitetônico serão considerados 4 hidrantes para a edificação – um no térreo e um para cada pavimento tipo;
- Quando instalados 4 hidrantes na edificação, são considerados 2 hidrantes em uso simultâneo para o dimensionamento (CBMSC, 2020b);
- A tubulação será de aço galvanizado e diâmetro mínimo de 65 mm (2 ½”) (CBMSC,2020b);
- Para atender todos os pontos da edificação alcançados pelo esguicho a mangueira deverá possuir 30 metros;
- Área total construída: 3.043,50 m².

A seguir será apresentado o cálculo do dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo iniciado pelo ponto mais desfavorável hidráulicamente, o ponto A:

3.2.1 Cálculo da pressão no ponto “A”

Considerando a Tabela 6 (página 32), para hidrantes tipo I com esguichos agulheta, a vazão mínima deverá ser de 70 L/min.

Assim:

$$Q_1 = 70 \text{ L/min} \quad (1)$$

$$Q_1 = 70/60000$$

$$Q_1 = 0,001167 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por meio do cálculo da vazão do hidrante, torna-se possível a determinação da altura manométrica, utilizando a vazão mínima obtida pela IN007 (CBMSC, 2020b):

A equação da vazão é a que segue:

$$Q_1 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H} \quad (2)$$

Onde:

Q_1 é a vazão mínima [L/min]

d é o diâmetro do requinte do esguicho [mm](para esguicho agulheta é determinado 13 mm)

H é a altura manométrica [m.c.a]

A partir da determinação da altura manométrica é calculada a perda de carga no esguicho:

$$J_e = 0,0396 \times H \quad (3)$$

Assim, é calculada a perda de carga na mangueira de diâmetro 1½" conforme a Tabela 6 (página 32) para o hidrante mais desfavorável H1, considerando $J_{m1} = 9399,38 \times Q^{1,85}$ para mangueiras de 1½".

$$J_{m1} = 9399,38 \times Q^{1,85} \times L \quad (4)$$

Onde:

Q é a vazão [m^3/s]

L é o comprimento da mangueira [m]

A perda unitária na tubulação de aço galvanizado 2 ½" do hidrante H1 pode ser calculada pela equação:

$$J_{h1} = 1065,88 \times Q^{1,85} \quad (5)$$

Para o cálculo do comprimento equivalente (Leq) do trecho foram consideradas as conexões entre o hidrante menos favorável (H1) e o ponto A, utilizando a Tabela 9 para determinar as perdas de carga dessas conexões.

Tabela 9 - Equivalência da perda de carga das conexões em aço galvanizado

Diâmetro nominal <i>D</i>		Cotovelo 90° Raio longo	Cotovelo 90° Raio médio	Cotovelo 90° Raio curto	Cotovelo 45°	Curva 90° R/d = 1/2	Curva 90° R/d = 1	Curva 45°	Entrada Normal	Entrada de bomba	Entrada de gaveta aberta	Entrada de globo aberto	Entrada de ângulo aberto	Tê passagem direta	Tê passagem de lado	Tê saída bilateral	Válvula de pé e crivo	Saída da canaliz.	Válvula de retenção tipo leve	Válvula de retenção tipo pesado
(mm)	(pol.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

Os valores indicados para registro de globo aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descargas.

Fonte: Macintyre (2010)

No dimensionamento da perda de carga total deste trecho deve ser considerado a soma do comprimento equivalente (L_{eq}) e do comprimento real (L_r), para assim multiplicar pela perda de carga unitária da tubulação do hidrante.

$$\Delta J_{h1} = (L_{eq} + L_r) \times J_{h1} \quad (6)$$

Em conclusão, para o cálculo final da pressão no ponto A, adiciona-se a perda de carga total do hidrante (ΔJ_{h1}), a perda de carga na mangueira (ΔJ_{m1}), altura manométrica (H) e a perda de carga no esguicho (J_e).

$$P_a = \Delta J_{h1} + \Delta J_{m1} + H + J_e \quad (7)$$

3.2.2 Cálculo da altura (X)

Para calcular a altura mínima da RTI, se iniciou pela determinação da vazão total do trecho da RTI até o ponto A, sendo considerado o uso simultâneo dos dois hidrantes mais desfavoráveis H1 e H2. Considerando o método simplificado de

cálculo, a vazão no hidrante mais desfavorável é de 70 L/min e vazão de H2 pode ser considerado duas vezes este valor, portanto, sendo de 140 L/min.

Dessa maneira, a vazão total no trecho é de:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \quad (8)$$

Para o cálculo da perda de carga nas conexões do trecho da RTI até o ponto A devem ser consideradas as conexões utilizadas da RTI até o ponto A, calculadas através do comprimento equivalente, utilizando a Tabela 9 (página 59).

Assim, a perda unitária da tubulação nesse trecho deverá ser calculada através da seguinte fórmula para tubulação 2 ½" de aço galvanizado:

$$J_t = 1065,88 \times Q^{1,85} \quad (9)$$

E a perda de carga total na tubulação será pela soma do comprimento equivalente, real e da altura e assim, multiplicadas pela perda unitária da tubulação:

$$\Delta J_t = (L_{eq} + L_r + X) \times J_t \quad (10)$$

Dessa forma, ao final resulta-se o valor da altura (X) que será a altura mínima que deve ter entre a tomada de água no fundo do reservatório e o centro geométrico do hidrante hidráulicamente menos favorável:

$$P_a = X - \Delta J_t \quad (11)$$

A partir do exposto no método de pesquisa sobre o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo, os cálculos demonstrados auxiliaram no desenvolvimento da rotina no Dynamo, para que se tornasse possível a integração entre a modelagem no Revit e o cálculo do dimensionamento no Dynamo.

3.3 Aplicação da ferramenta Dynamo

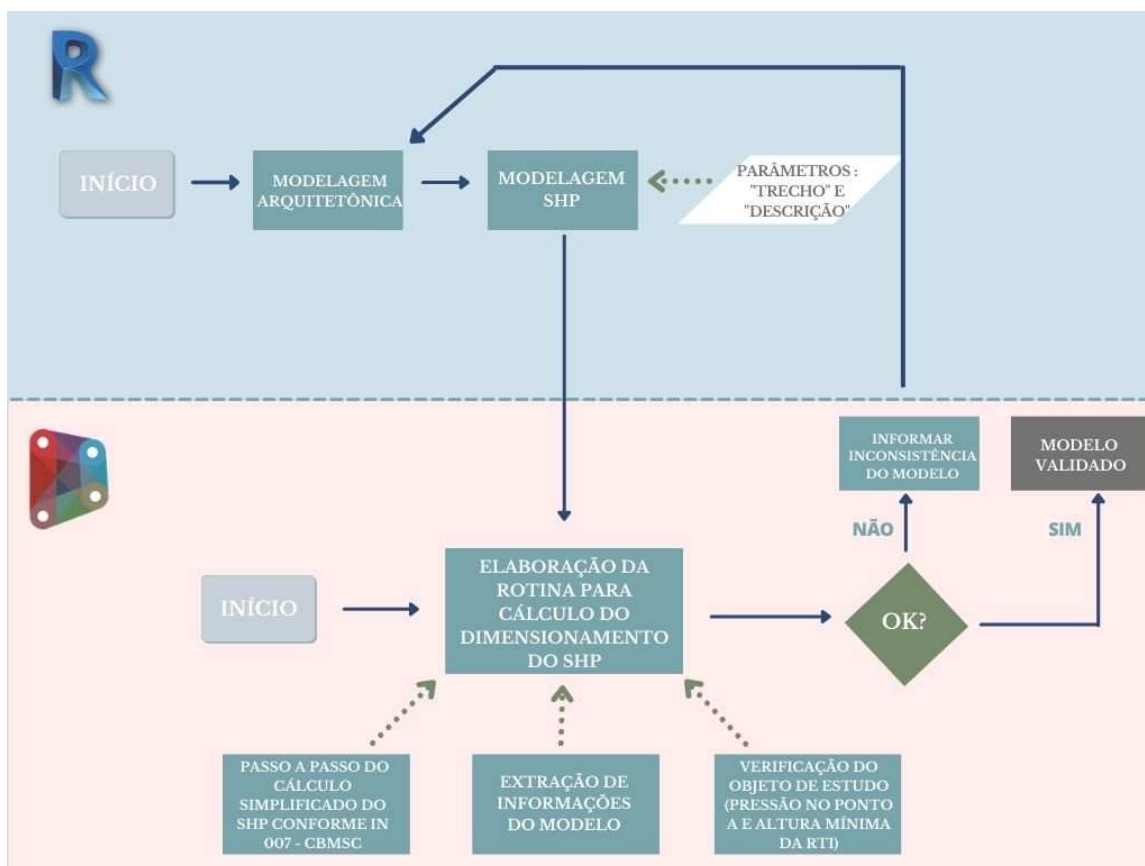
A partir da definição da sequência de passos necessários para o dimensionamento do SHP conforme o item anterior, foi iniciada a elaboração da rotina no Dynamo para determinar a pressão no ponto A, a altura mínima da RTI e

posteriormente a verificação do dimensionamento dos requisitos modelados no objeto de estudo.

A escolha da utilização desta ferramenta se deve a possibilidade de criar rotinas no Dynamo para calcular o dimensionamento do sistema utilizando informações extraídas da modelagem realizada no Revit, e através de operações matemáticas elaboradas diretamente no Dynamo pôde-se criar os cálculos do dimensionamento seguindo os passos descritos no item 3.2. Para que assim, a rotina verificasse a conformidade dos seguintes requisitos do objeto de estudo:

- a altura mínima de saída da RTI;
- a pressão no ponto A.

Figura 16 - Fluxograma de interação Revit – Dynamo



Fonte: Autora (2021)

Pode-se verificar a interação entre o Revit e o Dynamo pela Figura 16, em que o início da aplicação para o objeto de estudo ocorre na modelagem do projeto arquitetônico e do sistema hidráulico preventivo (SHP) no Revit, durante a modelagem

do SHP foram criados os parâmetros “trecho” e “descrição” que auxiliaram a extração de informações do modelo para a rotina no Dynamo.

Após a finalização das modelagens, foi iniciada a utilização do Dynamo para dimensionar e verificar o sistema do objeto de estudo, sendo criadas rotinas que utilizam informações extraídas do modelo do Revit, como, por exemplo, o comprimento das tubulações, tipos de conexões, as definições dos trecho através do parâmetro e os níveis dos pavimentos, além disso, para a elaboração desta rotina foram consideradas as informações apresentadas no item 3.2 como um passo a passo para o dimensionamento do SHP conforme a IN007 do CBMSC.

Assim, ao final foi obtido o valor da pressão no ponto A e altura mínima da reserva técnica de RTI para o objeto de estudo. A implementação dessas rotinas para o dimensionamento do sistema buscou a verificação do objeto e que fosse informado, a partir dos dados encontrados ao longo da mesma se o modelo é consistente com os requisitos prescritos pela Instrução Normativa 007 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. E ao ser encontrada uma inconsistência com o modelo, é informada na rotina a altura entre o hidrante H1 e a RTI do modelo e o valor faltante para atingir a altura necessária para estar em conformidade com as normativas, assim, pode-se alterar o modelo para atender as conformidades necessárias.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados relativos ao desenvolvimento, aplicação e verificação das rotinas desenvolvidas para o projeto utilizado como objeto de estudo.

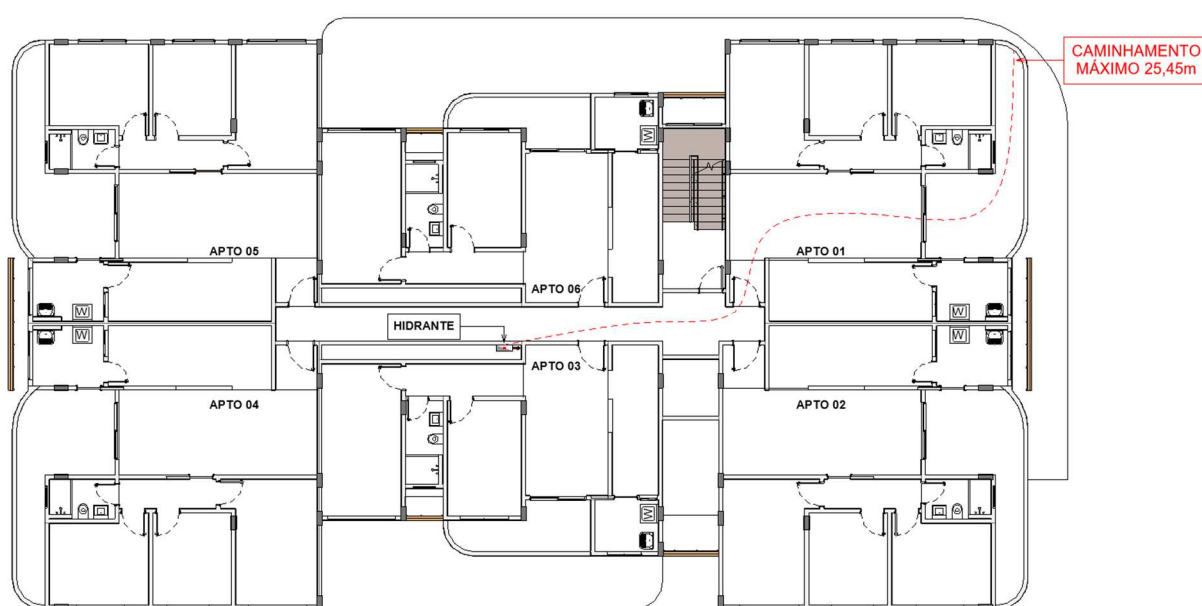
4.1 Modelagem do sistema hidráulico preventivo

4.1.1 Definições para modelagem

Inicialmente, a modelagem do sistema hidráulico preventivo foi realizada considerando o projeto arquitetônico escolhido como objeto de estudo seguindo as normativas expostas pela Instrução Normativa 007 do CBMSC. Observando o caminhamento máximo em cada pavimento, admitiu-se o comprimento de 30 metros para as mangueiras dos hidrantes.

Nos pavimentos tipo, o hidrante foi locado no shaft inferior no lado direito, os apartamentos de final 01 são os que apresentam maior caminhamento para o hidrante de 25,45 metros, assim, são atendidos efetivamente pela mangueira de 30 metros, conforme mostra a Figura 17.

