



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO DE ENGENHARIAS

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

WAGNER TORQUATO DE OLIVEIRA FILHO

**ROTINA PARA O DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS EM PROJETOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

MOSSORÓ

2025

WAGNER TORQUATO DE OLIVEIRA FILHO

**ROTINA PARA O DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS EM PROJETOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Alisson Gadelha de Medeiros, Prof.
Dr.

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F478r Filho, Wagner Torquato de Oliveira.
Rotina para o dimensionamento hidráulico de
chuveiros automáticos em projetos de segurança
contra incêndio / Wagner Torquato de Oliveira
Filho. - 2025.
90 f. : il.

Orientador: Alisson Gadelha de Medeiros.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2025.

1. Proteção ativa. 2. Sprinklers. 3. Parâmetro
hidráulico. 4. Dynamo. 5. Programação visual. I.
Medeiros, Alisson Gadelha de, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

WAGNER TORQUATO DE OLIVEIRA FILHO

**ROTINA PARA O DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS EM PROJETOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 19/02/2025

BANCA EXAMINADORA

Alisson Gadelha de Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Valder Adriano Gomes de Matos Rocha, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Barbara Barbosa Tsuyuguchi, Profa. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Arthur Ramos Barreto, Bel. (Externo)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir concluir essa etapa em minha vida e por todas as bênçãos que me concede diariamente em sua infinita bondade.

À minha mãe, Jenneyve Cristina, por sempre acreditar na minha capacidade e por ser a principal responsável pela minha formação como pessoa. Você moldou meus princípios, guiou-me pelos melhores caminhos da vida e demonstrou amor e carinho em cada gesto. O meu sucesso será, acima de tudo, no desejo de lhe dar orgulho, assim como tenho orgulho de ser seu filho.

Ao meu pai, Wagner Torquato, cujo nome carrego com orgulho. Sou grato por todo o suporte dado ao longo da minha trajetória e pelo esforço diário em proporcionar as melhores condições possíveis para nossa família.

À minha companheira, Luana Viana, por estar ao meu lado em todos os momentos, com amor, carinho e companheirismo. Por sonhar, planejar e alinhar os propósitos de vida comigo, além de se fazer presente nesta etapa tão importante para continuarmos construindo nosso futuro.

As minhas avós, Maria Lúcia e Maria Valderéz (*In Memoriam*), por terem sido tão presentes durante minha trajetória de vida e por demonstrar, cada uma da sua maneira, amor e carinho.

Aos meus irmãos, Waleska Julliany e Jefferson Medeiros, por serem fontes de inspiração, apoio e incentivo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alisson Gadelha, que têm minha profunda admiração como pessoa e profissional. Agradeço por aceitar todas minhas propostas de orientação, sendo fundamental na fase final do curso, além de todo o conhecimento transmitido.

A todos os professores, em ambos ciclos de graduação (Ciência & Tecnologia e Engenharia Civil), por toda contribuição na formação acadêmica e profissional.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e por todas as contribuições propostas ao trabalho desenvolvido.

RESUMO

No contexto atual da engenharia, a disponibilização de recursos e ferramentas computacionais para solucionar problemas é fundamental no dimensionamento e na elaboração de projetos relacionados. No âmbito das medidas de segurança contra incêndio, especificamente em sistemas hidráulicos, verificam-se poucas opções dessas ferramentas que promovam a otimização de cálculos hidráulicos na elaboração de projetos. No contexto acadêmico, essa necessidade representa uma dificuldade para o ensino de projetos de combate a incêndio, no sentido de não auxiliar na integração dos conceitos teóricos aos práticos do dimensionamento. Diante dessa lacuna, o objetivo deste trabalho consiste na construção de uma ferramenta para realização de cálculos hidráulicos específicos à execução de projeto de sistemas de chuveiros automáticos. Para isso, utilizando o software Revit em sua versão estudantil, foi desenvolvida uma rotina de programação no Dynamo, que utiliza as informações parametrizadas do projeto, de acordo com concepções hidráulicas constantes na NBR 10897 em sua versão de 2020. Dessa forma, implementa-se a aplicação dessas informações na programação das equações hidráulicas pertinentes para o dimensionamento de chuveiros automáticos. A rotina desenvolvida permite a apresentação dos parâmetros hidráulicos do sistema, como pressão e vazão requerida pelos chuveiros automáticos e dos trechos do fluxo de escoamento em análise. Além disso, permite realizar as verificações do diâmetro mínimo exigido para o trecho e a velocidade de escoamento. Com base nesses parâmetros hidráulicos dispostos, a rotina permite apresentar os resultados totais para o sistema, informando a potência necessária da bomba de incêndio e o volume mínimo para o reservatório de água. Diante disso, aplicando a rotina ao projeto do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I, a ferramenta demonstrou eficiência no dimensionamento hidráulico com base na análise comparativa dos resultados. A disponibilização da ferramenta implementada, juntamente com cartilha informativa elaborada para instruir sobre sua operação, permitirá aos acadêmicos a realização dos cálculos de forma otimizada, promovendo agilidade nas análises dos resultados de projetos elaborados. Outrossim, a apresentação do desenvolvimento da estrutura metodológica da rotina de programação, assimilando os parâmetros normativos que regem o dimensionamento do sistema, viabiliza a instigação dos acadêmicos na elaboração de outras ferramentas que solucionem problemas de engenharia, bem como a possibilidade de uso por profissionais da área.

Palavras-chave: Proteção ativa, *sprinklers*, parâmetro hidráulico, Dynamo, programação visual.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes do chuveiro automático	21
Figura 2: Componentes do sistema de chuveiros automáticos, para instalações do tipo tubo molhado.....	23
Figura 3: Sistema de chuveiro automático do tipo anel fechado	24
Figura 4: Sistema de chuveiro automático do tipo grelha.....	24
Figura 5: Distribuição de água - bicos cobertura padrão e estendida	28
Figura 6: Fluxograma da metodologia de elaboração da rotina de programação.....	30
Figura 7: Esquematização de sistema de chuveiros automáticos	32
Figura 8: Fluxograma elaboração da rotina de programação	40
Figura 9: Fluxograma seleção dos trechos	40
Figura 10: Fluxograma de filtro de parâmetros	41
Figura 11: Fluxograma do cálculo hidráulico.....	43
Figura 12: Fluxograma do dimensionamento da bomba de incêndio	44
Figura 13: Exemplo prático fictício do desnível geométrico	45
Figura 14: Fluxograma do dimensionamento da reserva de incêndio	46
Figura 15: Fluxograma da execução da rotina	47
Figura 16: Fluxograma da parametrização do projeto	48
Figura 17: Parametrização do chuveiro automático hidráulicamente mais desfavorável	50
Figura 18: Parametrização do sub-ramal hidráulicamente mais desfavorável	50
Figura 19: Parametrização dos trechos de ramais e entrada do ramal	51
Figura 20: Parametrização dos trechos de recalque e sucção.....	51
Figura 21: Parametrização da bomba de incêndio e reservatório.....	52
Figura 22: Execução da rotina de dimensionamento	52
Figura 23: Planta Baixa do projeto aprovado do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I.....	53
Figura 24: Planta Baixa do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I aplicado no Revit	54
Figura 25: Resultados da rotina para verificação do diâmetro mínimo dos trechos de sub-ramal	55
Figura 26: Resultados da rotina para verificação dos diâmetros mínimos dos trechos de ramais	55

Figura 27: Resultados da rotina para verificação dos diâmetros mínimos dos trechos de recalque e sucção	56
Figura 28: Resultados da rotina para verificação da velocidade de escoamento dos trechos ..	56
Figura 29: Resultados da rotina para o dimensionamento completo do sistema.....	57
Figura 30: Aplicação do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I no EPANET	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação da edificação ou área de risco quanto a sua ocupação	18
Quadro 2: Classificação do tipo de proteção das medidas de segurança contra incêndio	19
Quadro 3: Exemplos de classificação de ocupações.....	25
Quadro 4: Comprimento equivalentes para tubulações de ferro galvanizado, em metros.....	35
Quadro 5: Comprimento equivalentes para tubulações de ferro galvanizado, em metros.....	36
Quadro 6: Parâmetros metodológicos de cálculos.....	38
Quadro 7: Classificação e parâmetros do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação das edificações quanto à altura.....	18
Tabela 2: Classificação das edificações quanto à carga de incêndio	19
Tabela 3: Classificação do tipo de proteção das medidas de segurança contra incêndio.....	22
Tabela 4: Fator K – Coeficiente de descarga do chuveiro automático.....	33
Tabela 5: Fator C – Coeficiente de Hazen-Williams	34
Tabela 6: Resultados dos métodos de dimensionamento para análise da vazão do sistema	60
Tabela 7: Resultados dos métodos de dimensionamento para análise da pressão do sistema..	61
Tabela 8: Resultados dos métodos de dimensionamento para análise das velocidades de escoamento	62
Tabela 9: Resultados dos métodos de dimensionamento dos parâmetros totais.....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. REFERÊNCIAL TEÓRICO	17
3.1 Sistemas de segurança contra incêndio e aspectos legais	17
3.2 Projeto hidráulico de chuveiros automáticos	21
3.2.1 Componentes do sistema	21
3.2.2 Tipos de sistemas	23
3.2.3 Classificação do sistema	25
3.2.4 Métodos de cálculo.....	28
3.3 Utilização de <i>softwares</i> na elaboração de projetos de chuveiros automáticos...	29
4. METODOLOGIA.....	30
4.1 Elaboração da ferramenta	30
4.1.1 Definição das ferramentas	30
4.1.2 Dimensionamento hidráulico de chuveiros automáticos	31
4.1.3 Parâmetros metodológicos de cálculo	38
4.1.4 Aplicação da metodologia de cálculo na rotina	39
4.1.5 Seleção dos trechos	40
4.1.6 Filtro de parâmetros	41
4.1.7 Realização dos cálculos hidráulicos.....	42
4.1.8 Dimensionamento da bomba de incêndio.....	44
4.1.9 Dimensionamento da reserva de incêndio	45
4.1.10 Apresentação dos resultados obtidos.....	46
4.2 Análise da eficácia da rotina	46
4.2.1 Concepção do projeto.....	47
4.2.2 Parametrização do projeto	47
4.2.3 Análise comparativa dos resultados	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1 Parametrização do projeto	50
5.2 Resultados encontrados na compilação da rotina	55
5.2.1 Verificação dos diâmetros aplicados	55