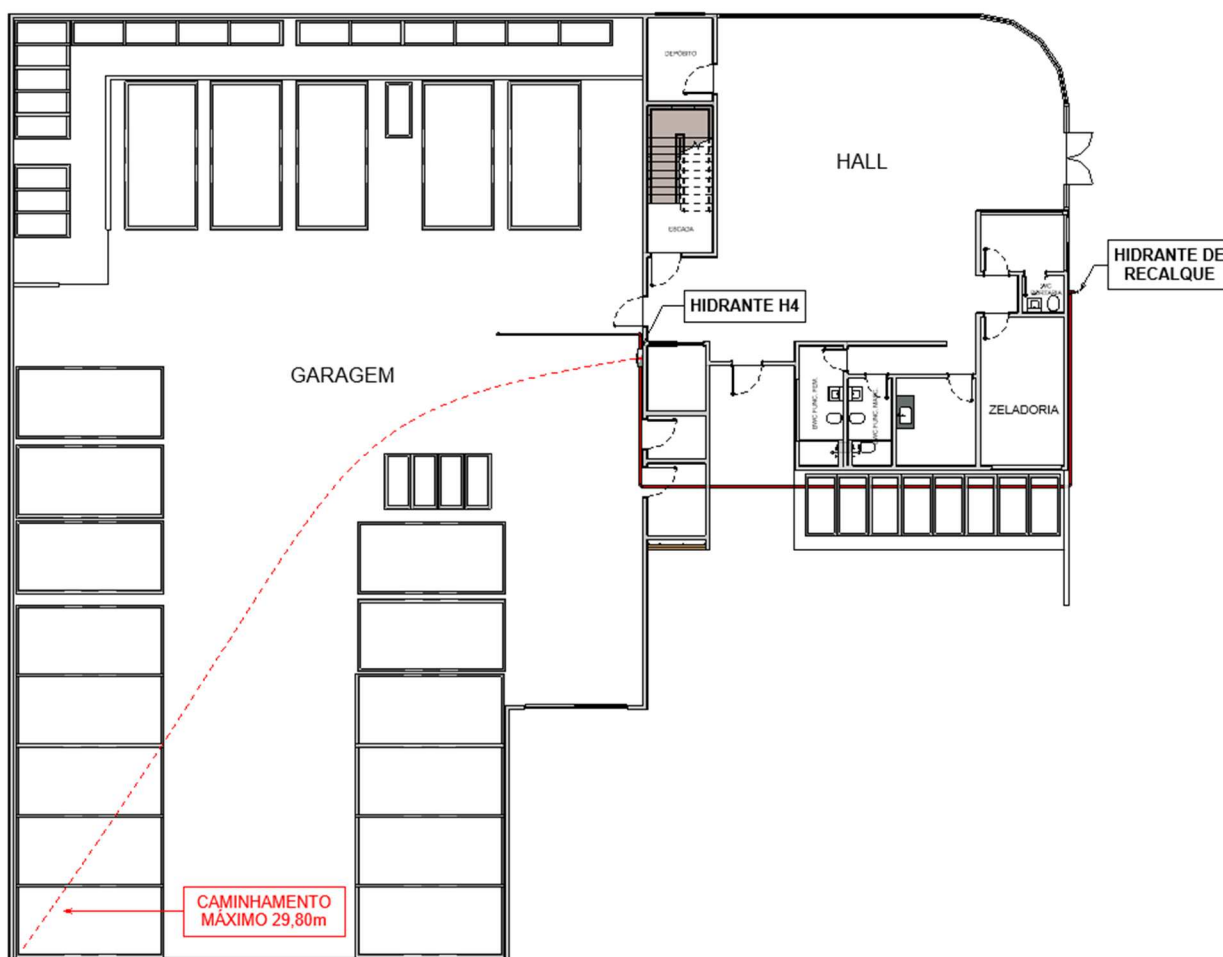
Figura 17 - Caminhamento máximo do hidrante no pavimento tipo



Fonte: Autora (2021)

A Figura 18 demonstra que o hidrante do pavimento térreo está localizado na garagem apresentando caminhamento máximo da mangueira de 29,80 metros, que assim também atende o comprimento de 30 metros da mangueira instalada.

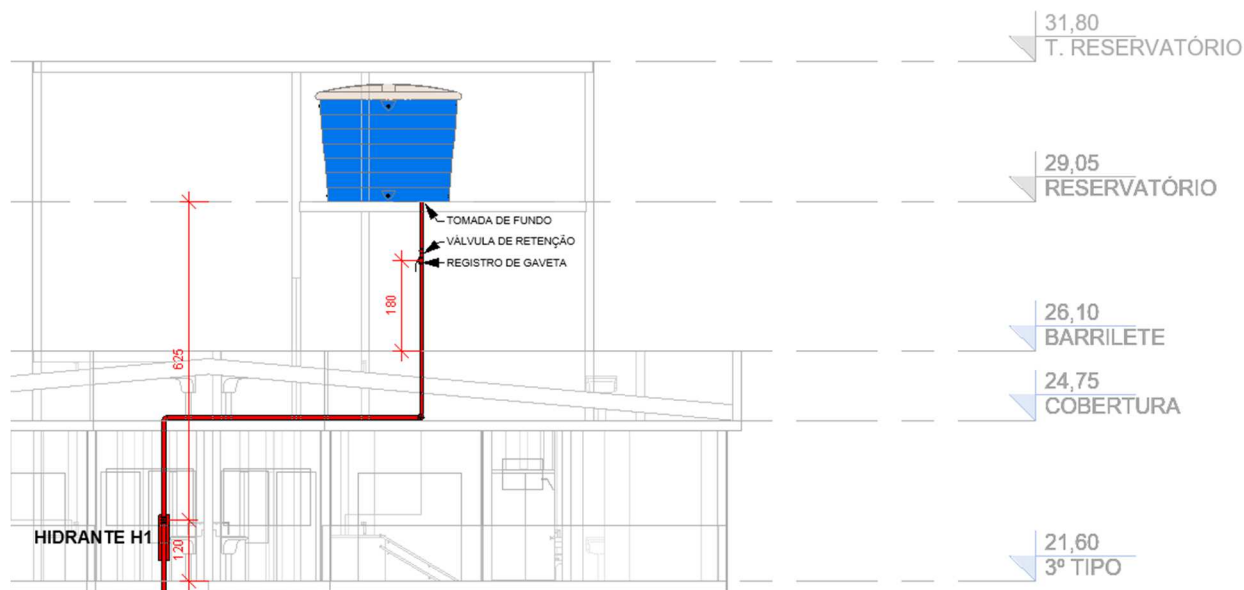
Figura 18 - Caminhamento máximo do hidrante no térreo



Fonte: Autora (2021)

De acordo com a Figura 19, a reserva técnica de incêndio (RTI) foi instalada no pavimento do reservatório, apresentando volume de 10 m³ conforme indicação da Instrução Normativa 007 na Tabela 3 (página 30), sendo o sistema abastecido pelo reservatório por tomada de fundo no nível de 29,05 metros. No pavimento do barrilete de nível 26,10 metros estão localizados a válvula de retenção e o registro de corte a 1,80 metros do piso e no 3º pavimento o hidrante H1 está instalado a 1,20 metros do piso, assim contabilizando 6,25 metros entre o hidrante e a tomada de fundo do reservatório.

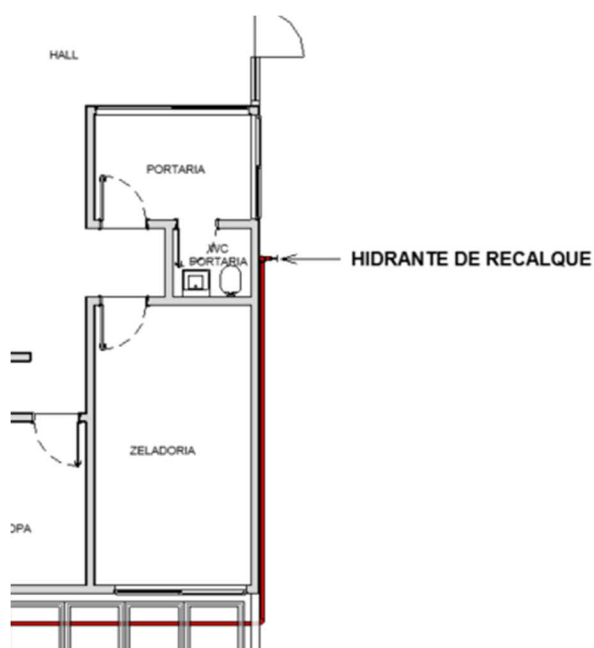
Figura 19 - Corte da edificação com detalhes do reservatório e hidrante H1



Fonte: Autora (2021)

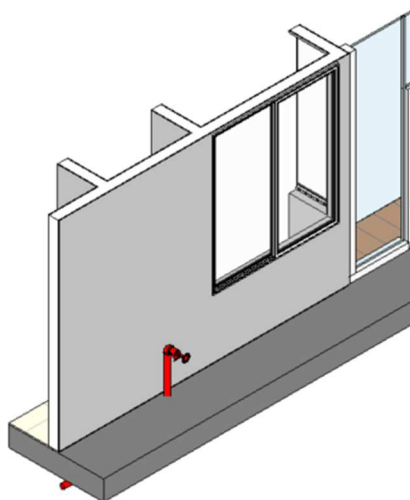
O hidrante de recalque está instalado próximo à entrada principal da edificação na parede externa da fachada principal, sendo do tipo aparente, pintado na cor vermelha e com centro geométrico de tomada d'água a 60cm do piso. Abaixo temos a Figura 20 que indica a posição do hidrante de recalque na entrada da edificação e a Figura 21 mostra uma vista 3D do hidrante.

Figura 20 – Planta baixa do hidrante de recalque



Fonte: Autora (2021)

Figura 21 - Vista 3D do hidrante de recalque

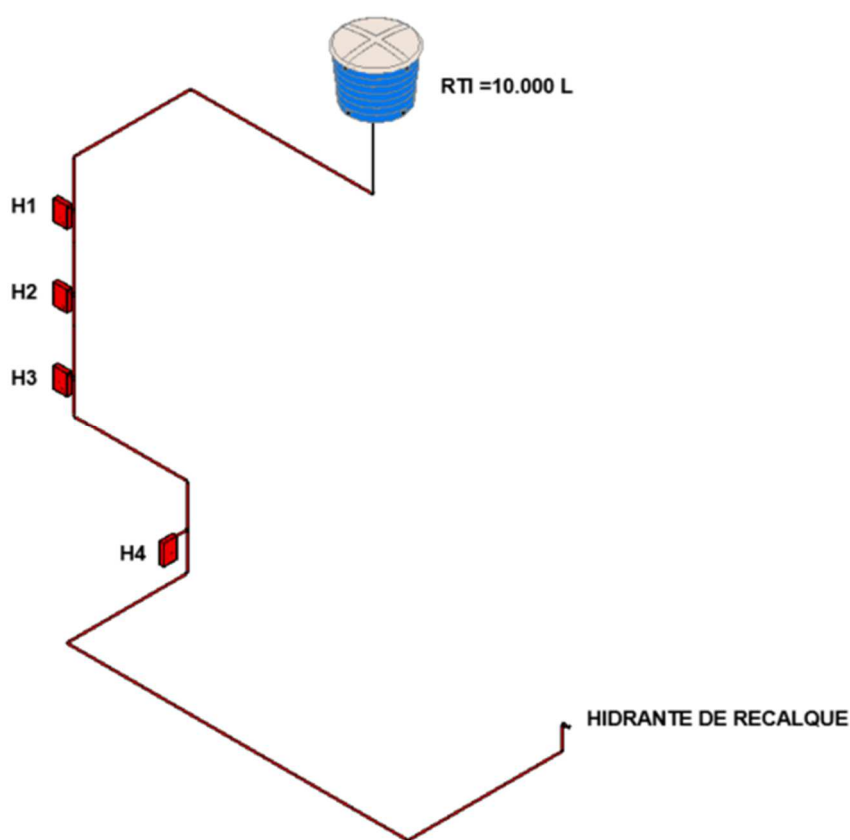


Fonte: Autora (2021)

Por meio das normativas apresentadas na IN007 do CBMSC foram modelados no software Revit os elementos do sistema hidráulico preventivo seguindo as características da edificação. O sistema considerado foi de abastecimento por gravidade, com 4 hidrantes, hidrante de recalque e tubulação de aço galvanizado, conforme apresentado na Figura 22 que mostra um isométrico do SHP da edificação.

As tubulações foram modeladas com a família de tubo de aço para representar a tubulação de aço galvanizado, pintadas na cor vermelha e considerado o diâmetro de 65 mm para este caso, que posteriormente foi confirmado pela rotina a validação deste diâmetro. Além disso, foram utilizadas conexões de joelho e tê do mesmo diâmetro e material, conforme necessidade da modelagem.

Figura 22 – Isométrico do sistema hidráulico preventivo



Fonte: Autora (2021)

4.1.2 Critérios de modelagem

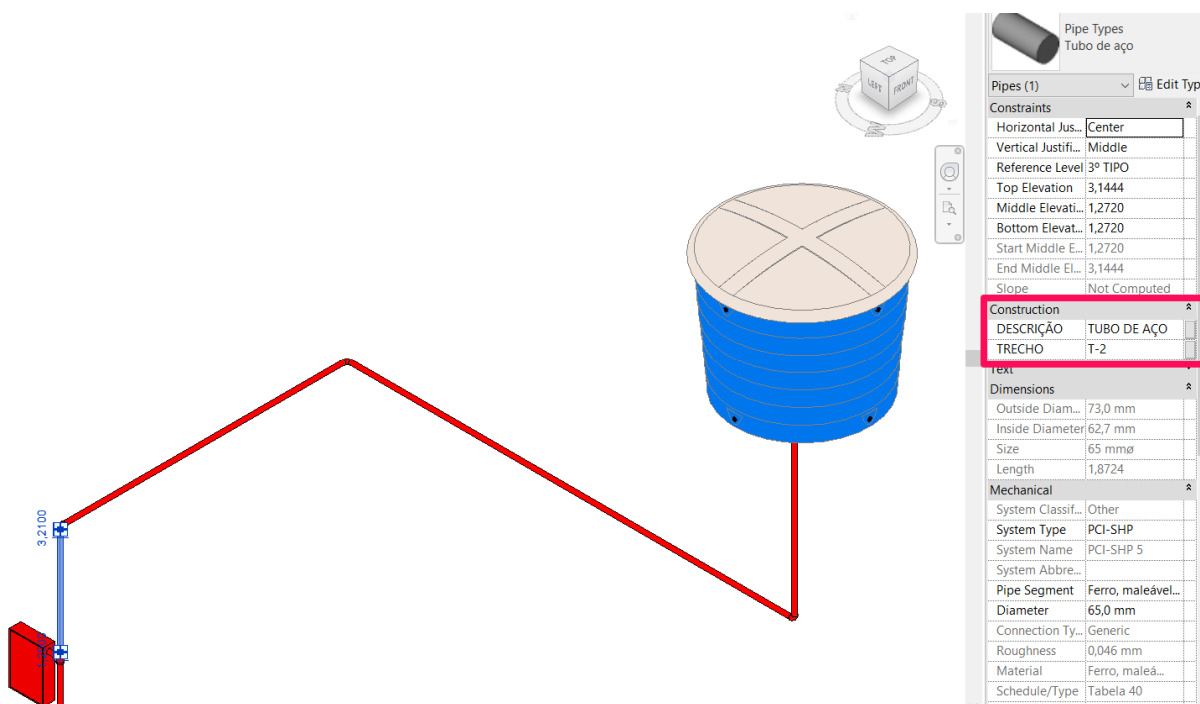
Na modelagem, as famílias foram utilizadas conforme necessidade do sistema, e de acordo com as suas aplicações foram consideradas no dimensionamento do sistema pelo Dynamo.

Para a família de hidrante utilizada no modelo, são englobados os componentes que integram um hidrante como o abrigo do hidrante, a mangueira de 30 metros, registro globo angular de 45° e o adaptador de redução.

No pavimento do barrilete, conforme as necessidades do sistema hidráulico preventivo, foi adicionado o registro de corte e a válvula de retenção, e no pavimento do reservatório foi modelada a caixa d'água, sendo utilizada para o consumo da edificação e RTI. Além disso, para auxiliar na rotina, foi inserido uma família de cap de tubulação na saída da caixa d'água para ser considerado como a entrada de borda no dimensionamento do sistema.

Através das famílias utilizadas foram criados parâmetros no modelo para possibilitar a comunicação de informações entre o Revit e o Dynamo, os parâmetros foram “TRECHO” e “DESCRIÇÃO” como indicado na Figura 23.