5.2.2 Dimensionamento completo do sistema.....	57
5.2.3 Análise comparativa dos resultados.....	57
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS.....	66
APÊNDICE A – SELEÇÃO DOS ELEMENTOS DE TUBULAÇÕES E CONEXÕES HIDRÁULICAS POR TRECHO.....	67
APÊNDICE B – OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS DE ENTRADA PARA DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....	68
APÊNDICE C – DEFINIÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO DAS TUBULAÇÕES	69
APÊNDICE D – DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO REAL DA TUBULAÇÃO DO TRECHO.....	70
APÊNDICE E – DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO EQUIVALENTE DAS CONEXÕES.....	71
APÊNDICE F – DEFINIÇÃO DA PERDA DE CARGA LOCALIZADA POR TRECHO.....	72
APÊNDICE G – DEFINIÇÃO DA PERDA DE CARGA TOTAL DO TRECHO.....	73
APÊNDICE H – DEFINIÇÃO DO DESNÍVEL GEOMÉTRICO ENTRE OS TRECHOS.....	74
APÊNDICE I – DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA DA BOMBA DE INCÊNDIO	75
APÊNDICE J – DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA DA BOMBA DE INCÊNDIO	76
APÊNDICE K – DETERMINAÇÃO DO VOLUME DA RESERVA DE INCÊNDIO 77	
APÊNDICE L – DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO POR TRECHO.....	78
APÊNDICE M – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA ROTINA	79
APÊNDICE N – CAPA DA CARTILHA E PÁGINA DO INÍCIO DA ETAPA PRELIMINAR	80
APÊNDICE O – PÁGINAS DA CARTILHA COM INSTRUÇÕES DOS PASSOS PARA DOWNLOAD DOS ARQUIVOS E INSTALAÇÃO DA ROTINA NO DISPOSITIVO	81
APÊNDICE P – PÁGINAS DA CARTILHA COM INSTRUÇÕES DOS PASSOS PARA INSERIR OS CÓDIGOS E PÁGINA DE INÍCIO DA ETAPA DE DIMENSIONAMENTO	82
APÊNDICE Q – PÁGINAS DA CARTILHA COM INSTRUÇÕES DOS PASSOS PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA E IDENTIFICAÇÃO DOS CHUVEIROS	83

APÊNDICE R – PÁGINAS DA CARTILHA COM CONTINUAÇÃO DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS CHUVEIROS E IDENTIFICAÇÃO DOS TRECHOS	84
APÊNDICE S – PÁGINAS DA CARTILHA COM CONTINUAÇÃO DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS TRECHOS	85
APÊNDICE T – PÁGINA DA CARTILHA COM CONTINUAÇÃO DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS TRECHOS E IDENTIFICAÇÃO DA BOMBA DE INCÊNDIO.....	86
APÊNDICE U – PÁGINA DA CARTILHA DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DE IDENTIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE INCÊNDIO E PASSOS DA EXECUÇÃO DA ROTINA	87
APÊNDICE V – PÁGINA DA CARTILHA COM CONTINUAÇÃO DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DA EXECUÇÃO DA ROTINA.....	88
APÊNDICE W – PÁGINA DA CARTILHA COM CONTINUAÇÃO DOS PASSOS DE EXECUÇÃO DA ROTINA E FLUXOGRAMA DE DEMONSTRAÇÃO DAS ETAPAS	89
ANEXO A – PRANCHA DO PROJETO HIDRÁULICO DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS DO CENTRO DE ENGENHARIAS I	90

1. INTRODUÇÃO

Para a elaboração de sistemas de segurança contra incêndio (SCI) para edificações é estabelecido como objetivo primordial a proteção da vida dos ocupantes das edificações e áreas de risco, em caso de incêndio e emergências, além de restringir o surgimento e dificultar a propagação de incêndio, reduzindo danos ao meio ambiente e ao patrimônio (SENASP, 2019).

Em um sistema de segurança contra incêndio, adotam-se medidas de proteção ativa e passiva, projetadas para atender às especificidades de cada edificação. Essas medidas são dimensionadas de acordo com as características de uso, ocupação e operação da edificação, considerando também aspectos como carga de incêndio e as áreas de risco.

As medidas de proteção passiva são aquelas incorporadas à própria estrutura da edificação, dispensando ação humana. O uso de estruturas que promovem resistência ao fogo, compartimentando áreas ou pavimentos por meio de sistemas de estruturas corta-fogo, o uso de materiais incombustíveis ou de baixa combustibilidade para aplicação de revestimento e acabamento das edificações são alguns dos exemplos de sistemas de proteção contra incêndio que atuam de forma passiva.

Por outro lado, as medidas de proteção ativa requerem uma ação humana ou automatizada, para que possam atuar na prevenção ou no combate ao fogo. Exemplos dessas medidas incluem sistemas de extintores de incêndio, detecção e alarme de incêndio, iluminação de emergência, hidrantes, linhas de resfriamento e chuveiros automáticos.

Entre as medidas de proteção ativa, os sistemas de hidrantes e chuveiros automáticos destacam-se por sua ampla aplicação, especialmente devido à sua natureza hidráulica. Esses sistemas são projetados com base em uma abordagem que considera parâmetros hidráulicos específicos, que são essenciais para garantir sua concepção adequada e desempenho eficiente durante a operação.

Os chuveiros automáticos, ou *sprinklers*, constituem um sistema fixo de combate a incêndios, cuja operação é automatizada. O funcionamento ocorre com a abertura do orifício do chuveiro em resposta a um foco de fogo, liberando água com parâmetros hidráulicos previamente definidos para combater o incêndio, de acordo com os riscos do local (PEREIRA et al., 2019).

Esses parâmetros hidráulicos envolvidos, como densidade de descarga de água, vazão, pressão mínima necessária na área de operação hidráulicamente mais desfavorável e o número de dispositivos, tornam o processo de dimensionamento hidráulico complexo. A elaboração

exige uma análise detalhada, considerando não apenas as condições específicas do projeto, mas também a conformidade com as normativas técnicas, como a NBR 10897 (ABNT, 2020).

A elaboração de projetos de chuveiros automáticos, assim como de outros sistemas de combate a incêndio, pode ser desenvolvida em ferramentas como o *software* REVIT. Essa ferramenta permite a compatibilização de projeto e o gerenciamento de parâmetros vinculados a este. Além disso, sua integração com o Dynamo, ferramenta de rotina de programação visual, permite a automação de cálculos hidráulicos, dimensionamento e análise de projetos.

Com base nessa perspectiva, o presente trabalho tem como foco o desenvolvimento de uma rotina de programação para aplicação em dimensionamento hidráulico de chuveiros automáticos, utilizando projeções realizadas em ferramenta computacional. A proposta da rotina busca otimizar o processo dos cálculos hidráulicos em conformidade às normativas aplicáveis.

Para isso, utilizou-se a integração entre os *softwares* Dynamo e Revit que possibilita a extração de parâmetros inseridos em projeto para serem aplicados nos cálculos da rotina. Esse processo de integração das ferramentas, facilita a análise detalhada dos resultados obtidos, possibilitando seu uso para contexto acadêmico e profissional.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Viabilizar uma rotina especializada no dimensionamento de chuveiros automático em projetos de segurança contra incêndio

2.2 Objetivos específicos

- Promover a otimização do processo de dimensionamento hidráulico de sistemas de chuveiros automáticos, direcionado ao âmbito acadêmico e profissional atuantes na área de segurança contra incêndio.
- Verificar a conformidade do dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos da edificação do Centro de Engenharias I da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).
- Orientar os usuários por meio de uma cartilha informativa para utilização da ferramenta no uso do REVIT.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Sistemas de segurança contra incêndio e aspectos legais

Os sistemas de segurança contra incêndio são as medidas adotadas para a proteção dos ocupantes em caso de incêndio e emergências, além de restringir a propagação do fogo e minimizar os danos causados ao patrimônio e ao meio ambiente. O Modelo Nacional de Regulamento de Segurança Contra Incêndios e Emergências permitiu aos Estados e Distrito Federal implementar ou atualizar as legislações estaduais de acordo com as diretrizes do modelo.

Esse regulamento também permite a autonomia dos Estados e ao Distrito Federal para adotar parâmetros diferenciados em suas normativas ou instruções técnicas, desde que fundamentados em estudos e análises detalhadas (SENASP, 2019).

Dessa forma, o Modelo Nacional de Regulamento de Segurança Contra Incêndios e Emergências tem como objetivo padronizar os requisitos necessários para implementar as medidas de proteção às edificações. Para essa determinação, devem ser considerados os seguintes parâmetros gerais da edificação:

- a) *Ocupação ou uso*: características da ocupação e as atividades exercidas na edificação;
- b) *Altura da edificação*: medida, em metros, entre o ponto que caracteriza a saída no nível de descarga e o piso do último pavimento habitável, podendo ser ascendente ou descendente, para fins de saída de emergência;
- c) *Carga de Incêndio*: soma das energias caloríficas que possam ser liberadas pela combustão completa dos materiais combustíveis contidos em um espaço, inclusive o revestimento das paredes, divisórias, pisos e tetos;
- d) *Capacidade de lotação*: a quantidade de pessoas que possam ocupar a edificação, considerando uma situação de lotação completa.
- e) *Riscos específicos*: implementados por regulamentações técnicas específicas.

Quanto à ocupação, as edificações são classificadas de acordo com as atividades exercidas no local. Caso não haja uma descrição correspondente ao apresentado na tabela do Quadro 1, determina-se o enquadramento quanto à ocupação com base em uma similaridade. O Modelo do SENASP aborda essas classificações da seguinte forma:

Quadro 1: Classificação da edificação ou área de risco quanto a sua ocupação

Grupo	Ocupação/uso	Descrição
A	Residencial	Habitação unifamiliar; Habitação multifamiliar; Habitação coletiva.
B	Serviço de Hospedagem	Hotel e assemelhado; Hotel residencial
C	Comercial	Comércio com baixa carga de incêndio; Comércio com média e alta carga de incêndio; Shopping center.
D	Serviço Profissional	Local para prestação de serviço profissional ou condução de negócio; Agência bancária; Serviço de reparação; Laboratório.
E	Educacional e cultura física	Escola em geral; Escola especial; Espaço para cultura física; Centro de treinamento profissional; Pré-escola; Escola para portadores de deficiências.
F	Local de reunião de público	Local onde há objeto de valor inestimável; Local religioso e velório; Centro esportivo e de exibição; Estação e terminal de passageiro; Arte cênica e auditório; Casas noturnas; Instalação temporária; Local para refeição; Recreação pública; Exposição de objetos ou animais; Clubes sociais;
G	Serviço automotivo e assemelhados	Garagem sem acesso de público e sem abastecimento; Garagem com acesso de público e sem abastecimento; Local dotado de abastecimento de combustível; Serviço de conservação, manutenção e reparos; Hangar.
H	Serviço de saúde e institucional	Hospital veterinário e assemelhados; Local onde pessoas requerem cuidados especiais por limitações físicas ou mentais; Hospital e assemelhado; Repartição pública, edificação das forças armadas e policiais; Local onde a liberdade das pessoas sofre restrição; Clínica e consultório médico e odontológico.
I	Indústria	Indústria com carga de incêndio até 300 MJ/m ² ; Indústria com carga de incêndio acima de 300 MJ/m ² até 1.200 MJ/m ² ; Indústria com carga de incêndio superior a 1.200 MJ/m ² .
J	Depósito	Depósito de material incombustível; Depósito com carga de incêndio até 300 MJ/m ² ; Depósito com carga de incêndio acima de 300 MJ/m ² até 1.200 MJ/m ² ; Depósito com carga de incêndio superior a 1.200 MJ/m ² .
L	Explosivo	Comércio; Indústria; Depósito.
M	Especial	Túnel; Líquido ou gás inflamável ou combustível; Central de comunicação; Canteiro de obras; Silos; Energia; Pátio de contêineres.