Figura 23 – Parâmetros criados no modelo do Revit para auxiliar na rotina no Dynamo



Fonte: Autora (2021)

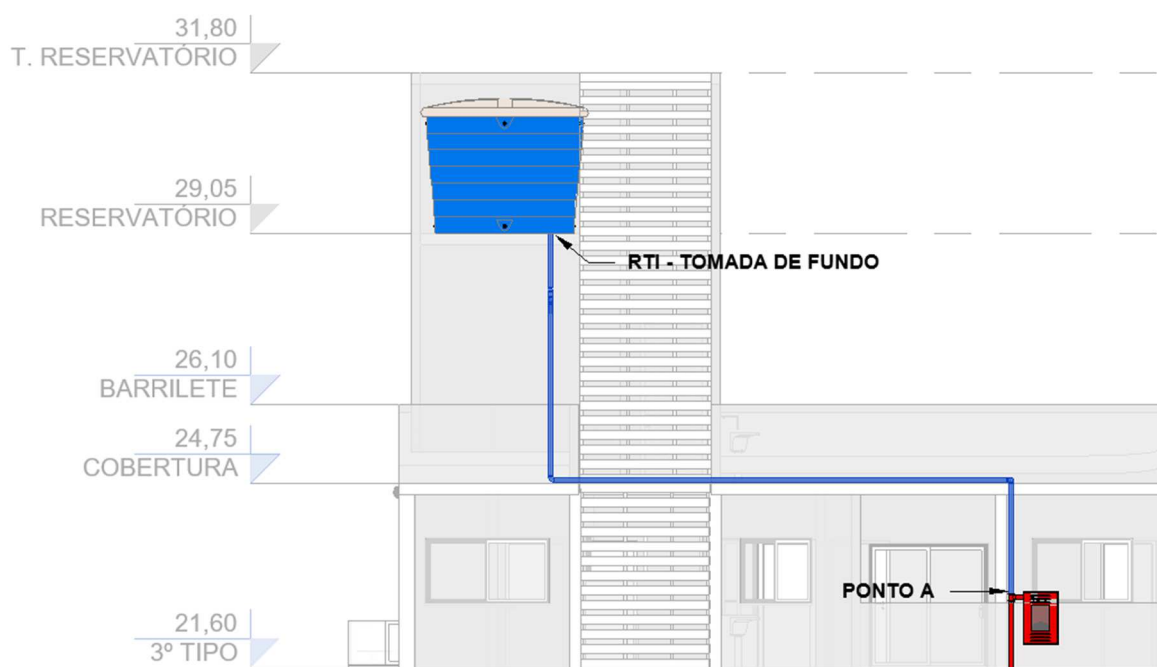
O parâmetro trecho foi aplicado para as famílias pertencentes ao cálculo do dimensionamento do SHP, sendo divididas em trecho T-1 e T-2. A Figura 24 identifica o trecho T-1 para o cálculo da pressão no ponto A, que considera do hidrante H1 até o ponto A conforme destacado em azul; e o trecho T-2 na Figura 25 considera a partir do ponto A até a RTI para calcular a altura mínima da RTI. Além disso, deve-se atentar a maneira que ocorre o preenchimento do parâmetro, os trechos são nomeados em caixa alta e com traço, como em “T-1” e “T-2”.

Figura 24 – Identificação do trecho T-1



Fonte: Autora (2021)

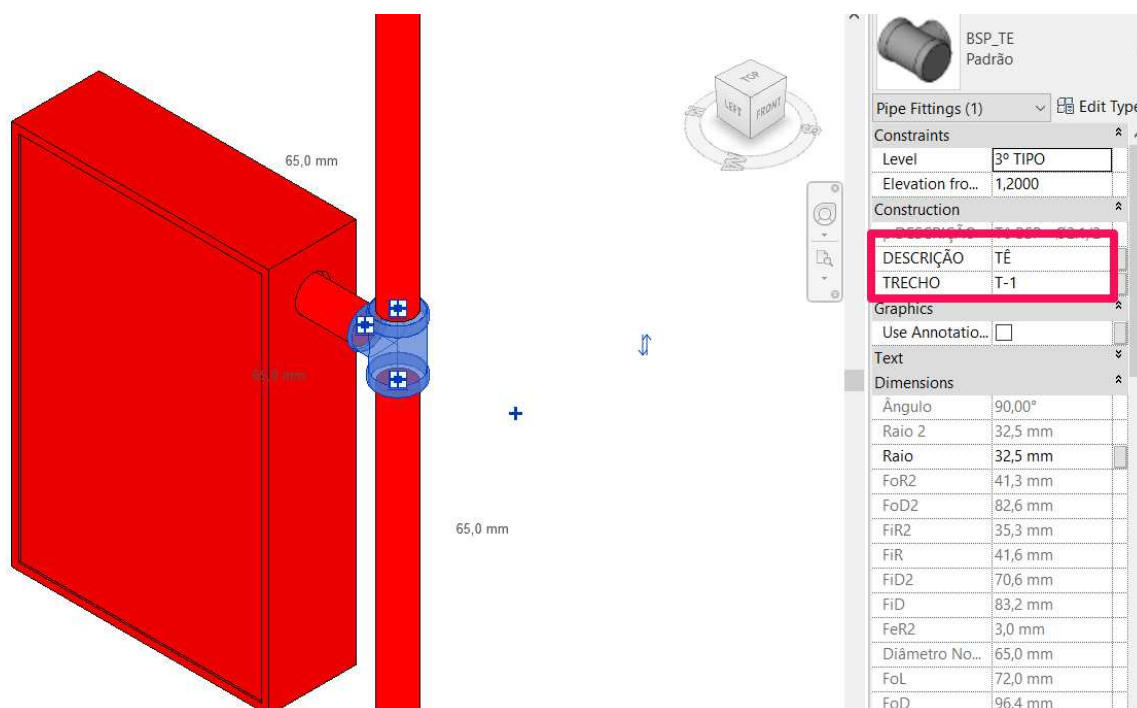
Figura 25 - Identificação do trecho T-2



Fonte: Autora (2021)

Além do parâmetro trecho, foi necessário a criação do parâmetro descrição que foi elaborado para que o usuário possa inserir uma descrição para cada tipo de família utilizada na modelagem, como por exemplo na Figura 26 que demonstra como foi preenchida a informação no parâmetro para a conexão tê. O preenchimento dessa informação no parâmetro foi utilizado posteriormente para filtrar os elementos na rotina.

Figura 26 – Preenchimento dos parâmetros para a conexão tê



Fonte: Autora (2021)

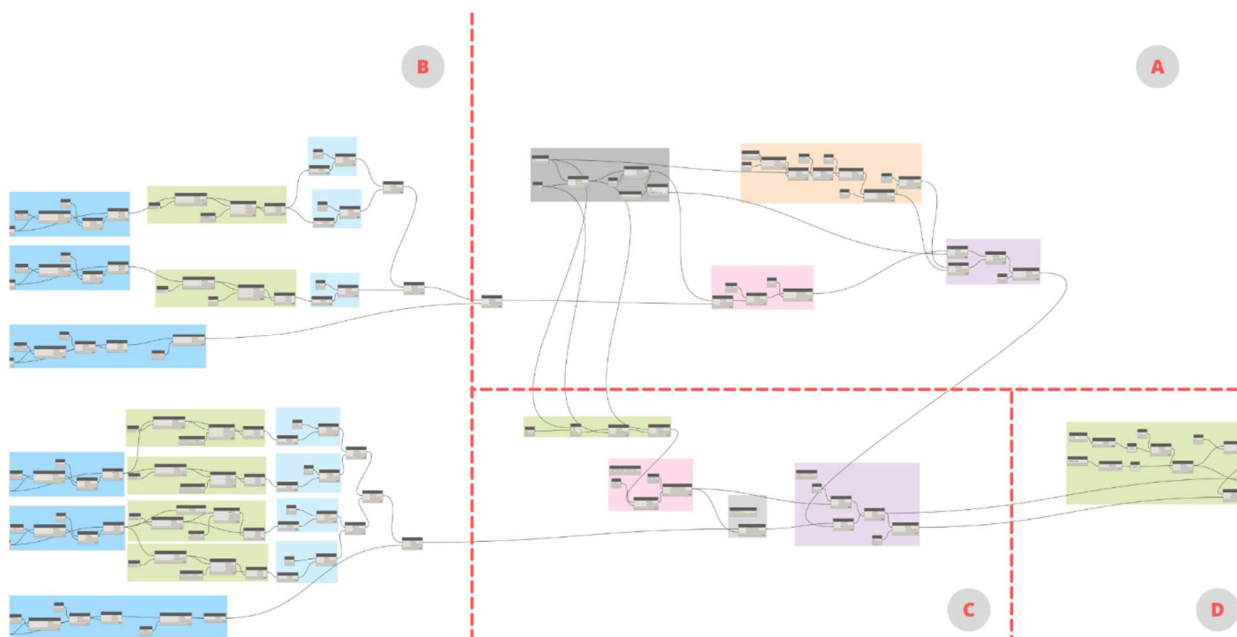
Os parâmetros trecho e descrição foram utilizados para auxiliar a filtrar os elementos na rotina para o cálculo do comprimento equivalente e a perda de carga, além da contabilização do comprimento real da tubulação.

4.2 Desenvolvimento da rotina de programação visual

A seguir será detalhado o desenvolvimento da rotina de dimensionamento do sistema hidráulico preventivo para o projeto utilizado como objeto de estudo, conforme o dimensionamento detalhado no item 3.2 e seguindo as normas da Instrução Normativa 007 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC).

A Figura 27 mostra uma visão geral da rotina desenvolvida no Dynamo para o dimensionamento do sistema, e as imagens aumentadas para cada passo do dimensionamento realizado encontram-se no Apêndice A.

Figura 27 – Rotina desenvolvida no Dynamo para o dimensionamento do SHP



Fonte: Autora (2021)

A Figura 27 foi dividida em quatro partes para ilustrar a sequência realizada na rotina para o dimensionamento, sendo que a parte A contém os cálculos para a determinação da pressão no ponto A; a parte B são as rotinas elaboradas para determinar os comprimentos equivalentes e reais dos trechos T-1 e T-2; a parte C foi utilizada para as rotinas que calcularam a altura mínima da RTI e a parte D é a verificação do sistema hidráulico preventivo do objeto de estudo.

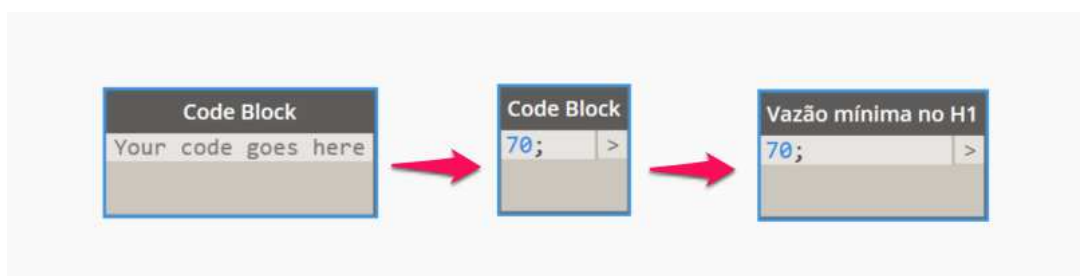
4.2.1 Cálculo da pressão no ponto A (Pa)

Para o início do dimensionamento foram consideradas as diretrizes da Instrução Normativa 007 do CBMSC, que indicam que para edificações com 4 hidrantes devem ser considerados o uso dos dois hidrantes mais desfavoráveis simultaneamente, assim foram inseridos na rotina os dados de entrada segundo a Tabela 6 (página 32) considerando o sistema como do tipo I, os quais são compostos por hidrantes com esguichos do tipo agulheta com diâmetro de 13 mm e devendo atender a vazão mínima no hidrante mais desfavorável de 70 L/min.

A partir desses dados, foi iniciado o dimensionamento pelo cálculo da perda de carga na mangueira pela rotina demonstrada na Figura 29. Para isso foram criados

nós através do comando *code block* como apresentado na Figura 28, este tipo de nó foi muito utilizado na rotina, pois possibilitou a inserção de informações, como o dado de entrada de vazão mínima do hidrante H1 de 70 L/min e a informação do comprimento da mangueira do hidrante adotado, que neste caso é de 30 metros. O preenchimento deste tipo de nó é demonstrado pela figura abaixo, em que primeiramente foi selecionado o nó, em seguida foi preenchido o valor escolhido e por fim, alterado o título do nó para “vazão mínima no H1”, sendo que este último passo foi utilizado diversas vezes durante a elaboração da rotina com o objetivo de ajudar o entendimento dos passos ao longo da mesma.

Figura 28 - Utilização do nó *code block* para adicionar informações na rotina



Fonte: Autora (2021)

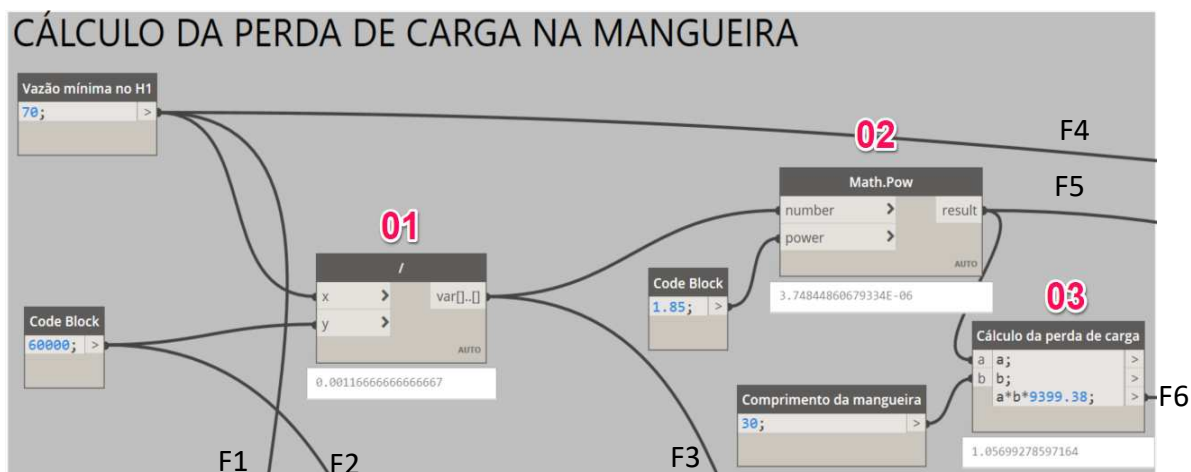
Para a inserção da informação do comprimento da mangueira do hidrante, atentaram-se as características da edificação, em que cada hidrante deve apresentar mangueira de 30 metros de comprimento, para que desse modo o caminhamento da mesma atenda todos os pontos da edificação com o seu esguicho.

Para a introdução do valor da vazão mínima de 70 L/min na rotina da Figura 29 foi necessário atentar-se a unidade de medida requerida pelo cálculo da perda de carga na mangueira, assim foi preciso modificar na rotina de 70 L/min para 0,0011667 m³/s utilizando o nó numerado como 01 que realizou a operação matemática de divisão para os valores conectados a este nó.

A Figura 29 indica a rotina criada para obter o valor da perda de carga na mangueira ($J_{m1} = 9399,38 \times Q^{1,85} \times L$), considerando a vazão em m³/s e o comprimento da mangueira em metros. Para esse cálculo foi utilizado o nó *math.pow* numerado como 02 nesta figura, o qual foi aplicado para realizar uma operação de potenciação, sendo a potência o valor obtido anteriormente pelo nó 01 ($Q=0,0011667$ m³/s) e o expoente o valor de 1,85. E no último nó 03, foi usado o nó *code block* para calcular a

perda de carga na mangueira, assim multiplicando o valor encontrado no nó 02, o comprimento da mangueira de 30 metros e pelo valor de 9399,38, assim resultando em 1,057 mca.

Figura 29 – Rotina para cálculo da perda de carga na mangueira no hidrante H1



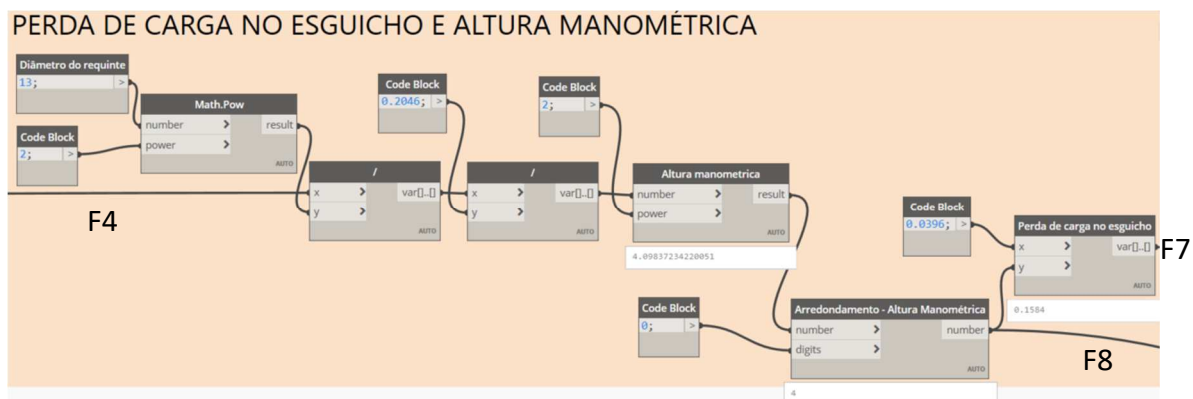
Fonte: Autora (2021)

Na Figura 30 para o cálculo da perda de carga no esguicho e a altura manométrica foi inserida a informação do tipo de esguicho utilizado, sendo neste caso o esguicho agulheta com diâmetro 13 mm.