Fonte: Adaptado do Modelo Nacional de Regulamento de Segurança Contra Incêndios e Emergências do SENASP (2019).

Ainda, o Modelo do SENASP classifica as edificações com base em sua altura, estabelecendo que, quanto maior a altura, maiores são as exigências em relação ao número de medidas de segurança contra incêndio. Essa classificação está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação das edificações quanto à altura

Tipo	Denominação	Altura
I	Edificação térrea	Um pavimento

Tipo	Denominação	Altura
II	Edificação baixa	$H < 6,00 \text{ m}$
II	Edificação baixa	$H < 6,00 \text{ m}$
III	Edificação de baixa-média altura	$6,00 \text{ m} < H < 12,00 \text{ m}$
IV	Edificação de média altura	$12,00 \text{ m} < H < 23,00 \text{ m}$
V	Edificação mediantemente altura	$23,00 \text{ m} < H < 30,00 \text{ m}$
VI	Edificação alta	Acima de 30,00 m

Fonte: Adaptado do Modelo Nacional de Regulamento de Segurança Contra Incêndios e Emergências do SENASP (2019).

Para além, o Modelo do SENASP também classifica e enquadra o potencial de risco de incêndio de uma edificação ou área de risco através da carga de incêndio presente no local. Essa classificação é dada conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação das edificações quanto à carga de incêndio

Potencial de Risco	Carga de Incêndio MJ/m²
Baixo	Até 300 MJ/m²
Médio	Acima de 300 até 1.200 MJ/m²
Alto	Acima de 1.200 MJ/m²

Fonte: Adaptado do Modelo Nacional de Regulamento de Segurança Contra Incêndios e Emergências do SENASP (2019).

A Instrução Técnica (IT) N° 03/2019 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo (CBMSP), que descreve as terminologias de segurança contra incêndio, determina que as proteções ativas são medidas que dependem de uma ação inicial para o seu funcionamento, seja ela manual ou automática. Já as medidas de proteção passiva são aquelas que não dependem de uma ação inicial para sua operação.

Com base nessas definições da referida IT do CBMSP, as medidas de segurança contra incêndios e emergências das edificações e áreas de risco descritas no Modelo implementado pelo SENASP podem ser classificadas de acordo com as características de atuação do sistema de proteção. Essa classificação pode ser observada na tabela do Quadro 2.

Quadro 2: Classificação do tipo de proteção das medidas de segurança contra incêndio

Medida de segurança contra incêndio	Proteção Ativa	Proteção Passiva
Acesso de viatura às edificações e áreas de risco		X

Medida de segurança contra incêndio	Proteção Ativa	Proteção Passiva
Isolamento de risco		X
Segurança estrutural contra incêndio (Resistência ao fogo dos elementos)		X
Compartimentação (horizontal e vertical)		X
Controle de flamabilidade de materiais de acabamento e de revestimento		X
Saídas de emergência		X
Elevador de emergência		X
Controle de fumaça		X
Plano de emergência		X
Brigada de incêndio	X	
Iluminação de emergência		X
Deteção automática de incêndio		X
Alarme de incêndio	X	
Sinalização de emergência	X	
Extintores de incêndio	X	
Hidrantes e mangotinhos	X	
Chuveiros automáticos (<i>sprinklers</i>)	X	
Sistema de resfriamento	X	
Sistema de espuma	X	
Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono (CO ₂)	X	

Fonte: Adaptado do Modelo Nacional de Regulamento de Segurança Contra Incêndios e Emergências do SENASP (2019).

Em conformidade ao modelo instituído pelo SENASP (2019), a determinação das medidas de segurança contra incêndios e emergências, bem como a instalação destas nas edificações, é de competência de um responsável técnico habilitado para tal finalidade. O uso adequado da edificação, conforme projeto, é de responsabilidade do proprietário ou usuário, que também deverá garantir a realização de manutenções e testes periódicos das medidas de segurança implementadas na edificação ou área de risco.

Para além, o modelo atribui aos Corpos de Bombeiros Militares Estaduais e do Distrito Federal, por meio de seus militares, o desenvolvimento de atividades técnicas que integrem a análise dos projetos de segurança contra incêndio, bem como as vistorias técnicas para regularização ou fiscalização das edificações e de suas instalações de segurança contra incêndios (SENASP, 2019).

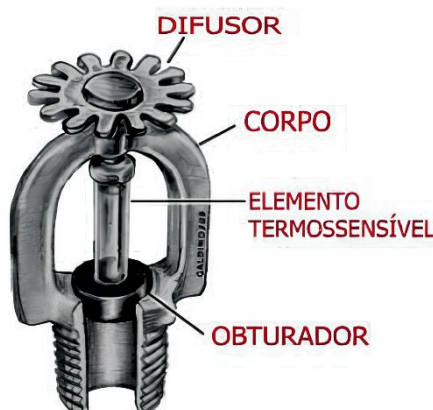
3.2 Projeto hidráulico de chuveiros automáticos

3.2.1 Componentes do sistema

A NBR 10897 (ABNT, 2020) detalha e especifica os tipos componentes de um sistema de chuveiros automáticos, definindo-os da seguinte forma:

- a) *Chuveiro automático*: se trata de um dispositivo que possui um elemento termossensível acoplado a ele, o qual pode ter diferentes tipos, conforme a faixa de temperatura determinada. Ao atingir essa temperatura, o elemento se rompe e libera o orifício do equipamento, promovendo a descarga de água em determinada área específica em modo de supressão ou controle de incêndios, a depender do tipo selecionado. O componente pode ser observado na ilustração da Figura 1. Ainda, conforme a NBR 16400 (ABNT, 2018) detalha os componentes básicos que devem compor a estrutura do chuveiro automáticos, que pode ser observado conforme ilustração da Figura 1, sendo eles:
- *Corpo*: componente do chuveiro automático provido de rosca para fixação na tubulação, braços e orifício de descarga, que serve como suporte dos demais componentes;
 - *Defletor*: componente destinado a quebrar o jato compacto, de modo a distribuir a água;
 - *Obturador*: componente destinado à vedação do orifício de descarga nos chuveiros automáticos;
 - *Elemento termossensível*: componente destinado a liberar o obturador pelo efeito de elevação de temperatura, quando atingida a temperatura nominal de operação.

Figura 1: Componentes do chuveiro automático



Fonte: Guimarães (2019).

Ainda, o elemento termosensível do chuveiro automático possui diferentes tipos, os quais restringem seu uso em determinadas instalações. Para a correta especificação, é necessário verificar a faixa de temperatura limitante para sua operação. Essa classificação está descrita na Tabela 3.

Tabela 3: Classificação do tipo de proteção das medidas de segurança contra incêndio

Faixa de temperatura nominal de operação °C	Temperatura máxima ambiente na altura no chuveiro automático °C	Classificação da temperatura	Cor dos braços em chuveiros do tipo liga fusível	Cor do líquido em chuveiros do tipo ampola de vidro
57 a 77	38	Ordinária	Incolor ou preta	Vermelha ou laranja
79 a 107	66	Intermediária	Branca	Amarela ou verde
121 a 149	107	Alta	Azul	Azul
163 a 191	149	Extra-alta	Vermelha	Roxa
204 a 246	191	Muito extra-alta	Verde	Preta
260 a 302	246	Ultra-alta	Laranja	Preta
320 a 343	329	Ultra-alta	Laranja	Preta

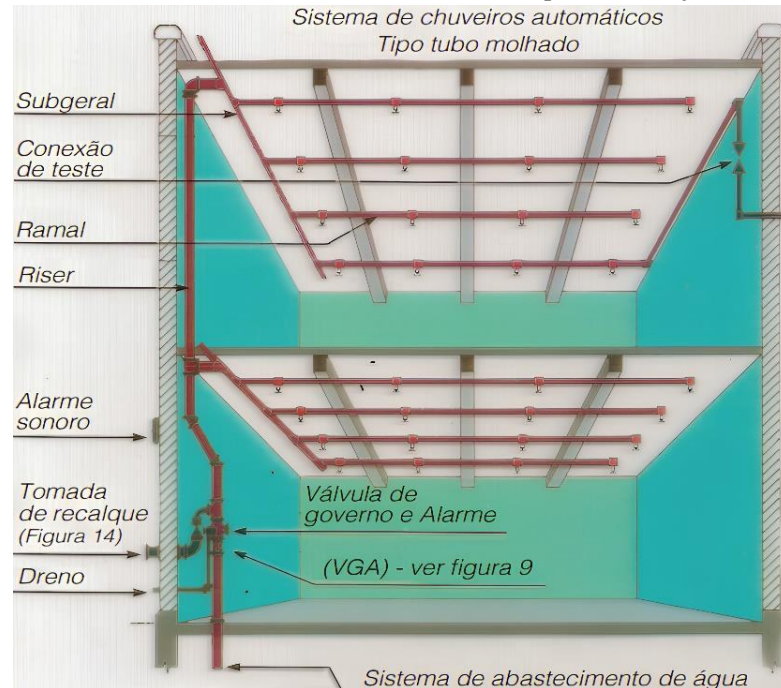
Fonte: NBR 16.400 (ABNT, 2018).

- b) *Coluna de alimentação*: Trata-se da composição de tubulações verticais que alimenta o sistema de chuveiros automáticos.
- c) *Coluna principal de alimentação do sistema (riser)*: Trecho de tubo não enterrado, em posição vertical ou horizontal, que compõe o trecho entre o abastecimento (reservatório de água) e as tubulações gerais e subgerais, considerando válvula de governo e alarme (VGA).
- d) *Válvula de governo e alarme (VGA)*: Composição de um conjunto formado por válvula seccionadora, sistema de alarme de fluxo, válvulas de retenção, manômetros, drenos e outros acessórios, instalado em cada coluna de alimentação (riser).
- e) *Ramais*: Tubulações para fixação dos chuveiros automáticos.
- f) *Tubulações gerais*: Tubulações alimentadoras dos trechos de subgerais, seja diretamente ou através de conexões.
- g) *Tubulações subgerais*: Tubulações que alimentam os ramais.
- h) *Sistema de abastecimento de água*: Os sistemas de chuveiros automáticos devem prover pelo menos um sistema de abastecimento de água, podendo ser das seguintes formas:

reservatório superior (elevado); reservatório apoiado ao nível do solo, açudes, rios, lagos, piscinas, com uma ou mais bombas de incêndio.