Assim, para obter a altura manométrica utilizou-se a vazão mínima no hidrante H1 e o diâmetro do esguicho no cálculo ($Q_1 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H}$), através desse cálculo foi determinada altura manométrica de 4 mca, e a partir da determinação dessa altura, alcançou-se a perda de carga no esguicho ($J_e = 0,0396 \times H$), sendo de 0,1584 mca.

Para realizar esses cálculos foram usados nas rotinas o nó *math.round* para arredondar o valor obtido da altura manométrica e o último nó da rotina é o de multiplicação que multiplica os valores de "x" e "y" para obter o valor da perda de carga de esguicho.

Figura 30 - Rotina desenvolvida para o cálculo da perda de carga no esguicho e altura manométrica

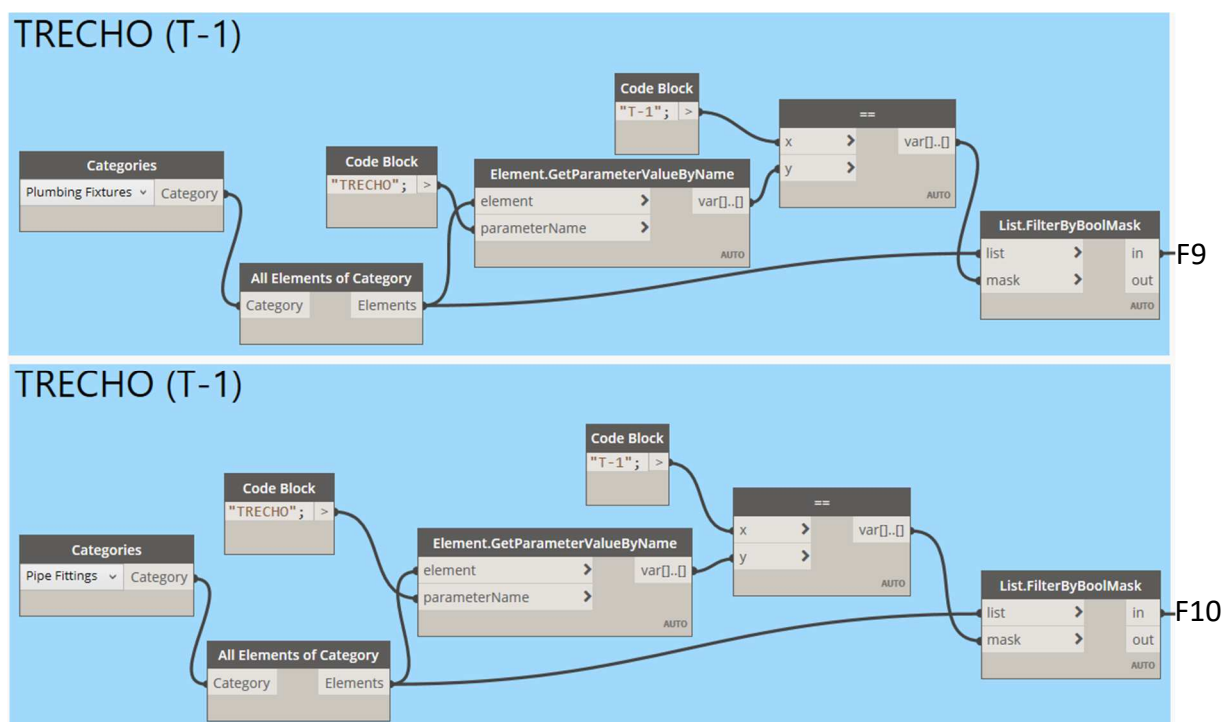


Fonte: Autora (2021)

Para a definição da pressão no ponto A, foi nomeado de trecho T-1, conforme indicado pela Figura 24 (página 69), o trecho referente ao hidrante H1 até o ponto A, o qual a partir da criação dos parâmetros durante a modelagem do sistema foi possível determinar o comprimento equivalente deste trecho pelas informações extraídas do modelo por meio da rotina.

O cálculo do comprimento equivalente ocorreu através da filtragem dos elementos pertencentes ao trecho e suas categorias correspondentes. Visto que, o trecho T-1 é composto por conexões que pertencem as categorias *plumbing fixtures* e *pipe fittings* como demonstrado na Figura 31, essas categorias foram filtradas pela criação do parâmetro trecho no modelo e a inserção da informação T-1 neste parâmetro nos elementos que estão neste trecho.

Figura 31 - Rotina para filtrar as categorias do trecho T-1

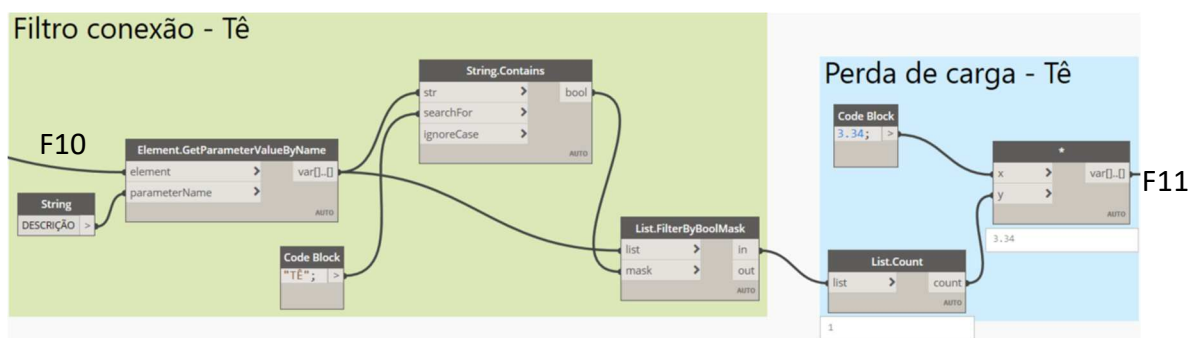


Fonte: Autora (2021)

A partir da filtragem de cada categoria, foram selecionadas as conexões pertencentes a mesma. Para filtrar as conexões foi utilizado o parâmetro descrição criado anteriormente, assim, foram inseridos na rotina a descrição de cada família conforme apresentado na modelagem. Para cada conexão pertencente ao trecho T-1 foi introduzido na rotina o valor da perda de carga definido pela tabela de equivalência (Tabela 9, página 59).

A Figura 32 demonstra como foi filtrado a família da conexão tê conforme o parâmetro de descrição criado durante a modelagem, assim, a partir da filtragem deste elemento pôde-se adicionar a informação da perda de carga conforme a tabela de equivalência que determina o valor de 3,34 m. Dessa forma, a rotina contabilizou a quantidade de tês no trecho T-1 e multiplicou pelo valor da perda de carga, neste caso havia apenas um tê no trecho, logo a perda de carga foi de 3,34 m.

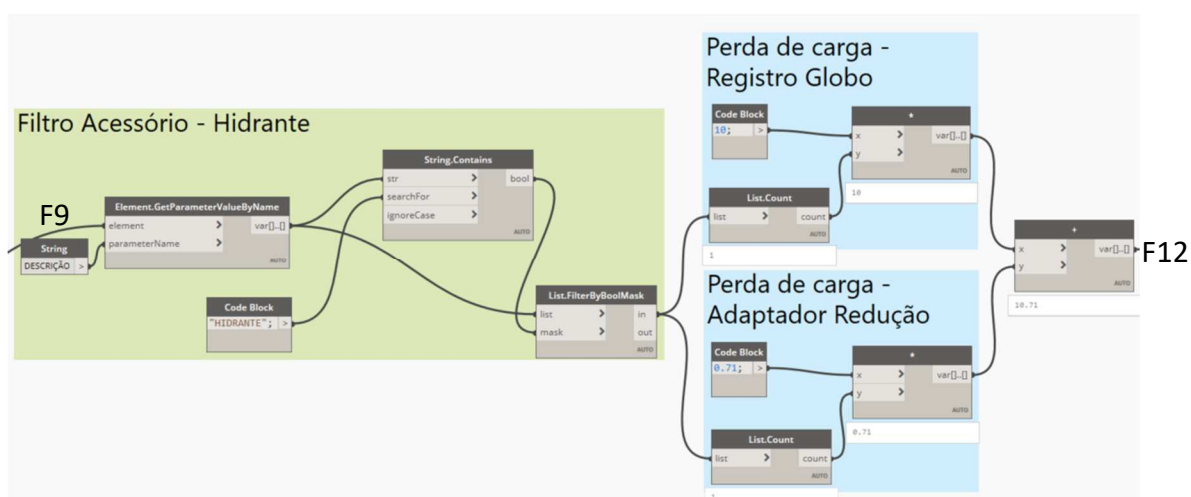
Figura 32 - Rotina para filtrar e determinar a perda de carga da conexão tê



Fonte: Autora (2021)

Conforme mencionado anteriormente no item 4.1.2 sobre os critérios de modelagem, a família do hidrante utilizada na modelagem engloba também o registro globo angular de 45° e o adaptador de redução, assim, na rotina foi filtrada a família do hidrante pelos parâmetros do trecho “T-1” e o de descrição sendo o “hidrante”. Dessa forma, a Figura 33 demonstra que nessa rotina foi filtrado apenas um hidrante pertencente ao trecho T-1, e no cálculo da perda de carga foram considerados os elementos que compõe este hidrante, como o registro globo angular 45° com o valor de 10 m e para o adaptador de redução de 0,71 m, totalizando 10,71 m de perda de carga para o hidrante.

Figura 33 - Rotina para filtrar e determinar a perda de carga do hidrante

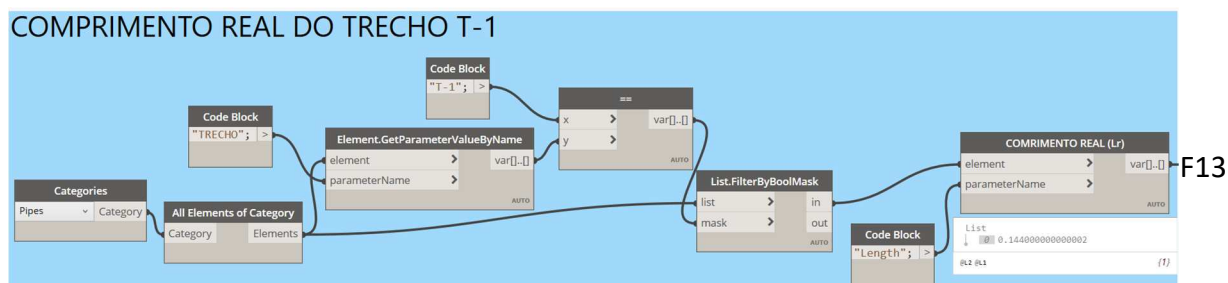


Fonte: Autora (2021)

A Figura 34 exemplifica a rotina criada que possibilitou a exportação dos dados de comprimento das tubulações da modelagem, em que foi selecionado a categoria *pipes*, referente as tubulações. Nessa etapa foram filtradas as tubulações

pelo parâmetro trecho, ou seja, todas as tubulações modeladas que foram inseridas a informação “T-1” neste parâmetro foram selecionadas e contabilizadas pela rotina.

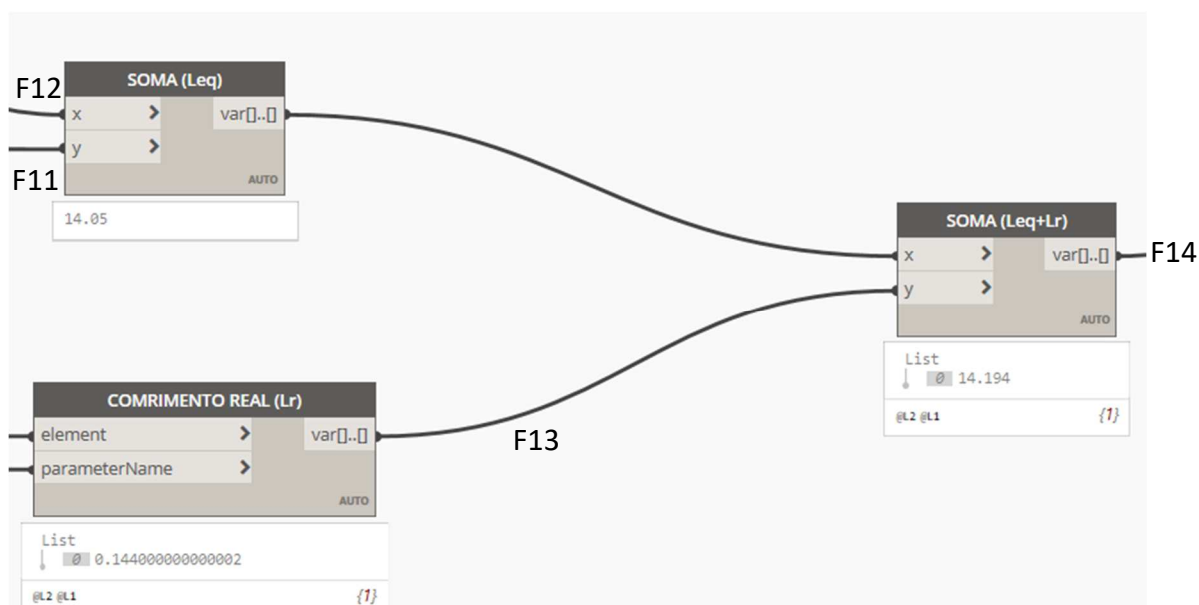
Figura 34 - Rotina desenvolvida para calcular o comprimento real do trecho T-1



Fonte: Autora (2021)

Assim, foi calculado pela rotina a soma dos comprimentos equivalentes dos elementos e o comprimento real da tubulação do trecho T-1, totalizando 14,194 metros como indicado na figura abaixo.

Figura 35 – Somatório do comprimento equivalente e real do trecho T-1

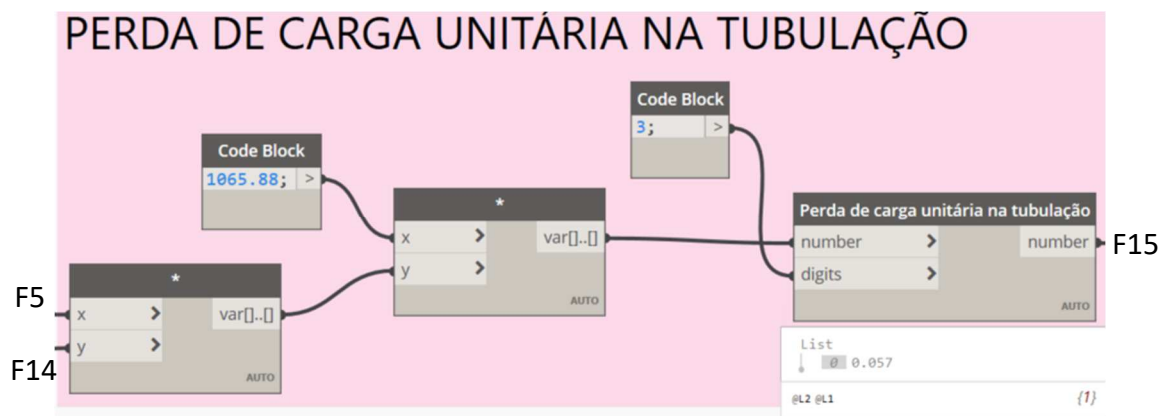


Fonte: Autora (2021)

Após a determinação dos comprimentos equivalentes relacionados a modelagem, foi possível realizar o cálculo da perda de carga unitária na tubulação, para que assim tenha-se a definição da pressão no ponto A. Para calcular a perda de carga na tubulação é utilizada a vazão mínima do hidrante H1 e o comprimento equivalente calculado anteriormente, através do cálculo $\Delta J_{h1} = 1065,88 \times Q^{1,85} \times (L_{eq} + L_r)$,

sendo assim, foi obtido a perda de carga unitária na tubulação no valor de 0,057 mca como indicado pela Figura 36.