Esses componentes mencionados podem ser verificados através da ilustração apresentado na Figura 2.

Figura 2: Componentes do sistema de chuveiros automáticos, para instalações do tipo tubo molhado



Fonte: Paula (2016).

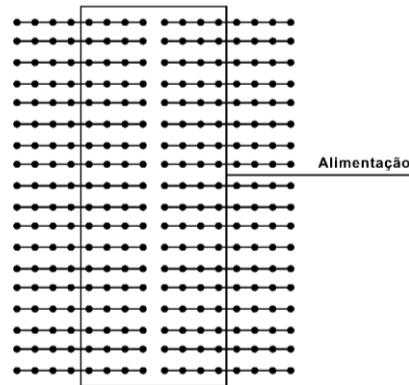
3.2.2 Tipos de sistemas

A NBR 10897 (ABNT, 2020) detalha e especifica os tipos de sistemas de proteção por chuveiros automáticos, definindo-os da seguinte forma:

- a) *Ação prévia*: os chuveiros são fixados em uma tubulação com presença de ar, podendo ser pressurizada ou não, interligado a um sistema complementar de detecção de incêndio instalado na mesma área de atuação do sistema de chuveiros automáticos.
- b) *Dilúvio*: um sistema suplementar de detecção de incêndio é instalado na mesma área de operação de chuveiros automáticos para esse tipo de proteção, na qual, os *sprinklers* estão abertos e fixado a uma tubulação conectada na fonte de reservatório de água e uma válvula de dilúvio. Com a abertura dessa válvula, através do acionamento do sistema de detecção instalado na mesma área dos chuveiros, há o fluxo de água, sendo descarregado por todos os chuveiros de maneira simultânea.

- c) *Anel fechado*: em operação, esse sistema promove o escoamento da água por mais de uma rota, através da instalação de tubulações subgerais múltiplas conectadas aos ramais dos chuveiros automáticos. Para esse método de instalação, os ramais não são interligados entre si. Esse sistema pode ser observado na ilustração da Figura 3.

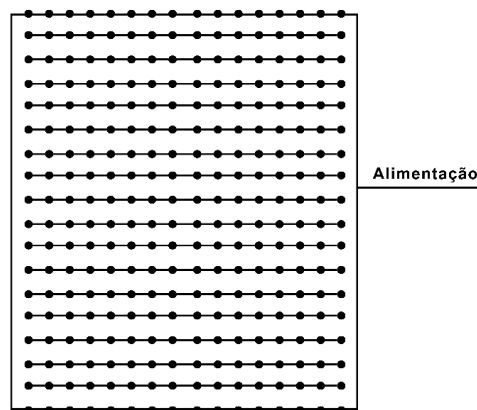
Figura 3: Sistema de chuveiro automático do tipo anel fechado



Fonte: NBR 10897 (ABNT, 2020).

- d) *Grelha*: as tubulações gerais são interligadas a ramais múltiplos, na qual, um determinado chuveiro automático em operação recebe alimentação de água pelas duas extremidades do ramal, e os demais ramais auxiliam no escoamento da água entre as tubulações subgerais. Esse sistema pode ser observado na ilustração da Figura 4.

Figura 4: Sistema de chuveiro automático do tipo grelha



Fonte: NBR 10897 (ABNT, 2020).

- e) *Tubo molhado*: sistema de chuveiros automáticos conectados a uma tubulação com presença de água e interligada a uma fonte de reservatório de água, desse modo, a água

é descarregada pelos chuveiros de maneira imediata, quando abertos pela temperatura elevada provocada por uma fonte de incêndio.

- f) *Tubo seco*: sistema de chuveiros automáticos conectados a uma tubulação com presença de ar ou nitrogênio em regime de pressão, onde, ao acionamento de um chuveiro em sua abertura, a pressão exercida pela água abre passagem na válvula (válvula para sistema seco), injetando água nas tubulações para combate e controle do incêndio.

3.2.3 Classificação do sistema

A NBR 10897 (ABNT, 2020) classifica as edificações com base no seu uso e ocupação para determinar a classificação de risco, que será fundamental para determinação dos parâmetros hidráulicos a serem utilizados nos cálculos. O Quadro 3 descreve as classificações de risco de acordo com exemplos de uso das edificações.

Quadro 3: Exemplos de classificação de ocupações

Classificação	Carga de Incêndio MJ/m ²
Risco Leve	Igrejas; Clubes; Escolas públicas e privadas (1°, 2° e 3° graus); Hospitais com ambulatorios, cirurgia e centros de saúde; Hotéis, edifícios residenciais e similares; Bibliotecas e salas de leituras, exceto salas com prateleiras altas; Museus; Asilos e casas de repouso; Prédios de escritórios, incluindo processamento de dados; Áreas de refeição em restaurantes, exceto área de serviço; Teatros e auditórios, exceto palcos e proscênios; Prédio da administração pública.
Risco ordinário – Grupo 1	Estacionamentos de veículos e showrooms; Padarias; Fabricação de bebidas (refrigerantes, sucos); Fábrica de conservas; Processamento e fabricação de produtos lácteos; Fábricas de produtos eletrônicos; Fabricação de vidro e produtos de vidro; Lavanderias; Áreas de serviço de restaurante
Risco ordinário – Grupo 2	Moinhos de grãos; Fábricas de produtos químicos - comuns; Confeitarias; Destilarias; Instalações para lavagem a seco; Fábricas de ração animal; Estábulo; Fabricação de produtos de couro; Bibliotecas - áreas de prateleiras altas; Áreas de usinagem; Indústria metalúrgica; Lojas; Fábrica de papel e celulose; Processamento de papel; Píeres e embarcadouros; Correios; Gráficas; Oficinas mecânicas; Áreas de aplicação de resinas; Palcos; Indústrias têxteis; Fabricação de pneus; Fabricação de produtos de tabaco; Processamento de madeira; Montagem de produtos de madeira.
Risco extraordinário – Grupo 1	Hangares; Áreas de uso de fluidos hidráulicos combustíveis; Fundições; Extrusão de metais; Fabricação de compensados e aglomerados; Gráficas [que utilizem tintas com ponto de fulgor menor que 100°F (38°C)]; Recuperação, formulação, secagem, moagem e vulcanização de borracha; Serrarias; Processos da indústria têxtil: escolha da matéria-prima, abertura de fardos, elaboração de misturas, batedores, cardagem etc; Estofamento de móveis com espumas plásticas;

Classificação	Carga de Incêndio MJ/m ²
Risco extraordinário – Grupo 2	Saturação com asfalto; Aplicação de líquidos inflamáveis por spray; Pintura por flowcoating; Manufatura de casas pré-fabricadas ou componentes pré-fabricadas para construção (quando a estrutura final estiver presente e tiver interiores combustíveis); Tratamento térmico em tanques de óleo abertos; Processamento de plásticos; Limpeza com solventes; Pintura e envernizamento por imersão.

Fonte: NBR 10897 (ABNT, 2020).

A classificação do sistema é importante para a definição do tipo de sprinkler a ser utilizado na instalação de chuveiros automáticos, devendo ser selecionado aquele indicado para as características e especificações da ocupação. De acordo com a NBR 10897 (ABNT, 2020), os tipos de chuveiros automáticos são classificados da seguinte forma:

a) *Quanto à orientação de instalação:*

- *Chuveiro em pé:* instalado em posição com direção do jato que água para cima, contra o defletor.
- *Chuveiro embutido:* com exceção da rosca do sprinkler, o corpo ou parte do dele é montado embutido em invólucro, tratando-se de chuveiro decorativo.
- *Chuveiro flush:* chuveiro com corpo e rosca instalado acima do plano inferior do teto, tratando-se de um chuveiro decorativo. Com o acionamento, o defletor do equipamento atinge nível abaixo do plano inferior do teto.
- *Chuveiro lateral:* instalado em posição horizontal ou vertical, na qual sua ação é projetada para direcionar água na parede oposta na qual está instalado.
- *Chuveiro oculto:* tipo de sprinkler que possui acabamento para vedar a visualização do equipamento instalado no teto, onde ao ser acionado, essa vedação é liberada para projeção da água.
- *Chuveiro pendente:* instalado em posição vertical com defletor projetando o jato de água para baixo.

b) *Quanto à velocidade de operação:*

- *Chuveiro automático de resposta rápida:* classificado de acordo com seu elemento termossensível, que deve possuir em sua ação o índice de tempo de resposta (ITR) menor ou igual a 50 (m.s)^{1/2}.
- *Chuveiro automático de resposta padrão:* classificado de acordo com seu elemento termossensível, que deve possuir em sua ação o índice de tempo de resposta (ITR) menor ou igual a 80 (m.s)^{1/2}.

c) *Quanto às condições especiais de uso:*

- *Chuveiro decorativo:* chuveiro automático com acabamento aprimorado através de pintura ou revestimento metálico implementado pelo fabricante
- *Chuveiro resistente à corrosão:* implementado em locais com classe de agressividade alta, devido sua fabricação com camadas de revestimentos especiais e materiais anticorrosivos.
- *Chuveiro seco:* a água é introduzida ao interior do equipamento somente em caso de acionamento, para isso, possui uma fixação em niple de extensão, com selo na extremidade da entrada.