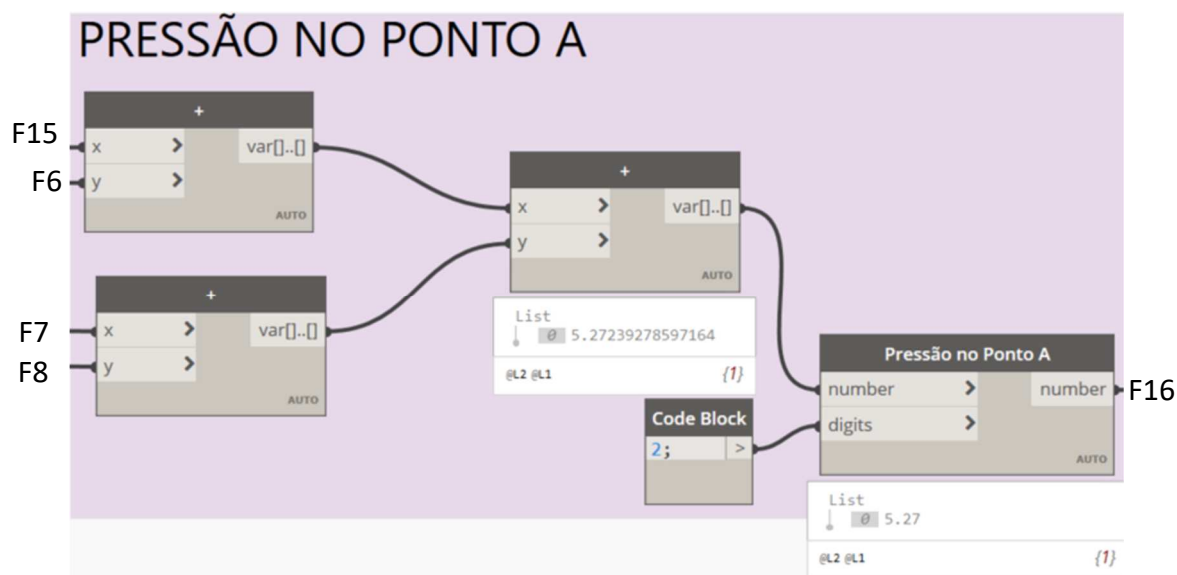
Figura 36 – Rotina para cálculo da perda de carga unitária na tubulação



Fonte: Autora (2021)

Com essa informação e a soma dos valores calculados anteriormente como a perda de carga na mangueira, altura manométrica e a perda de carga no esguicho ($P_a = \Delta Jh_1 + \Delta Jm_1 + H + J_e$), foi calculado na rotina a pressão no ponto A, em que para o projeto utilizado como objeto de estudo a pressão calculada no ponto A foi de 5,27 mca na Figura 37.

Figura 37 – Rotina para calcula da pressão no ponto A



Fonte: Autora (2021)

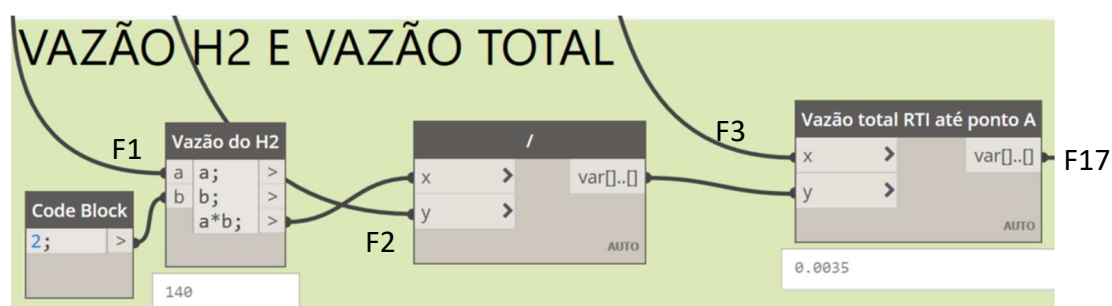
A partir da determinação da pressão no ponto A de 5,27 mca, foi possível o prosseguimento do dimensionamento do sistema hidráulico preventivo para definir a altura mínima da RTI conforme descrito no próximo item.

4.2.2 Cálculo da altura mínima da RTI

Para a determinação da altura da reserva técnica de incêndio (RTI), deve ser calculada a vazão total do trecho da RTI até o ponto A, sendo este trecho nomeado de T-2 e considerando a vazão simultânea dos hidrantes H1 e H2.

Para o cálculo da vazão no hydrante H2, localizado no 2º pavimento, foi considerado a vazão mínima requerida pela IN007 do CBMSC que define como 70 L/min, dessa forma estimando a vazão nos dois hidrantes simultaneamente, no hydrante H2 é de 140 L/min ou 0,00233 m³/s. Conforme a Figura 38, foi utilizado este valor para obter através da rotina a vazão total do sistema de 0,0035 m³/s.

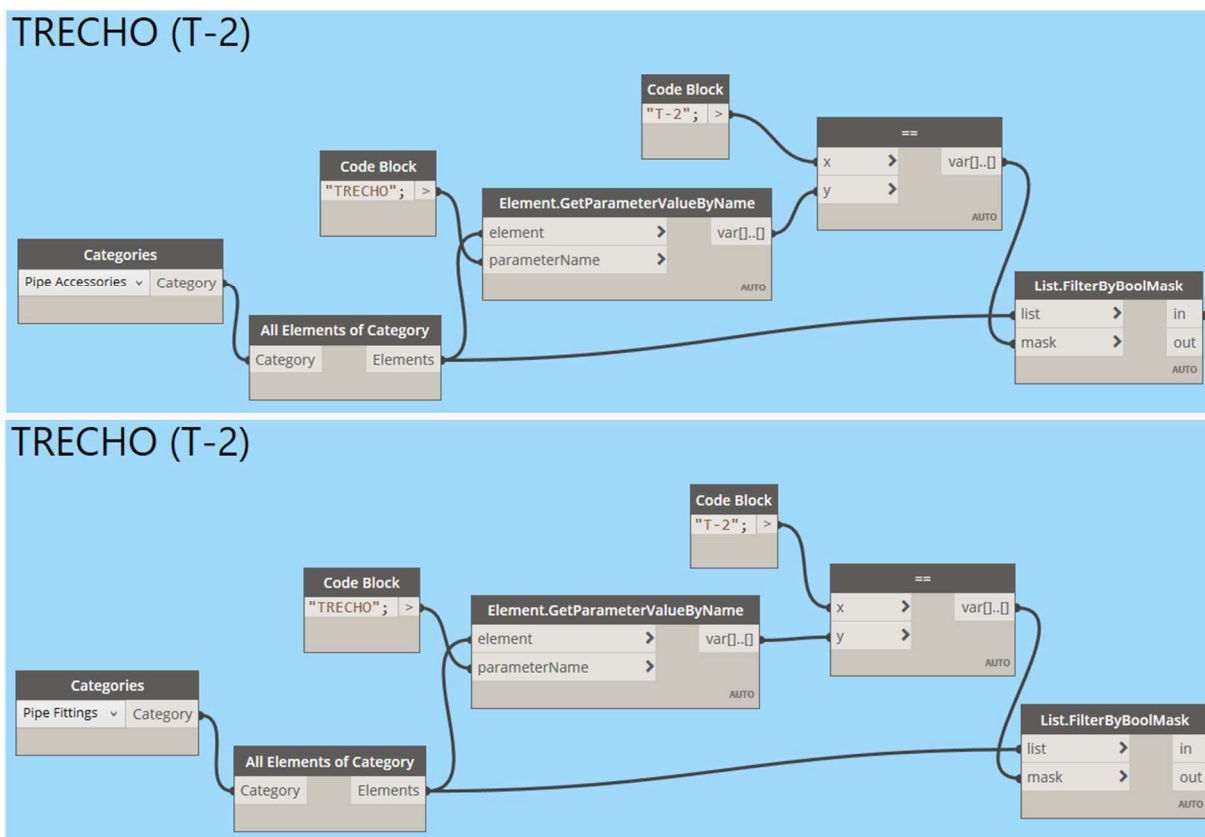
Figura 38 – Rotina para cálculo da vazão no hydrante H2 e total do sistema



Fonte: Autora (2021)

No trecho T-2, referente a RTI até o ponto A foram realizados os mesmos procedimentos descritos na rotina do trecho T-1 apresentados no item 4.2.1 para obtenção do comprimento real e equivalente deste trecho. Na Figura 39 é possível observar que também foi utilizada a categoria *pipe fittings* como no trecho T-1 e foi adicionada para este trecho a categoria *pipe accessories* para filtrar os elementos e foi inserida a informação “T-2” no parâmetro trecho para selecionar os elementos pertencentes ao mesmo.

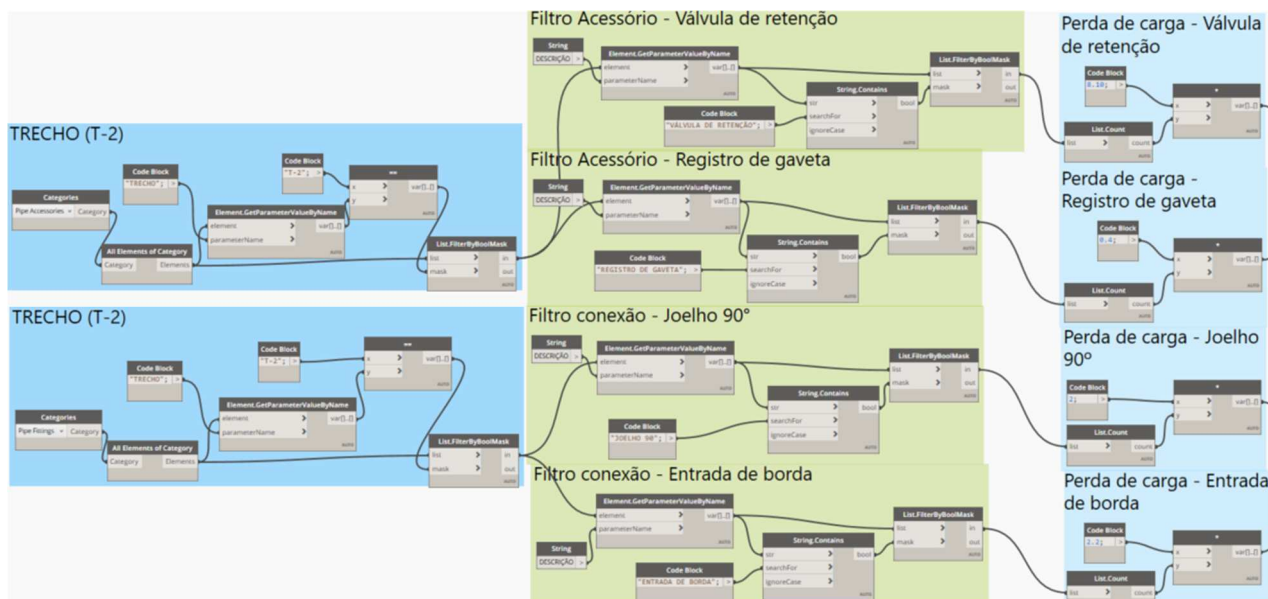
Figura 39 - Rotina para filtrar as categorias do trecho T-2



Fonte: Autora (2021)

A Figura 40 apresenta uma visão geral da rotina criada para filtrar os elementos do trecho T-2, que contabilizam as quantidades de cada conexão apresentada na modelagem e as suas perdas de carga, totalizando o comprimento equivalente em 16,70 metros.

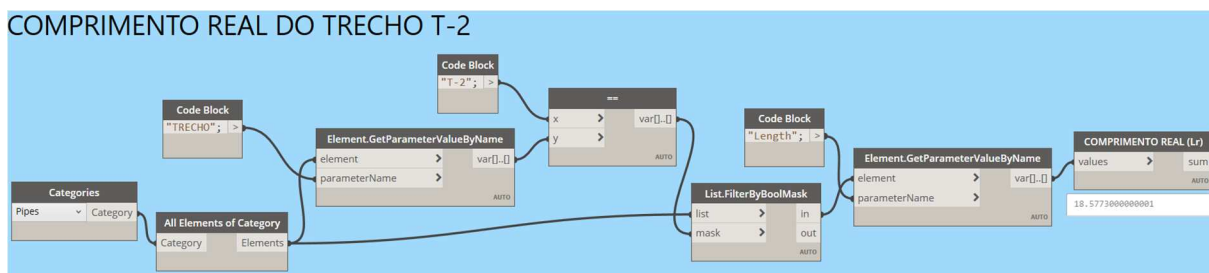
Figura 40 – Visão geral da rotina para o trecho T-2



Fonte: Autora (2021)

Através da extração das informações da modelagem, a rotina obteve o comprimento real do trecho T-2 de 18,58 metros apresentado na Figura 41 e o comprimento equivalente de 16,70 metros, assim, totalizando 35,28 metros para o trecho T-2.

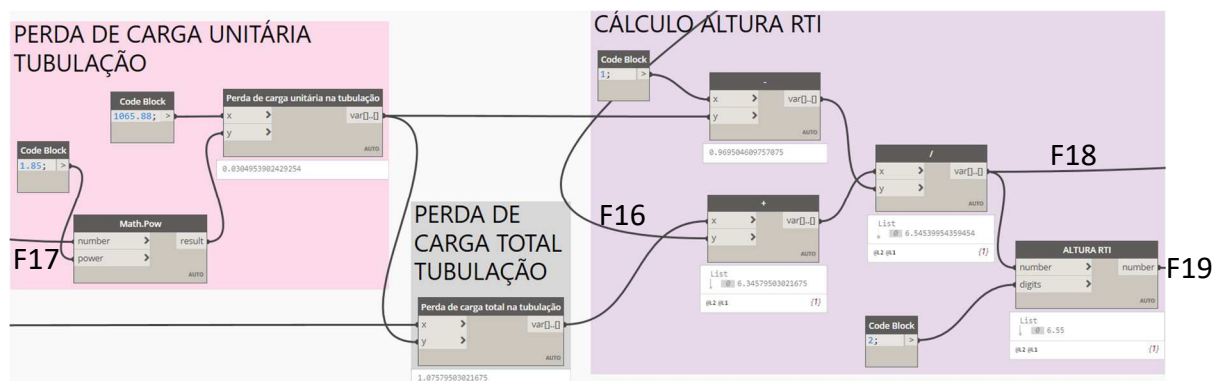
Figura 41 - Rotina desenvolvida para calcular o comprimento real do trecho T-2



Fonte: Autora (2021)

Pela definição do valor de comprimento equivalente, foi calculada a perda de carga unitária na tubulação e a perda de carga total na tubulação considerando a vazão total do sistema. Por meio dessas informações e a da pressão no ponto A calculadas anteriormente pela rotina, foi determinada a altura mínima necessária da RTI de 6,55 metros para atender a IN007 do CBMSC.

Figura 42 - Rotina para determinação da altura mínima da RTI



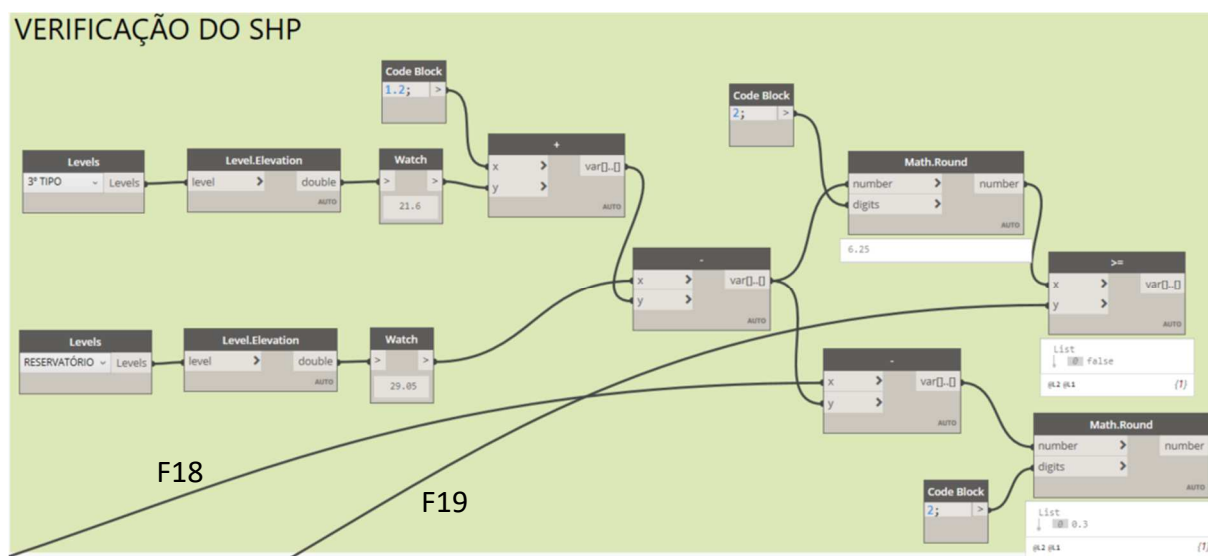
Fonte: Autora (2021)

Dessa forma, a Figura 42 ilustra os cálculos realizados para determinar que a distância entre o ponto A e a tomada de fundo do reservatório do objeto de estudo deverá ser de no mínimo 6,55 metros.

4.2.3 Verificação da rotina para o objeto de estudo

Após a determinação da altura mínima da RTI pela rotina da Figura 42, o último passo da elaboração da rotina foi a verificação do dimensionamento do SHP do projeto utilizado como objeto de estudo, apresentada na Figura 43.

Figura 43 - Rotina desenvolvida para a verificação do SHP do objeto de estudo



Fonte: Autora (2021)

Para verificar o sistema foram utilizadas as informações dos pavimentos pertencentes ao trecho T-2 demonstrado pela Figura 25 (página 69), sendo o 3º tipo e o pavimento reservatório. No 3º tipo foi considerado o hidrante H1, instalado a 1,20 metros do piso e o reservatório por tomada de fundo, assim, a altura da RTI foi calculada na rotina pela distância entre o hidrante e o reservatório sendo de 6,25 metros como indicado na Figura 43.

Pela utilização do nó $\geq$ (maior ou igual) tornou-se possível a comparação entre altura mínima calculada e altura do projeto, que indicou como resposta *false* (falso) entre as comparações de altura, ou seja, a altura de 6,25 metros do projeto não atingiu o valor mínimo do dimensionamento do sistema hidráulico preventivo, necessitando aumentar essa altura em aproximadamente 30 cm, conforme indicado pelo último nó na rotina.

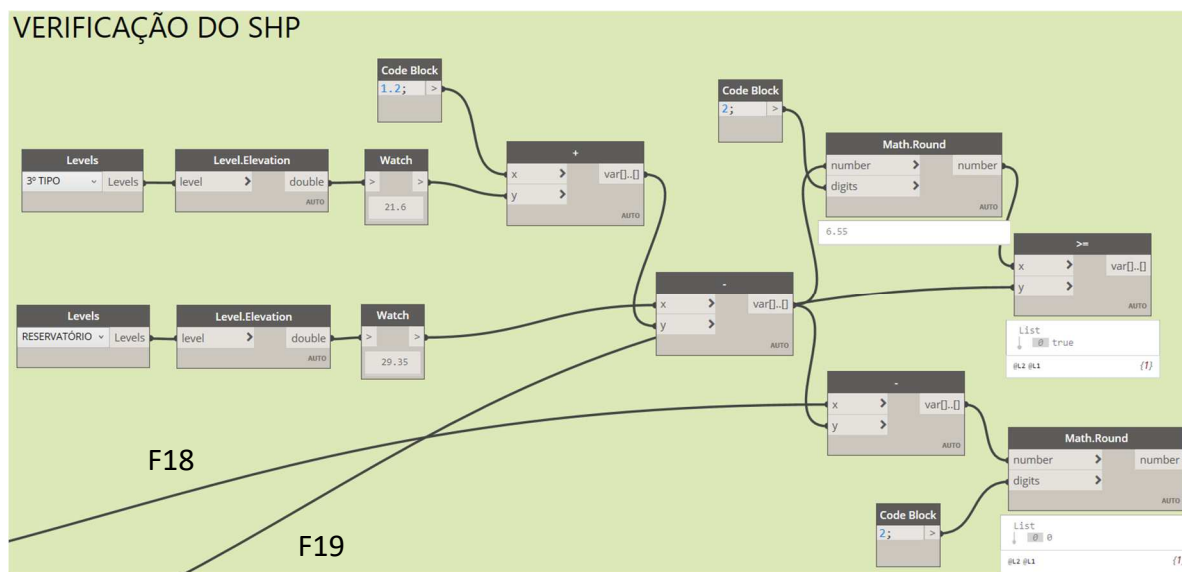
Para o projeto estar em conformidade ao disposto no dimensionamento, foi aumentada a altura do reservatório em 30 cm, tornando a diferença entre o reservatório e o ponto A de 6,55 metros, assim o pavimento do reservatório alcançou o nível de 29,35 metros conforme exposto pela Figura 44. Após a realização dos ajustes necessários no modelo foi aplicada uma segunda verificação na rotina para analisar o dimensionamento, a qual retornou a informação como *true* (verdadeiro) apresentada na Figura 45, dessa forma, indicando a concordância do modelo com os requisitos do dimensionamento indicado pela IN 007 do CBMSC (Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina).

Figura 44 – Ajustes no modelo para atender o dimensionamento calculado



Fonte: Autora (2021)

Figura 45 – Rotina de verificação do SHP após ajustes no modelo



Fonte: Autora (2021)

Através das informações apresentadas neste capítulo de resultados pôde-se atestar a funcionalidade da criação da rotina para o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo do objeto de estudo, pela determinação da pressão no ponto A, a altura mínima necessária da RTI e posteriormente, a verificação do sistema modelado para atender a IN007 do CBMSC.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho de conclusão de curso foi desenvolver o dimensionamento do SHP do tipo gravitacional de uma edificação multifamiliar através da utilização de programação visual computacional, amparado pelas regulamentações da Instrução Normativa 007 – Sistema Hidráulico Preventivo do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Os objetivos secundários foram: (a) aprofundar o conhecimento sobre os componentes do Sistema Hidráulico Preventivo em edificação residencial multifamiliar conforme a Instrução Normativa 007 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC); (b) criar critérios para a modelagem do SHP no Revit para o desenvolvimento da rotina de dimensionamento do sistema no Dynamo; e (c) desenvolver rotinas de programação visual no Dynamo para calcular o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo do tipo gravitacional do objeto de estudo selecionado.

Para a verificação do desenvolvimento do dimensionamento no sistema foi aplicado em um objeto de estudo, sendo um projeto arquitetônico de uma edificação residencial multifamiliar de três pavimentos e a parte da prevenção contra incêndio do sistema hidráulico preventivo (SHP) foi do tipo gravitacional, abastecido por reservatório superior e com 4 hidrantes instalados na edificação.

A elaboração das rotinas no Dynamo para o dimensionamento do SHP atendeu os objetivos esperados para o objeto de estudo, em que foram desenvolvidas rotinas que determinaram a pressão no ponto A, a altura mínima da reserva técnica de incêndio (RTI) e possibilitou a realização da verificação do sistema modelado. Através dessa verificação, foi indicado que a altura mínima não tinha sido atingida e qual era o valor faltante, assim, após essa análise foi ajustado o modelo arquitetônico e do SHP no Revit para entrar em concordância com o exposto nas normativas e realizada novamente a verificação na rotina para confirmação da conformidade com as normas.

A avaliação do uso de programação visual no dimensionamento do SHP mostrou a efetividade do Dynamo para tornar o processo mais integrado com o Revit, mais rápido e confiável. O objeto de estudo aplicado foi o formato mais simplificado, considerando quatro hidrantes e o cálculo de dois hidrantes simultâneos, no entanto,

a partir da criação dessa rotina, torna-se mais simples a adaptação para casos mais complexos com um número maior de hidrantes.

Diante desses pontos, o desenvolvimento das rotinas de programação visual se revelou uma atividade intuitiva, assertiva e com grandes recursos online disponíveis para estudos e soluções de dúvidas, que através da elaboração deste trabalho de conclusão de curso pôde trazer ao dimensionamento do SHP novas possibilidades ao utilizar a linguagem de programação visual.

Por fim, por meio da elaboração deste trabalho espera-se uma maior difusão da programação visual na elaboração de projetos, especialmente para as áreas de instalações prediais, com o intuito de produzir projetos mais integrativos, eficientes e assertivos.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

As seguintes sugestões são propostas para futuros trabalhos:

- Desenvolvimento de rotinas de dimensionamento de SHP para edificações com mais de 4 hidrantes instalados;
- Desenvolvimento de rotinas de dimensionamento de SHP para edificações que utilizem bombas de incêndio para o sistema;
- Desenvolvimento de rotinas de dimensionamento para outros sistemas de prevenção contra incêndio como, por exemplo, as instalações de gás combustível (GN e GLP).

REFERÊNCIAS

AITA, José Carlos L.; PEIXOTO, Nirvan H. **Prevenção e Combate a Sinistros**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2012. 130p.

ANDRADE, Max Lira V.X.; RUSCHEL, Regina C. BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**. São Carlos: SBQP, 2009a.

_____. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. São Paulo, v.2, n.4, p.76-111, 2009b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12693**: Sistema de proteção por extintor de incêndio. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 12779**: Mangueira de incêndio – inspeção, manutenção e cuidados. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 13714**: Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 13860**: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 15965-1**: Sistema de classificação da informação da construção – Parte 1: terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - AsBEA. **Guia de boas práticas em BIM – Fascículo 1**. São Paulo: CAU/BR, 2013a.

_____. **Guia de boas práticas em BIM – Fascículo 2**. São Paulo: CAU/BR, 2013b.

AUTODESK. **Conheça a ferramenta Dynamo da Autodesk e saiba como funciona.**

Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/getting-started/caas/simplecontent/content/conhe-C3-A7a-ferramenta-dynamo-da-autodesk-e-saiba-como-funciona.html>>, 2018 Acesso em: 12 fev. 2021.

AUTODESK. **Revit para engenharia de sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos.** Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/mep>>.

Acesso em: 10 fev. 2021.

AUTODESK. **What are the benefits of BIM?** Disponível em <<https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 10.306**, de 02 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modeling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília: Diário Oficial da União, 2020.

BRENTANO, Telmo. **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM – Parte 1: Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras.** Brasília: CBIC, 2016a.

_____. **Implementação BIM – Parte 2: Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras.** Brasília: CBIC, 2016b.

_____. **Colaboração e integração BIM – Parte 3: Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras.** Brasília: CBIC, 2016c.

_____. **10 Motivos para evoluir com o BIM.** Brasília: CBIC, 2016d.

CAMPESTRINI, Tiago F. et al. **Entendendo BIM**. Curitiba: UFPR, 2015.

CATELANI, Wilson Silva; SANTOS, Eduardo Toledo. Normas brasileiras sobre BIM. **Concreto & Construções**, n. 84, p.54 -59, 2016.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa 001**: Sistemas e Medidas de Segurança contra Incêndio e Pânico – Parte 2. Florianópolis: CBMSC, 2020a. Disponível em: <https://dsci.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/Em_vigor/IN_001_parte_2_18junho2020_2edicao.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2021.

_____. **Instrução Normativa 003**: Carga de incêndio. Florianópolis: CBMSC, 2019. Disponível em:<https://dsci.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/Em_vigor/IN_003_18dezembro2019.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

_____. **Instrução Normativa 007**: Sistema Hidráulico Preventivo. Florianópolis: CBMSC, 2020b. Disponível em:<https://dsci.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/Em_vigor/IN-007-SHP---17Fev2020.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2021.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias, 6ª edição**: Grupo GEN, 2006. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-1937-6/>. Acesso em: 06 out. 2021.

DUNCAN, A.; CAPRARU, A. **An MEP Engineer's Guide to Dynamo**. In: AUTODESK UNIVERSITY. Las Vegas, 2015.

DYNAMO PRIMER. **The Dynamo Primer**. 2019. Disponível em: <https://primer.dynamobim.org/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual De Bim: Um Guia De Modelagem Da Informação Da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014.

SANTA CATARINA. Governo de Santa Catarina. Secretaria do Estado do Planejamento. **Caderno de especificações de projetos em BIM: Termo de Referência de Apresentação das Diretrizes Projetuais.** Florianópolis, 2018. 100 p.

HILGENBERG, Fabíola B. et al. Uso de BIM pelos profissionais de arquitetura em Curitiba. **Gestão & Tecnologia De Projetos.** São Carlos, v.7, n.1, p.62-72, 2012.

KATER, Marcel; RUSCHEL, Regina C. Avaliando a aplicabilidade de BIM para a verificação da norma de segurança contra incêndio em projeto de habitação multifamiliar. In: **XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 15., p. 2821-2831, 2014.

KEHL, C.; ISATTO E. L. Barreiras e oportunidades para a verificação automática de regras da produção na fase de projeto com o uso da tecnologia BIM. In: **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, 7., 2015. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais, 4ª edição:** Grupo GEN, 2010. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-1964-2/>. Acesso em: 06 out. 2021.

MONTEIRO, André; MARTINS, João P. **Building Information Modeling (BIM) – teoria e aplicação.** In: International Conference on Engineering UBI2011. University of Beira Interior – Covilhã, Portugal, 2011a.

MONTEIRO, André; MARTINS, João P. **Licenciamento automático de projectos: um incentivo à adopção de metodologias BIM**. In: International Conference on Engineering UBI2011. University of Beira Interior – Covilhã, Portugal, 2011b.

NBS. NBS National BIM library. **National BIM Report 2019**. Newcastle upon Tyne, 2019.

OLIVEIRA, João Pedro C. **Normalização BIM**. Especificação do Nível de Desenvolvimento e Modelação por Objetivos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Porto, Portugal, 2016.

PIMENTA, Luís Márcio S. **Coordenação das MEP na implementação de modelos BIM**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Minho, Portugal, 2015.

RODRIGUES, J.; MARTINS, J.; RANGEL, B. **Utilização de modelos BIM para a verificação automática de planos de acessibilidades**. Portugal: GEQUALTEC, 2015.

SEITO, Alexandre Itiu et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SILVA, J. C. B.; AMORIM, S. R. L. A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM: Uma abordagem teórica. In: **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**. Salvador: TIC, 2011.

SILVA, Valdir Pignatta; VARGAS, Mauri Resende; ONO, Rosária. **Projeto contra incêndio no projeto de arquitetura**. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. M. Classification of rules for automated BIM rule checking development. **Automation in Construction**, v.53,2015.

SOUZA, Bruna A. A importância dos sistemas preventivos nas edificações multifamiliares. **Ideias & Inovação**. Aracaju, v.5, n.1, p. 93-102, 2019.