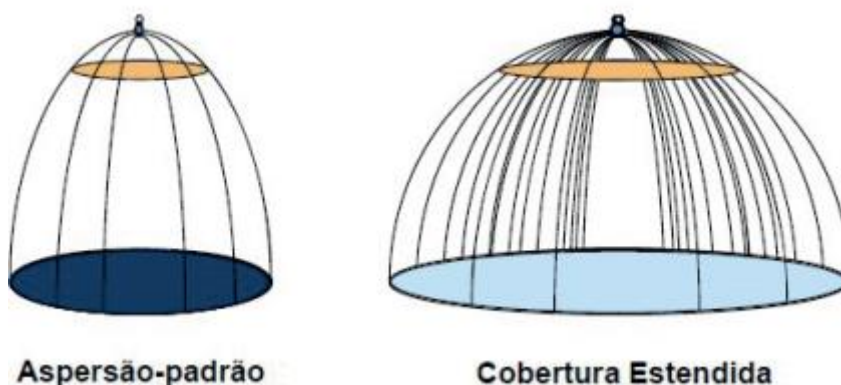
d) *Quanto às características de desempenho e projeto:*

- *Chuveiro automático de controle para aplicações específicas (CCAE):* ideal para áreas de incêndios com alta densidade, esse equipamento possui descarga de água em gotas grandes, atuando no modo de controle.
- *Chuveiro automático de resposta e supressão rápidas (ESFR):* ideal para distribuição de água em grande quantidade com formato específico, delimitado por uma área, com rápida ação de extinção do fogo em modo de supressão.

e) *Quanto à distribuição de água:*

- *Chuveiro de cobertura padrão:* sua classificação é de acordo com a distribuição do jato de água em conformidade das áreas de cobertura apresentadas na tabela 10 da NBR 10897 (ABNT, 2020). Conforme apresentado na Figura 5, identifica-se a cobertura de atuação desse tipo.
- *Chuveiro de cobertura estendida:* ainda de acordo com a tabela 10 da NBR 10897 (ABNT, 2020), os chuveiros que ultrapassam em sua distribuição de água, a cobertura padrão de água da tabela, são considerados estendidos. A Figura 5 apresenta a cobertura de atuação desse tipo de chuveiro.
- *Chuveiro tipo spray:* com defletor projetando o jato de água para baixo, esse tipo de chuveiro deve lançar a menor quantidade de água possível, ou nenhuma, para o teto.

Figura 5: Distribuição de água - bicos cobertura padrão e estendida



Fonte: Guimarães (2019).

3.2.4 Métodos de cálculo

De acordo com a NBR 10897 (ABNT, 2020), o dimensionamento das instalações de sistemas de chuveiros automáticos pode ser realizado por dois métodos de cálculo: tabela ou cálculo hidráulico.

- a) *Cálculo por tabela*: a classificação do sistema de chuveiros automáticos da ocupação é determinante para a seleção dos diâmetros das tubulações, de acordo com tabela padrão, além do número limite máximo de chuveiros que poderá ser instalado de acordo com os diâmetros especificados pela tabela.
- b) *Cálculo hidráulico*: considera-se condições hidráulicas mais desfavoráveis do sistema, com base nas perdas de carga existentes nas tubulações, visando garantir parâmetros hidráulicos mínimos como: descarga de água, pressão e vazão mínima requerida pelo chuveiro automático, abrangendo esses parâmetros de maneira uniforme em determinada área de operação específica.

Para novos sistemas, exige-se a utilização do método de cálculo hidráulico. O método tabelado, é aceito apenas para áreas máximas de 465 m² de novas instalações de chuveiros automáticos, ou para sistemas já existentes calculados por tabela que passaram por modificações ou ampliações, conforme a NBR 10897 (ABNT, 2020). Segundo Paula (2016), o método para dimensionamento mais adotado para os sistemas é o por cálculo hidráulico, devido à relação custo/benefício apresentada por esse modelo de dimensionamento.

3.3 Utilização de *softwares* na elaboração de projetos de chuveiros automáticos

Buscando avaliar a eficácia e a utilidade da integração de ferramentas computacionais, analisou-se a disponibilidade destes e o impacto na realização de projetos de chuveiros automáticos.

Primeiramente, Santos (2023) desenvolveu um aplicativo de autoria própria com o objetivo de auxiliar os projetistas nas definições de especificações de *sprinklers* na elaboração de projetos de chuveiros automáticos. Essa aplicação partiu da necessidade de minimizar os erros de especificações de materiais e componentes do sistema.

A utilização do aplicativo desenvolvido (SANTOS, 2023) demonstrou eficácia na obtenção dos requisitos essenciais para especificações do chuveiro automático. A ferramenta foi aplicada em 20 (vinte) projetos de chuveiros automáticos, e verificou-se que 9 (nove) destes não possuíam as especificações corretas, de acordo com os requisitos da NBR 10897 (ABNT, 2020).

Para Oliveira (2024), devido à complexidade dos cálculos hidráulicos, que envolvem múltiplos fatores e variáveis, o uso de *softwares* especializados tornou-se indispensável no projeto de sistemas de *sprinklers*. Esses programas permitem a simulação precisa das condições de fluxo, conformidade normativa e otimização de projetos.

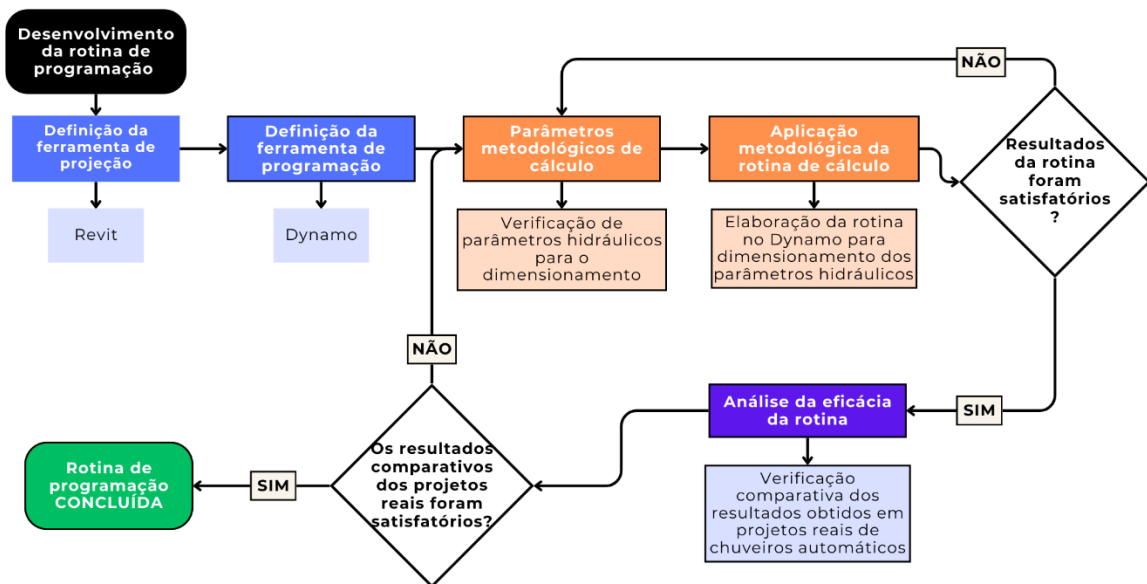
O emprego dessas ferramentas não substitui o conhecimento e a experiência do engenheiro, mas amplia suas capacidades, permitindo projetos mais precisos, eficientes e conforme às normas. Ao integrar princípios hidráulicos sólidos com tecnologia de ponta, pode-se assegurar sistemas de *sprinklers* que ofereçam a máxima proteção contra incêndios, salvaguardando vidas e patrimônios (OLIVEIRA, 2024).

Com base nos trabalhos mencionados verifica-se uma recorrente necessidade de utilização de metodologias de dimensionamento automatizadas, visando à mitigação de erros operacionais de interferência humana, proporcionando ao projetista maior agilidade e confiabilidade.

4. METODOLOGIA

Na busca por otimizar o dimensionamento de sistemas de chuveiros automáticos, a metodologia utilizada consistiu em definir as ferramentas computacionais necessárias para obter os parâmetros hidráulicos. Em seguida, foram aplicados os procedimentos metodológicos de cálculos hidráulicos por meio de código de programação visual que resultou em uma rotina definida de dimensionamento de chuveiros automáticos. Essa estrutura metodológica está esquematizada no fluxograma da Figura 6.

Figura 6: Fluxograma da metodologia de elaboração da rotina de programação



Fonte: Autoria própria (2024).

4.1 Elaboração da ferramenta

4.1.1 Definição das ferramentas

A ferramenta para projeção do sistema de chuveiros automáticos é aplicada no *software* Revit, desenvolvido pela Autodesk. Essa ferramenta é uma das principais utilizadas para aplicação em projetos de engenharia em suas diversas áreas. Na versão estudantil, o Revit permite que discentes de cursos de graduação o utilizem de forma gratuita.

O Revit utiliza a metodologia BIM (*Building Information Modeling*, ou *Modelagem da Informação da Construção*), que permite a projeção de modelos tridimensionais e parametrizados dos elementos inseridos no ambiente de trabalho. Essa metodologia permite a

integração com outras ferramentas e o compartilhamento das informações geradas, como por exemplo: comprimento, diâmetro, elevação geométrica, entre outros.

O Dynamo é uma ferramenta de programação visual que possui versão de extensão no Revit. Essa integração permite que o Dynamo utilize as informações disponibilizadas pela parametrização dos elementos no Revit, oferecendo ao usuário a capacidade de desenvolver rotinas de programação, promovendo a automação de processos, a execução de tarefas complexas e a criação soluções eficientes para projetos de engenharia.

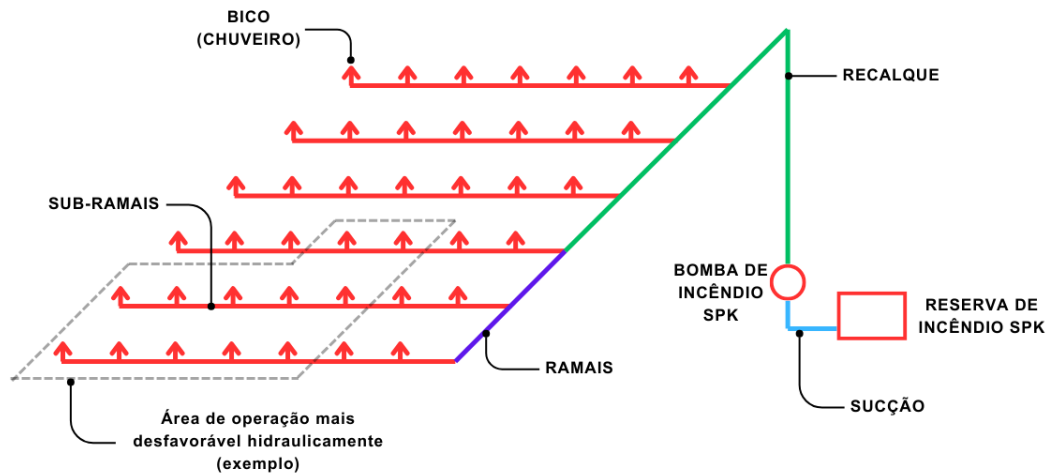
4.1.2 Dimensionamento hidráulico de chuveiros automáticos

Em conformidade com a NBR 10897 (ABNT, 2020), o dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos pode ser definido por método de tabela ou por cálculo hidráulico. A concepção adotada neste trabalho foi o método de cálculo hidráulico, pois é exigido pela referida normativa para os sistemas novos. Além disso, o método tabelado possui restrições específicas para o seu uso. Para o desenvolvimento, a estrutura de cálculo hidráulico foi utilizada com base no roteiro de cálculo demonstrado no livro *Princípios Básicos para o Cálculo de Sistemas de Sprinklers – Métodos de Cálculo* (PEREIRA et al., 2019).

A rotina para o dimensionamento de chuveiros automáticos consistiu na execução do cálculo hidráulico do sistema, considerando que as tubulações e os *sprinklers* já estejam previamente traçados. Para isso, é necessário conhecer o sistema em termos de classificação de risco, área de operação, densidade de operação, espaçamento entre os chuveiros automáticos e seus ramais, além da determinação da área de cobertura do chuveiro aplicado, bem como o número mínimo de chuveiros necessários para atender à área de operação.

Com a esquematização do sistema de chuveiros automáticos concluída e a identificação da área com os chuveiros automáticos hidráulicamente mais desfavoráveis, conforme ilustrado na Figura 7, foi possível realizar o dimensionamento hidráulico utilizando os parâmetros dos chuveiros da área e os respectivos trechos de tubulações como sub-ramais, ramais, recalque e sucção.

Figura 7: Esquemática de sistema de chuveiros automáticos



Fonte: Autoria própria (2024).

Os procedimentos adotados para o dimensionamento hidráulico de chuveiros automáticos consistem, primeiramente, no cálculo dos parâmetros hidráulicos dos chuveiros da área de operação, iniciando por aquele hidraulicamente mais desfavorável dessa área. A vazão desse chuveiro é calculada conforme a Equação 1.

$$Q = A_{cc} d \quad (1)$$

Onde:

- Q – Vazão do chuveiro automático (LPM);
- A_{cc} – Área de cobertura por chuveiro automático (m²);
- d – Densidade (L/min/m²).

Assim, com a vazão aplicada no chuveiro automático hidraulicamente mais desfavorável já determinada, calcula-se a pressão necessária nesse chuveiro por meio da Equação 2.

$$Q = K P^{0,5} \quad (2)$$

Onde:

- Q – Vazão do chuveiro automático (LPM);
- K - Fator de descarga do chuveiro automático (L/min x bar^{-0,5});
- P – Pressão no chuveiro automático (bar).

Para determinar a pressão no chuveiro automático hidráulicamente mais desfavorável, é necessário conhecer o Coeficiente de Descarga (Fator K) do chuveiro automático utilizado no sistema. Esse parâmetro pode ser consultado na Tabela 4.

Tabela 4: Fator K – Coeficiente de descarga do chuveiro automático

Fator Nominal - K		Diâmetro nominal da rosca mm
L/min/bar ^{1/2}	gpm/psi ^{1/2}	
20	1,4	DN 15
25	1,9	DN 15
40	2,8	DN 15
60	4,2	DN 15
80	5,6	DN 15
115	8,0	DN 15 ou DN 20
160	11,2	DN 15 ou DN 20
200	14,0	DN 20
240	16,8	DN 20
280	19,6	DN 25
320	22,4	DN 25
360	25,2	DN 25
400	28,0	DN 25

Fonte: NBR 10897 (ABNT, 2020).

Conforme a NBR 10897 (ABNT, 2020), o Fator K de um chuveiro automático depende do tipo de sprinkler selecionado, em função da classificação da ocupação e do risco da área a ser protegida da edificação. Diante disso, é fundamental a seleção adequada do tipo de sprinkler, conforme a classificação do sistema.

De acordo com Guimarães (2019), o Sprinkler Spray (Spray sprinkler/CMDA) é comum para todos os sistemas de chuveiros automáticos, tanto para cobertura padrão quanto estendida. Já o Sprinkler Spray de gota gorda (*Large Drop Sprinkler/CMSA*) é utilizado em áreas de estocagem, pois promove alta densidade de aplicação de água, ideal para esse tipo de ocupação. O Sprinkler ESFR (*Early Suppression Fast Response*) é indicado para locais de armazenamento, pois possui maior capacidade de extinguir focos de incêndio de alto risco, excluindo-se sistemas classificados como risco extraordinários. O Sprinkler de Resposta Rápida (*Quick/Fast Response*) é classificado pela velocidade de operação e indicados para ocupações com riscos leve, ordinários e estocagem. Outro classificado pela velocidade de operação é o Sprinkler de Resposta Padrão (*Standard Response*), indicado para grupo de riscos ordinários, extraordinários e estocagem.

Com base na vazão e na pressão necessária ao chuveiro, verifica-se a perda de carga do trecho respectiva ao trecho que o alimenta. Para isso, é necessário determinar o diâmetro da tubulação, verificando o seu valor mínimo requerido através da fórmula de Forchheimer (Equação 3).

$$D_{min} = 1,3 Q_m^{0,5} \frac{t^{0,25}}{24} \quad (3)$$

Onde:

- D_{min} – Diâmetro mínimo, resultante em metros;
- Q_m – Vazão requerida, em metro cúbico por segundo (m³/s);
- t – Tempo de funcionamento da bomba de incêndio do sistema de chuveiros automático, em hora;

Com isso, o diâmetro estabelecido para o trecho deve ser igual ou superior ao valor mínimo calculado conforme descrito anteriormente. Em seguida, foi possível realizar a verificação da perda de carga no trecho que alimenta o chuveiro em questão. Esse parâmetro hidráulico é calculado por meio da fórmula de Hazen-Williams, de acordo com a vazão, o diâmetro e o coeficiente correspondente ao material da tubulação, conforme a Equação 4.

$$J = 605 \frac{Q_m^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} 10^5 \quad (4)$$

Onde:

- J – Perda de carga unitária, resultante em quilopascals por metro (kPa/m);
- Q_m – Vazão requerida, expressa em litros por minuto (L/min);
- C – Coeficiente do Fator de Hazen-Williams;
- D – Diâmetro interno real, expresso em milímetros (mm).

Na Tabela 5, é possível verificar o valor atribuído ao coeficiente de Hazen-Williams (Fator ‘C’) de acordo com o material da tubulação.

Tabela 5: Fator C – Coeficiente de Hazen-Williams

Tubo	C ^a
Ferro fundido ou dúctil, sem revestimento	100
Aço preto (sistemas secos, inclusive os de ação prévia)	100

Tubo	C ^a
Aço preto (sistemas secos, inclusive os sistemas de dilúvio)	120
Galvanizado (todos)	120
Plástico (certificado) (todos)	150
Ferro fundido ou dúctil com revestimento de cimento	140
Cobre ou aço inoxidável	150

^a *Válido para tubos novos.*

Fonte: NBR 10897 (ABNT, 2020).

Na utilização da perda de carga unitária descrita pela Equação 4, é necessário identificar o comprimento total do respectivo trecho para determinar sua perda de carga total, conforme demonstrado na Equação 5. Esse comprimento é determinado pela soma do comprimento real da tubulação e o comprimento virtual retilíneo das conexões que compõem o trecho em análise.

$$hf = J (L_{real} + L_{eq}) \quad (5)$$

Onde:

- **hf** – Perda de carga total no trecho, resultante em quilopascas por metro (kPa/m);
- **J** – Perda de carga unitária, expressa em quilopascas por metro (kPa/m);
- **L_{real}** – Comprimento real da tubulação do trecho;
- **L_{eq}** – Comprimento equivalente retilíneo do trecho.

Para isso, adotaram-se as informações apresentadas nos Quadros 4 e 5, que descrevem os comprimentos equivalentes, em metros, para as conexões da tubulação do trecho, de acordo com seu tipo e o diâmetro nominal. No caso de sistemas de chuveiros automáticos, a tabela descreve para tubulações em aço galvanizado que predominam nesse tipo de aplicação.

Quadro 4: Comprimento equivalentes para tubulações de ferro galvanizado, em metros

Diâmetro Nominal											
mm	pol	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 Borda	Entrada de Gaveta Aberto
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1

Diâmetro Nominal											
mm	pol	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 Borda	Entrada de Gaveta Aberto
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2
32	1.1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2
38	1.1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4
63	2.1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4

Fonte: Adaptado do Macintyre (2010).

Quadro 5: Comprimento equivalentes para tubulações de ferro galvanizado, em metros

Diâmetro Nominal										
mm	pol	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 Canalização	Válvula de retenção tipo leve	Válvula de retenção tipo pesado
13	1/2	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1.1/4	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1.1/2	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2.1/2	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4	12,9
125	5	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

Fonte: Adaptado do Macintyre (2010).

Outro fator fundamental para realização do cálculo da pressão necessária ao sistema de *sprinklers* é a relação entre a altura geométrica dos pontos dos trechos. Para isso, adotou-se

o cálculo do desnível entre a elevação dos chuveiros automáticos da área de operação mais desfavorável hidráulicamente e o ponto de tomada d'água do reservatório.

Assim, para determinar a perda de carga total do sistema, utilizou-se a Equação 6, com base no somatório da perda de carga dos trechos com o desnível geométrico existente entre o reservatório e os chuveiros da área de operação hidráulicamente mais desfavorável do sistema.

$$H_{total} = hf - hg \quad (6)$$

Onde:

- **H_{total}** – Perda de carga total do sistema, resultante em quilopascals por metro (kPa/m);
- **hf** – Perda de carga total nos trechos, expresso em quilopascals por metro (kPa/m);
- **hg** – Desnível geométrico, expresso em quilopascals por metro (kPa/m).

Para além, com todos os parâmetros hidráulicos de todos os trechos do sistema obtidos conforme os procedimentos descritos anteriormente, foi possível realizar o dimensionamento da bomba de incêndio, em termos de potência, para suprir as demandas de pressão e vazão requeridas. Esse dimensionamento foi realizado por meio da Equação 7.

$$Pot_{BI} = \frac{Y Q_m P}{75 \eta} \quad (7)$$

Onde:

- **Pot_{BI}** – Potência da bomba de incêndio, em cavalo-vapor (cv);
- **Y** – Peso específico da água (kgf/m³);
- **Q_m** – Vazão requerida (m³/s);
- **P** – Pressão requerida, expressa em metro de coluna d'água (m.c.a);
- **η** – Rendimento adotado para bomba de incêndio (%).

Em diante, necessitou-se dimensionar o volume da reserva d'água de incêndio, com base na obtenção da vazão requerida pelo sistema e o tempo de funcionamento determinado de acordo com a normativa e a classificação do sistema. Esse dimensionamento foi realizado conforme formulação dada pela Equação 8.

$$V_{RI} = Q_m T \quad (8)$$

Onde:

- V_{RI} – Volume da reserva d'água de incêndio, em litros (l);
- Q_m – Vazão requerida, em litros por minuto (L/min);
- T – Tempo de funcionamento do sistema, em minutos (min).

Por fim, desenvolveu-se a verificação das velocidades de escoamento nos trechos analisados. Para isso, o cálculo foi realizado pela relação entre a vazão aplicada ao trecho e a respectiva área do diâmetro interno da tubulação, conforme apresentado na Equação 9.

$$V = \frac{Q_m}{[\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2]} \quad (9)$$

Onde:

- V – Velocidade da água, em metros por segundo (m/s);
- Q_m – Vazão, expressa em metro cúbico por segundo (m³/s);
- D – Diâmetro interno real, expresso em metros (m);
- π - 3,141593.