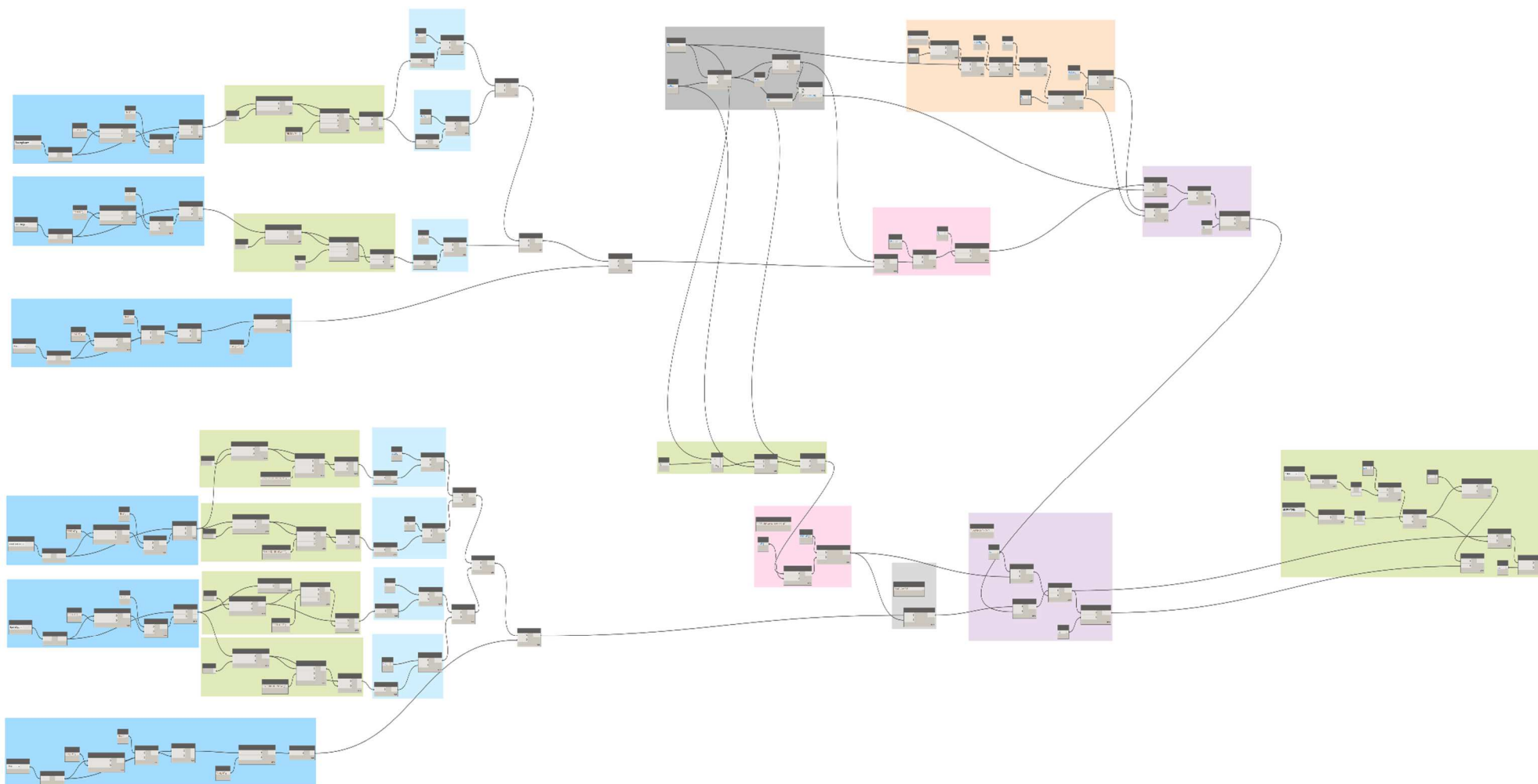
SOUZA, Leandro C. L. V. **Parâmetros para dimensionamento do projeto de segurança contra incêndio e pânico de edificações: orientações e lista de verificação**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. Disponível em: http://www.getec.eng.ufba.br/wp-content/uploads/2018/09/TCC-LEANDRO-COSTA_Atualizado-final.pdf. Acesso em: 27 jan. 2021.

TAKAGAKI, Carolina Y. K. **Regras de verificação e validação de modelos BIM para sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. Dissertação (Mestrado em Inovação na Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

TC442 - Business Plan. **European Committee for Standardisation (CEN)**, 2020. Disponível em:<<https://standards.cen.eu/BP/1991542.pdf>>. Acesso: 10 fev.2021

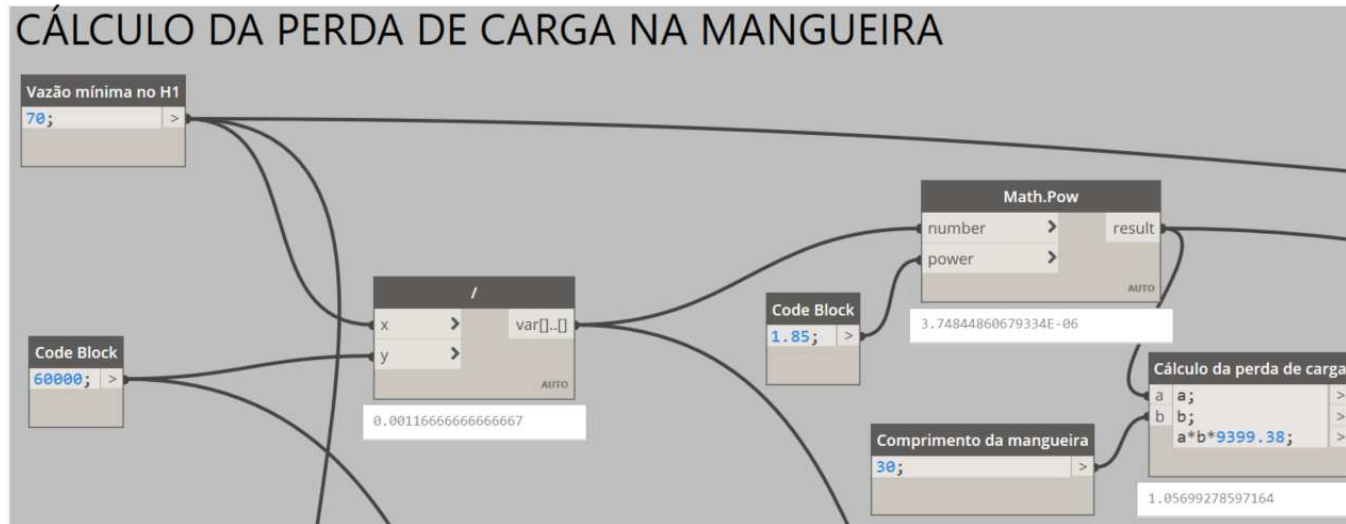
WAHBEH, W. Building skins, parametric design tools and BIM platforms. In: **12th Conference of Advanced Building Skins**. Muttentz, Switzerland: University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland, 2017.

APÊNDICE A – ROTINAS DESENVOLVIDAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SHP

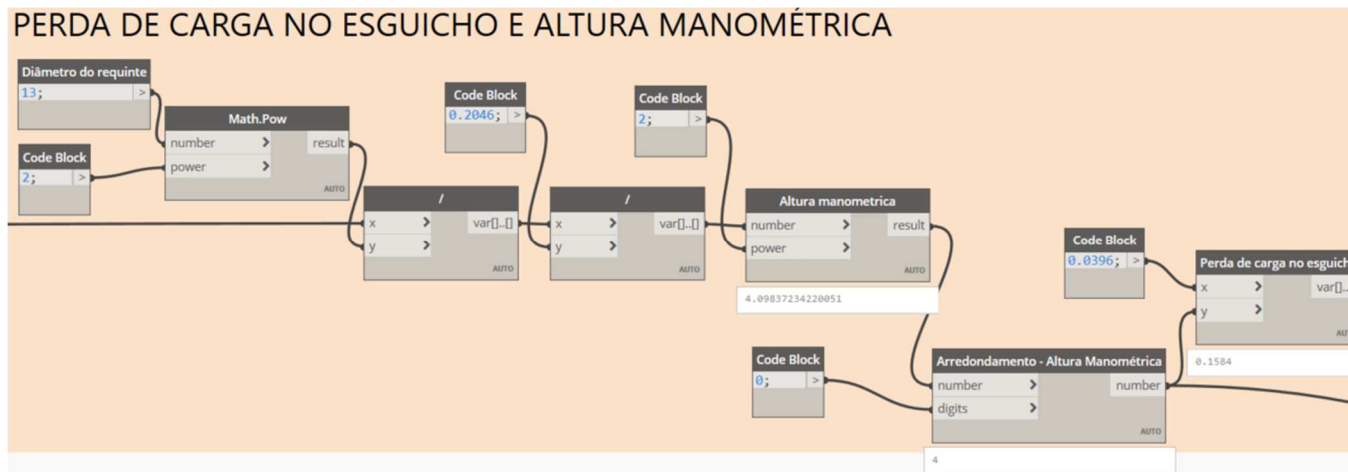


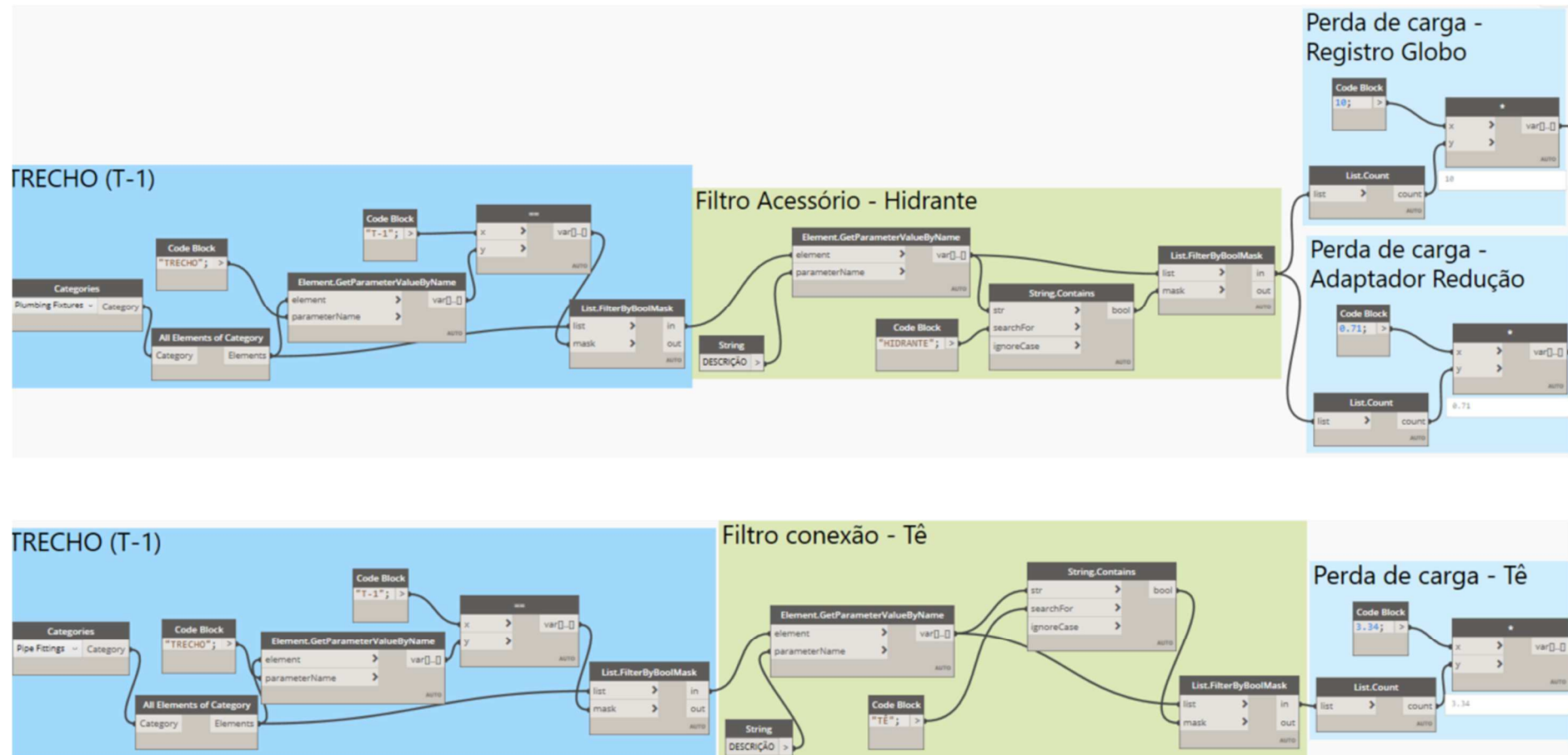
A.1 Cálculo da pressão no ponto A

a) Perda de carga na mangueira



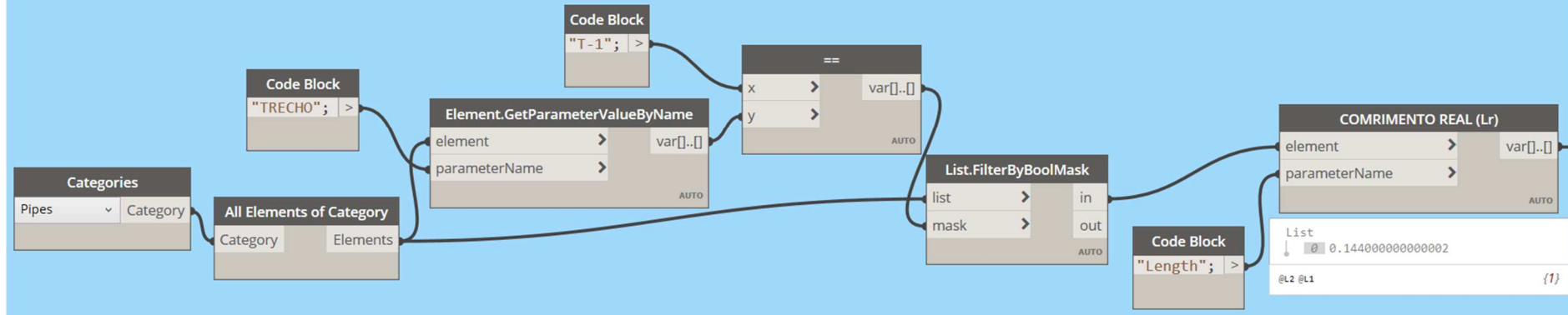
b) Perda de carga no esguicho e altura manométrica