4.1.3 Parâmetros metodológicos de cálculo

Para o desenvolvimento da rotina de algoritmo no Dynamo, foi necessário identificar as variáveis essenciais para os cálculos hidráulicos. Dessa forma, foram criados parâmetros não disponíveis pelo Revit, permitindo a interação com a rotina e a obtenção das informações necessárias. O Quadro 6 apresenta os parâmetros criados e a descrição de suas funções no algoritmo.

Quadro 6: Parâmetros metodológicos de cálculos

Nome	Disciplina	Tipo de dados	Parâmetro de grupo	Descrição
(SPK) Acc	Comum	Texto	Texto	Insere a área de contribuição (Acc) em m ² do <i>sprinkler</i> .
(SPK) Bico-ID	Comum	Texto	Texto	Numera os chuveiros automáticos do sub-ramal hidráulicamente mais desfavorável para a seleção de trechos.
(SPK) D	Comum	Texto	Texto	Insere a densidade do chuveiro automático em mm/min.

Nome	Disciplina	Tipo de dados	Parâmetro de grupo	Descrição
(SPK) Fator K	Comum	Texto	Texto	Inserir o fator K do chuveiro automático utilizado no sistema em $L/min \times bar^{-0,5}$.
(SPK) Rendimento_BI (%)	Comum	Texto	Texto	Inserir o rendimento da bomba de incêndio do sistema em %.
(SPK) t-BI	Comum	Texto	Texto	Inserir o tempo de funcionamento da bomba de incêndio em unidade de hora (h).
(SPK) Trecho-ID	Comum	Texto	Texto	Identificar a seleção de trechos do sistema em seus sub-ramais, ramais, recalque e sucção.
Comp. Equivalente	Comum	Número	Resultado da análise	Parâmetro de família inserido nas conexões e acessórios hidráulicos para retornar o comprimento equivalente automaticamente de acordo com o diâmetro nominal aplicada.

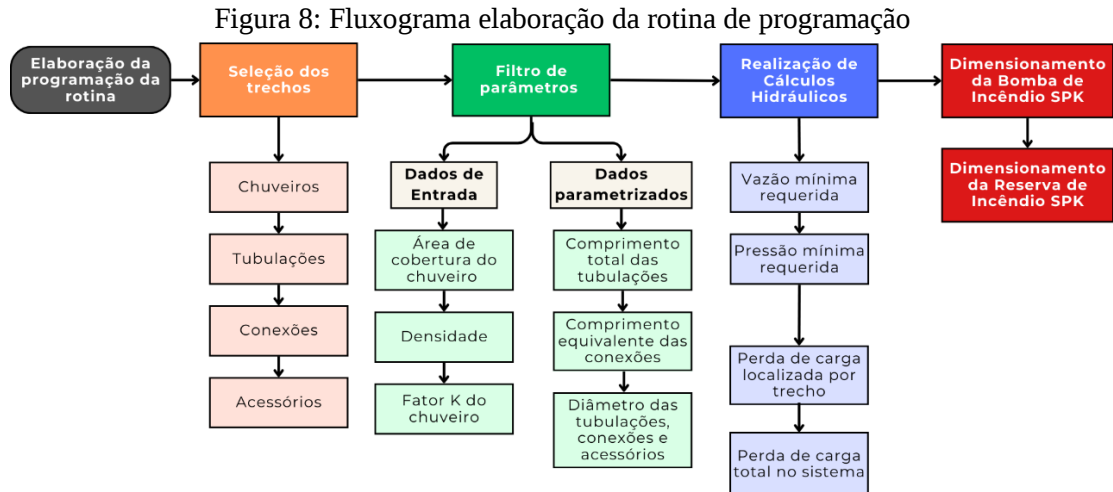
Fonte: Autoria própria (2024).

Os parâmetros nomeados com os termos de prefixo “SPK” referem-se aos dados de entrada necessários para que a rotina realize os cálculos hidráulicos do sistema. Essa nomenclatura facilita a identificação para o *template* desenvolvido no Revit, permitindo a inclusão de parâmetros de outras rotinas de dimensionamento sistemas distintos, de forma que, para cálculos hidráulicos, não ocorra interferência de valores e identificação de parâmetros.

Além disso, o parâmetro de comprimento equivalente retorna automaticamente seus valores de acordo com o diâmetro nominal aplicado às conexões e acessórios hidráulicos utilizados. Essa parametrização foi desenvolvida conforme os comprimentos equivalentes apresentados no Quadros 4 e 5. Esse parâmetro permite sua utilização em outras rotinas de outros sistemas hidráulicos que possam ser agregados ao *template* criado.

4.1.4 Aplicação da metodologia de cálculo na rotina

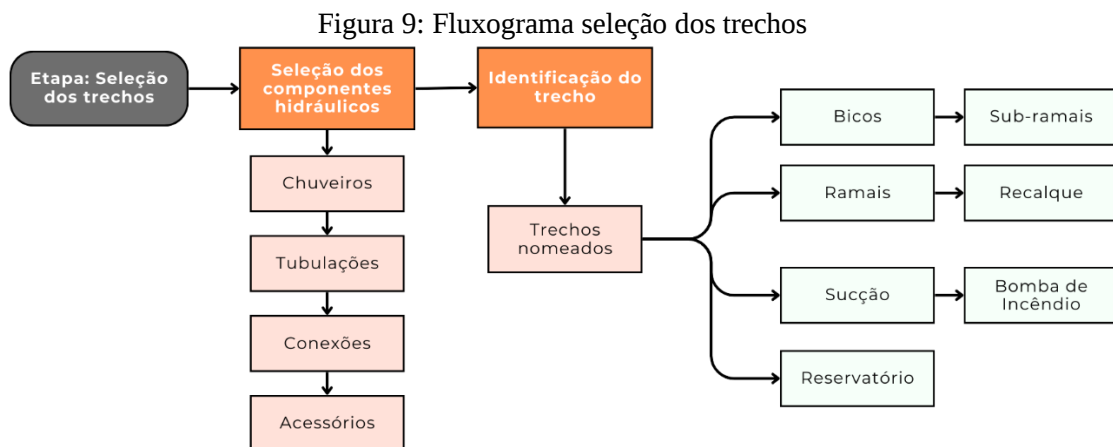
A elaboração da rotina que aplica a metodologia ao dimensionamento hidráulico de chuveiros automático ocorre por meio divisão dos trechos que compõem o sistema. Para cada trecho, são captadas as informações inseridas manualmente como dados de entrada, bem como os dados automatizados gerados pelos parâmetros de projeto do *software*. Com base nessas informações, realizam-se os devidos cálculos e dimensionamentos. Essa esquematização é ilustrada na Figura 8.



Fonte: Autoria própria (2024).

4.1.5 Seleção dos trechos

A etapa consiste no reconhecimento dos trechos de tubulação que compõem o dimensionamento hidráulico de chuveiros automáticos. Esses trechos são divididos como chuveiros automáticos (bicos), sub-ramais, ramais, recalque e sucção, conforme ilustrado na Figura 6. No Dynamo, a seleção desses trechos é realizada por meio da nomeação de um parâmetro de projeto inserido no Revit, que reconhece as tubulações, conexões e acessórios que compõem cada trecho, conforme demonstrado na Figura 9.



Fonte: Autoria própria (2024).

Os chuveiros automáticos (bicos) são identificados de 1 a 10 em cada trecho de sub-ramal, sendo esses trechos de sub-ramais reconhecidos na rotina por meio da numeração sequencial entre chuveiros automáticos (bicos), da seguinte maneira: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-

7, 7-8, 8-9, 9-10 e 10-11. Já os ramais, que correspondem aos trechos entre ligações que alimentam os sub-ramais, identificados da seguinte forma: A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H, H-I, I-J e L-M.

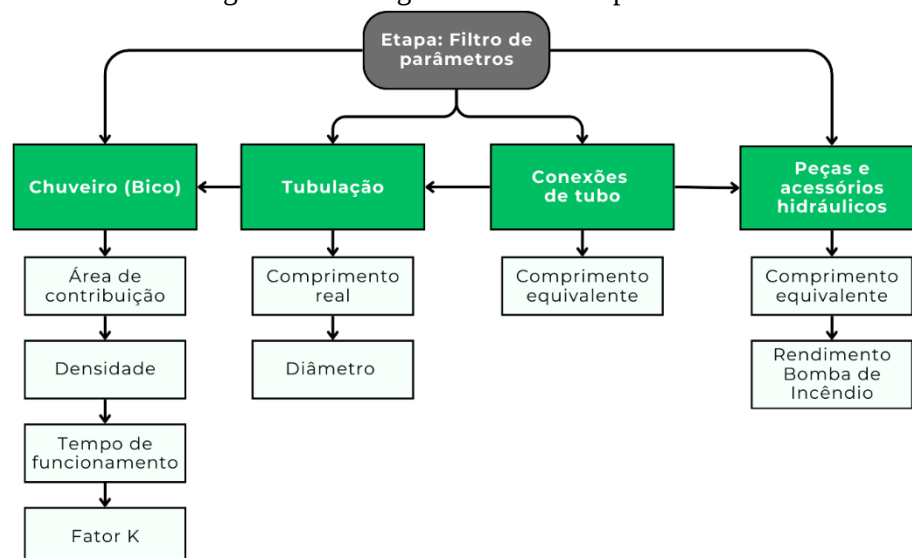
Para os demais trechos de recalque e sucção, estes são trechos únicos identificados com seu respectivo termo hidráulico, Recalque e Sucção. Ainda, é necessário identificar o equipamento da estação elevatória e o reservatório de incêndio, nomeados em BOMBA-SPK e RTI-SPK, respectivamente. No Apêndice A, é possível visualizar essa estrutura de seleção do trecho de acordo com a nomeação identificado para o mesmo.

Dessa forma, considerando a divisão do sub-ramais em trechos com até de 10 (dez) chuveiros automáticos (bicos), e dos ramais em 10 (dez) trechos de ligação com sub-ramais, o algoritmo da rotina elaborada permite o cálculo hidráulico para dimensionar sistemas de chuveiros automáticos com até 100 (cem) unidades em uma área de operação hipotética.

4.1.6 Filtro de parâmetros

Com base na estrutura de seleção de elementos dos trechos descrita anteriormente, a rotina permite filtrar as informações parametrizadas de tubulações, conexões e acessórios hidráulicos. Os dados obtidos são essenciais para os cálculos hidráulicos pertinentes ao dimensionamento do sistema. Essa estrutura é apresentada na ilustração da Figura 10.