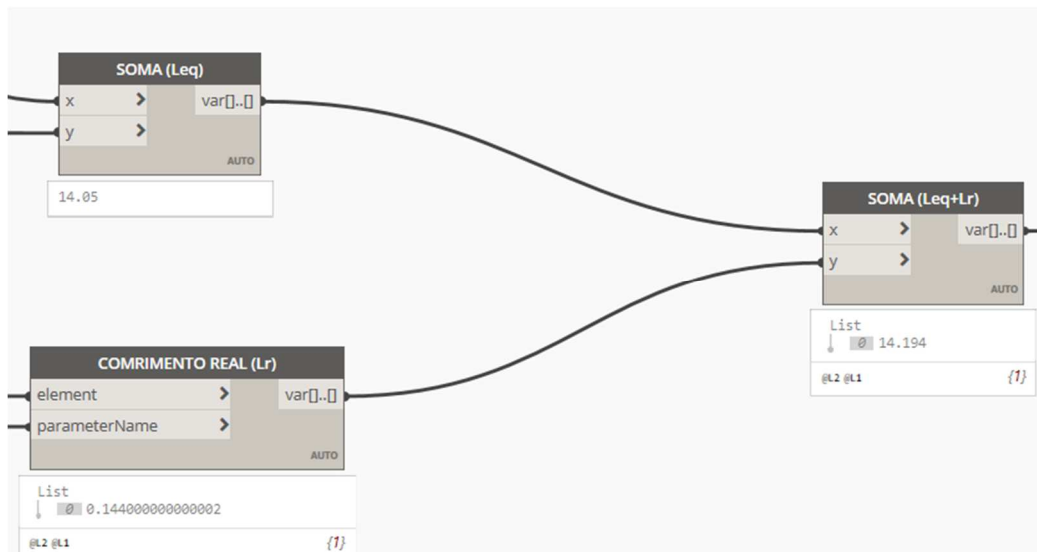


d) Comprimento real do trecho T-1

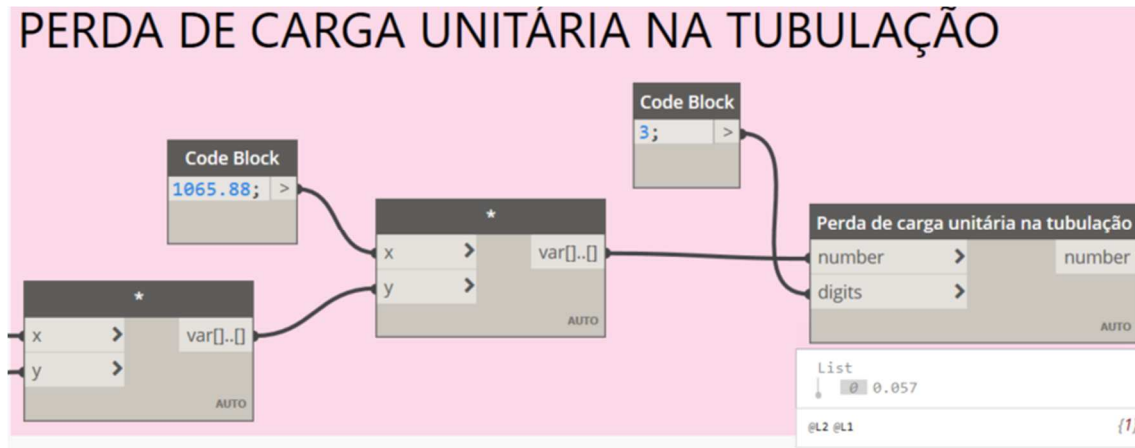
COMPRIMENTO REAL DO TRECHO T-1



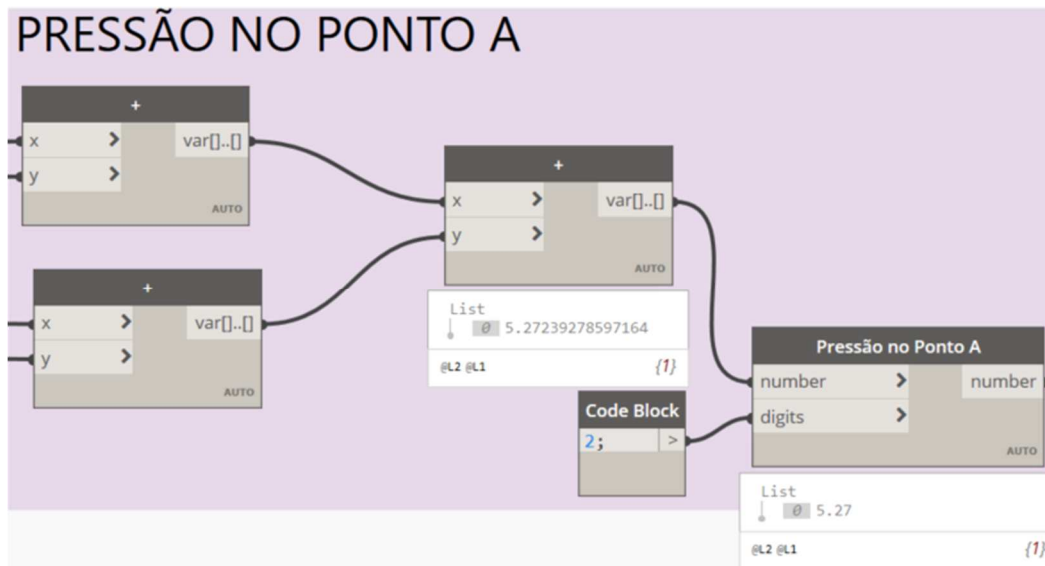
e) Soma dos comprimentos (Leq+Lr)



f) Perda de carga unitária na tubulação

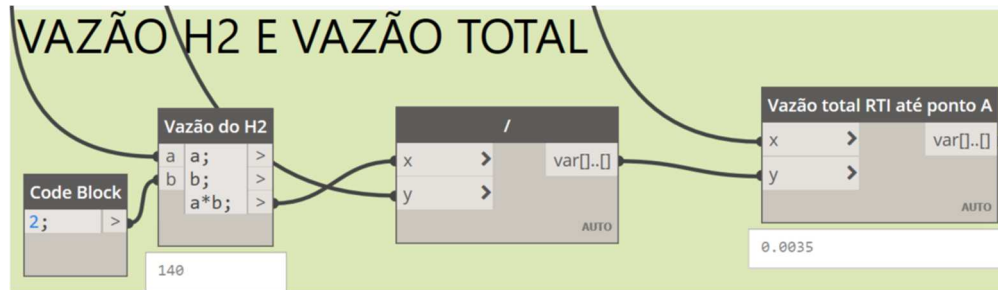


g) Pressão no ponto A

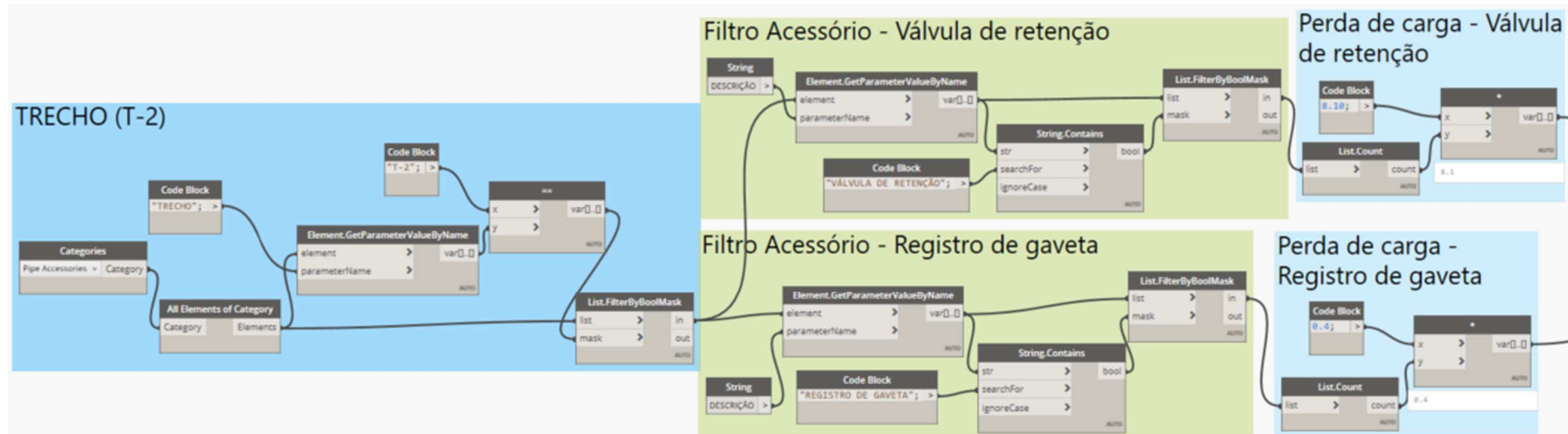


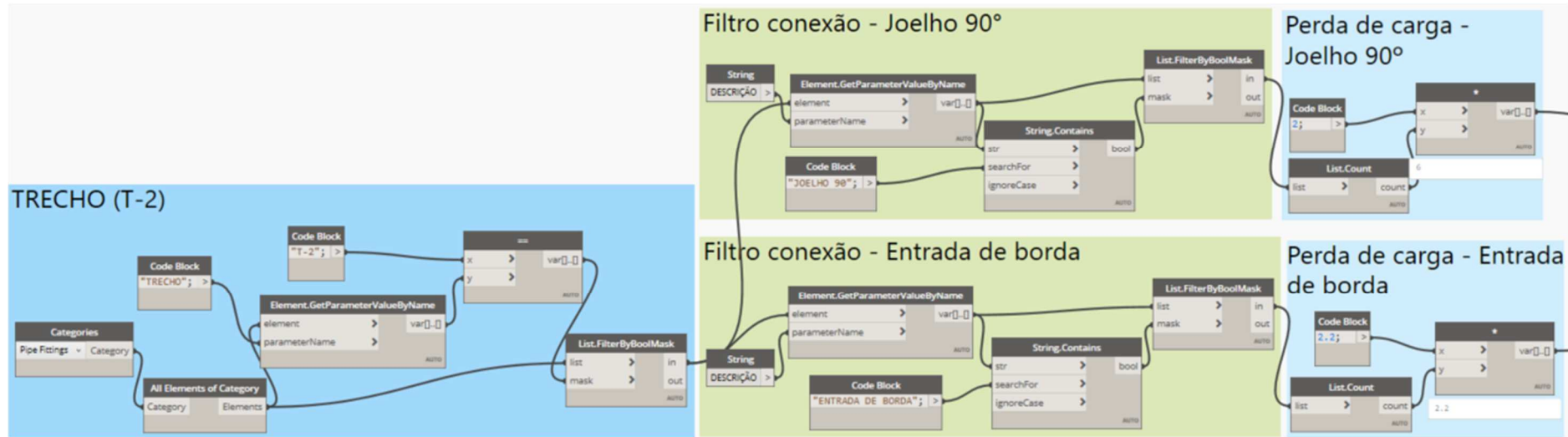
A.2 Altura mínima da RTI

a) Vazão no hidrante H2 e vazão total do sistema



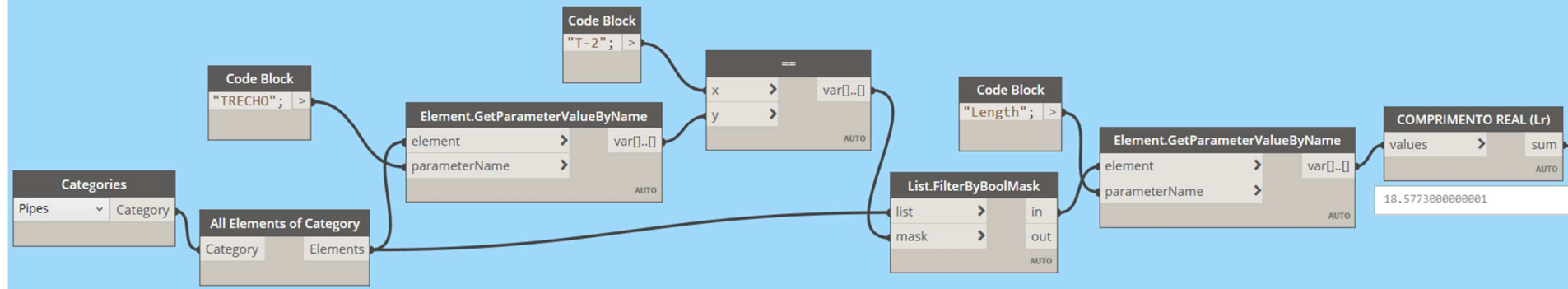
b) Comprimentos equivalentes do trecho T-2



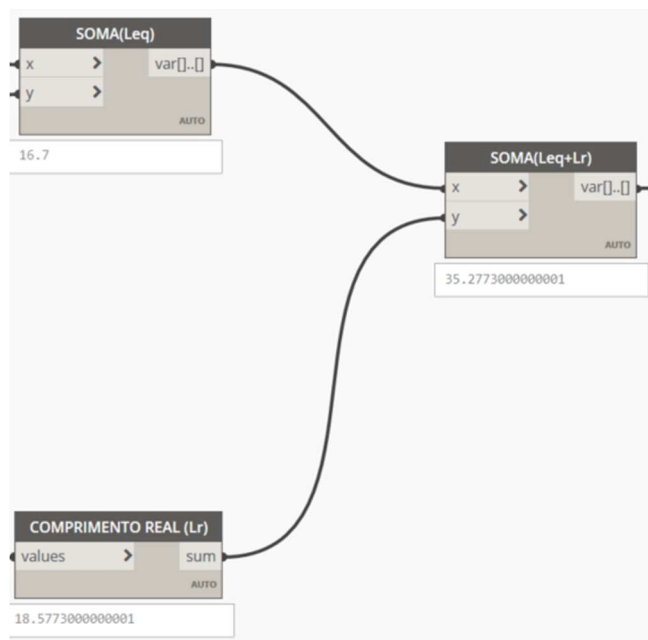


c) Comprimento real do trecho T-2

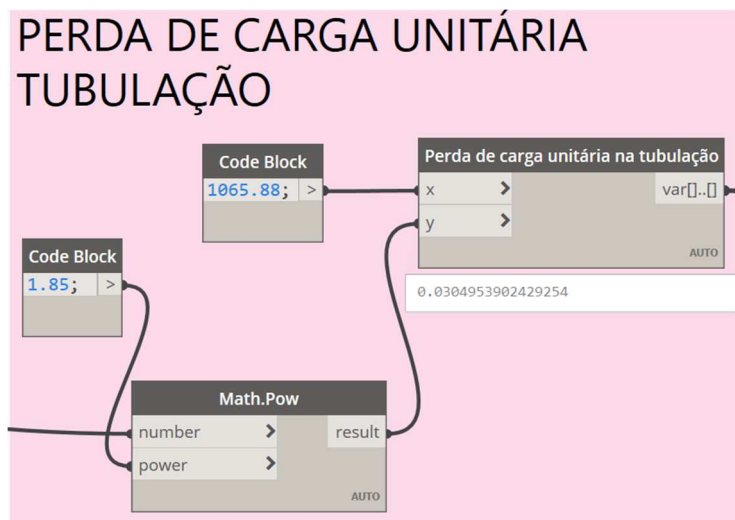
COMPRIMENTO REAL DO TRECHO T-2



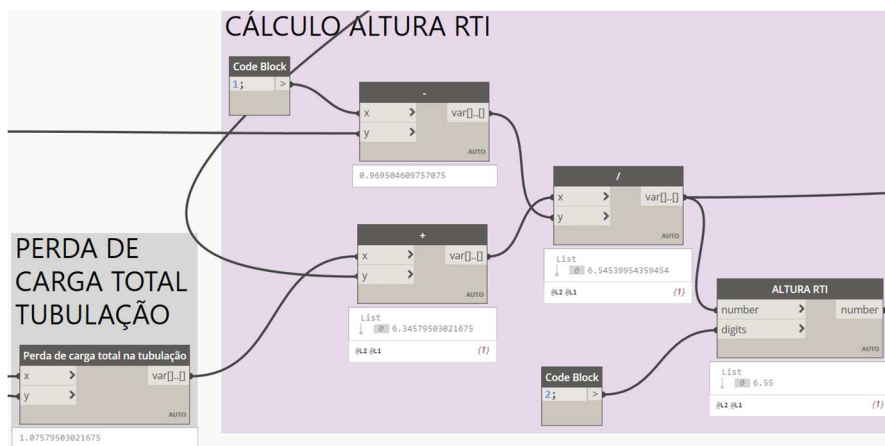
d) Soma dos comprimentos



e) Perda de carga unitária na tubulação

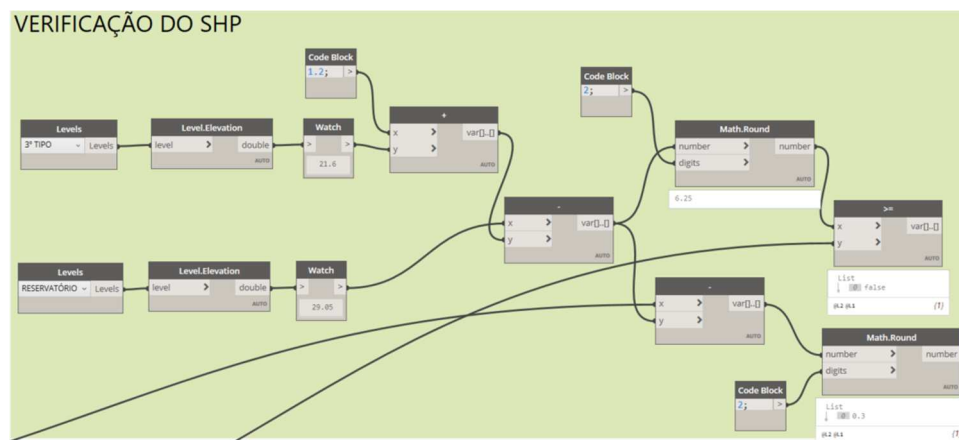


f) Perda de carga total na tubulação e altura mínima da RTI



A.3 Verificação do dimensionamento do SHP do objeto de estudo

g) 1ª verificação do objeto de estudo



h) 2ª verificação do objeto de estudo