Figura 10: Fluxograma de filtro de parâmetros



Fonte: Autoria própria (2024).

Inicialmente, a partir do chuveiro hidráulicamente mais desfavorável do sistema, são filtrados os dados inseridos nos parâmetros de entrada do projeto, como densidade, área de contribuição e Fator K do chuveiro automático, para determinação da pressão e vazão requerida no final do sistema. Essa estrutura, apresentada no Apêndice B, sendo fundamental para o desenvolvimento dos cálculos hidráulicos subsequentes.

Com base nos requisitos mínimos do sistema obtidos pela da filtragem dos dados de entrada nos parâmetros de projeto, as etapas seguintes do cálculo na rotina exigem a definição dos comprimentos reais e equivalentes, além do diâmetro das tubulações, conexões e acessórios. Essas informações são geradas automaticamente pelos parâmetros da própria estrutura dos elementos inseridos no Revit, eliminando a necessidade de intervenção manual do usuário e a aplicação dos valores.

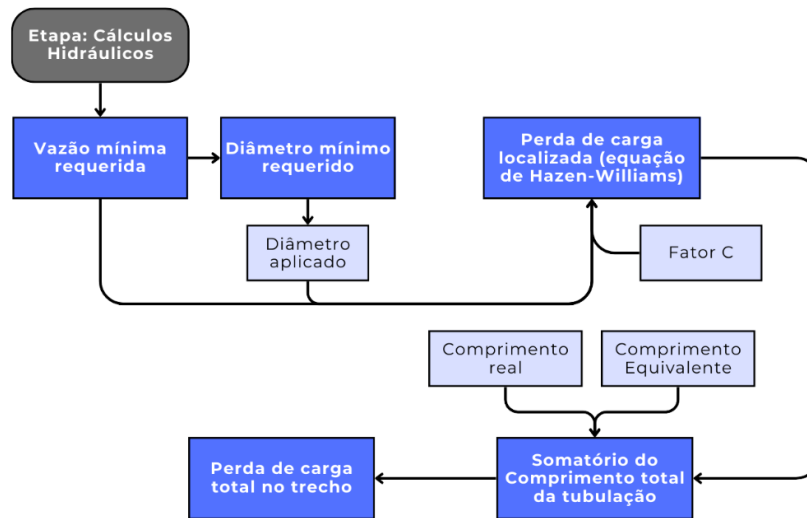
A definição dos diâmetros e comprimento das tubulações foi utilizada em uma estrutura de filtragem ilustrada pelo Apêndice C e D, enquanto o comprimento equivalente das conexões e acessórios hidráulicos segue uma estrutura similar, conforme observado no Apêndice E. Esse processo de filtragem dos trechos é fundamental, pois permite obter os dados precisos dos trechos em análise para o dimensionamento do sistema. Além disso, a parametrização automática dessas informações promove maior assertividade nos cálculos hidráulicos da rotina.

4.1.7 Realização dos cálculos hidráulicos

O cálculo hidráulico do sistema de chuveiros automáticos baseia-se essencialmente no somatório das perdas de cargas ao longo dos trechos existentes no traçado de tubulações. Para os trechos analisados, é necessário fornecer informações como vazão mínima, diâmetro, comprimento real e equivalente das tubulações, além do fator C de Hazen-Williams. A metodologia aplicada utiliza a Equação de Hazen-Williams para calcular as perdas de carga ao longo do sistema (Equação 4).

Com base nas informações captadas dos parâmetros mencionados anteriormente, a rotina de programação desenvolvida apresenta uma estrutura para os cálculos hidráulico necessários, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11: Fluxograma do cálculo hidráulico



Fonte: Autoria própria (2024).

Dessa forma, a vazão mínima requerida do sistema é determinada a partir do cálculo realizado com os dados de entrada, considerando a pressão mínima exigida para o chuveiro automático hidráulicamente mais desfavorável, explicitado conforme o Apêndice B. Para os demais trechos, a vazão requerida é calculada em função da pressão exercida que seja suficiente para superar as perdas de carga totais a jusante do trecho analisado.

Além disso, é necessário verificar o diâmetro mínimo a ser aplicado às tubulações do sistema, cuja determinação é calculada conforme Equação 3, utilizando como variável a vazão requerida mencionada no parágrafo anterior. Embora o diâmetro deva atender ao mínimo calculado, é possível adotar um diâmetro maior, aplicado diretamente na projeção do sistema no Revit.

Em relação ao Fator C de Hazen-Williams, no sistema de chuveiros automáticos, foi empregado diretamente no código da rotina o valor correspondente ao tubo galvanizado, amplamente utilizado nesse tipo de sistema, conforme especificado na Tabela 5.

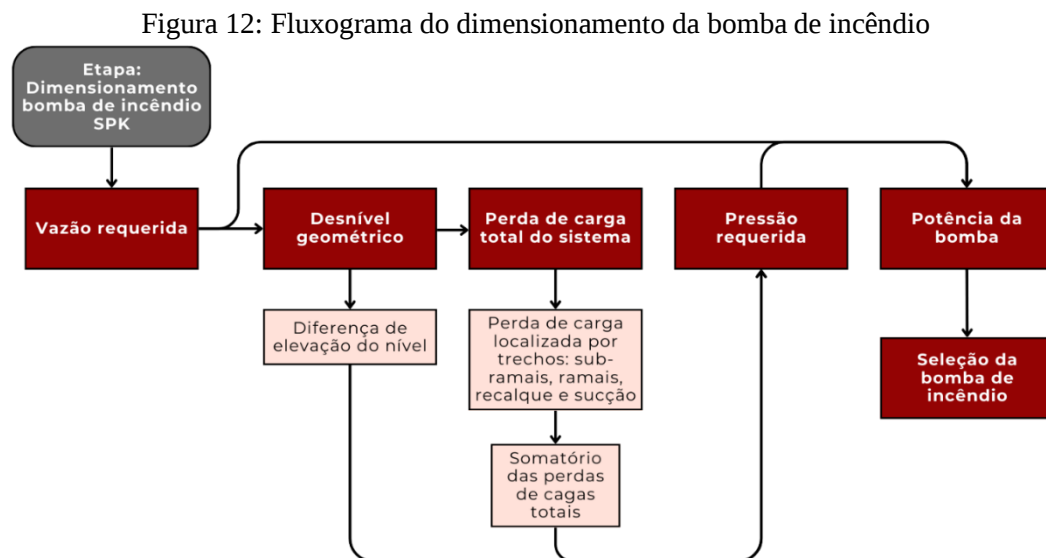
Por conseguinte, com esses parâmetros previamente calculados e inseridos na rotina, é possível realizar o cálculo de perda de carga localizada, essa estrutura de cálculo pode ser observada no Apêndice F. Em seguida, considerando o comprimento total, determina-se a perda de carga total no trecho em análise, esse parâmetro é determinado conforme algoritmo visual apresentado no Apêndice G.

Essa estrutura e procedimento é replicado de forma similar cada trecho do sistema, acumulando as vazões e pressões individuais calculadas a cada novo ponto de análise a

montante do sistema, até que esses parâmetros sejam totalizados para dimensionamento de estação elevatória e reservatório de incêndio.

4.1.8 Dimensionamento da bomba de incêndio

Com a conclusão dos cálculos hidráulicos dos trechos, é possível verificar o dimensionamento da bomba de incêndio, considerando a vazão total requerida para o sistema e uma pressão necessária para superar as perdas de carga totais do sistema. Além disso, deve-se verificar a influência do desnível geométrico entre o ponto de tomada d'água do reservatório e os chuveiros automáticos da área de operação hidráulicamente mais desfavorável. Essa estrutura está ilustrada na Figura 12.

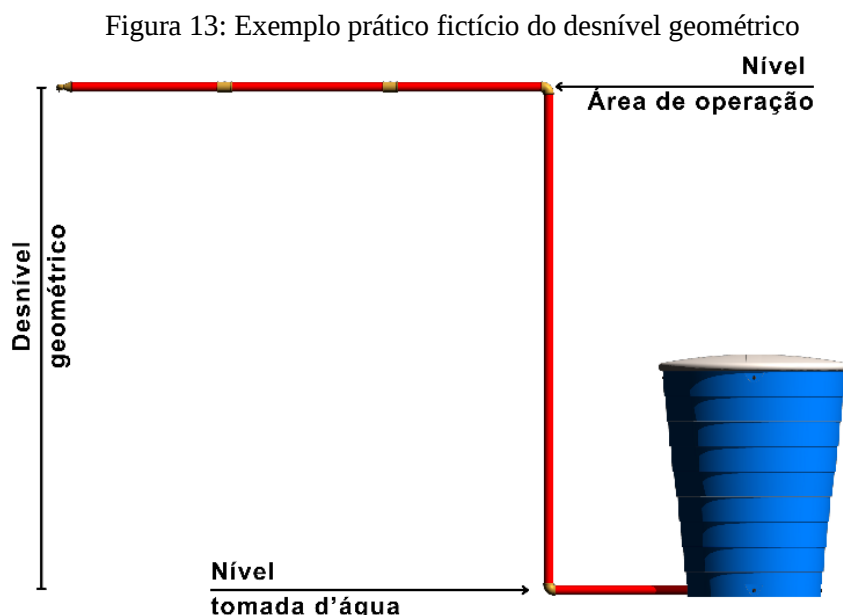


Fonte: Autoria própria (2024).

Para a verificação do desnível geométrico, utilizou-se a diferença de elevação entre o nível da área de operação e o nível de apoio do reservatório de incêndio para sistema de *sprinklers*. A estrutura do algoritmo utilizado para identificar essas informações está descrita no Apêndice H.

Assim, caso o ponto de tomada d'água esteja acima do nível da área de operação, esse desnível é favorável, reduzindo a perda de carga total do sistema devido ao seu valor numericamente positivo. Aplicado à Equação 6 essa situação de desnível contribui para a redução da perda de carga total e consequentemente, a pressão requerida na bomba de incêndio. Caso a situação de desnível seja o contrário, é desfavorável ao sistema, aumentando a perda de carga total e elevando a pressão requerida.

Essas condições mencionadas para verificação de desnível geométrico favorável ou desfavorável ao sistema de chuveiros automáticos podem ser verificadas conforme Figura 13, onde é apresentada uma condição desfavorável devido nível de tomada d'água encontrar-se abaixo no nível da área de operação.



Fonte: Autoria própria (2024).

Diante disso, com a perda de carga total do sistema, conforme apresentado anteriormente, e o desnível geométrico apresentado, aplica-se a Equação 6 para determinar a pressão total a ser fornecida pela bomba de incêndio. Essa pressão é necessária para superar a perda de carga total do sistema de chuveiros automáticos, atendendo às vazões e pressões requeridas para os chuveiros automáticos da área de operação analisada.

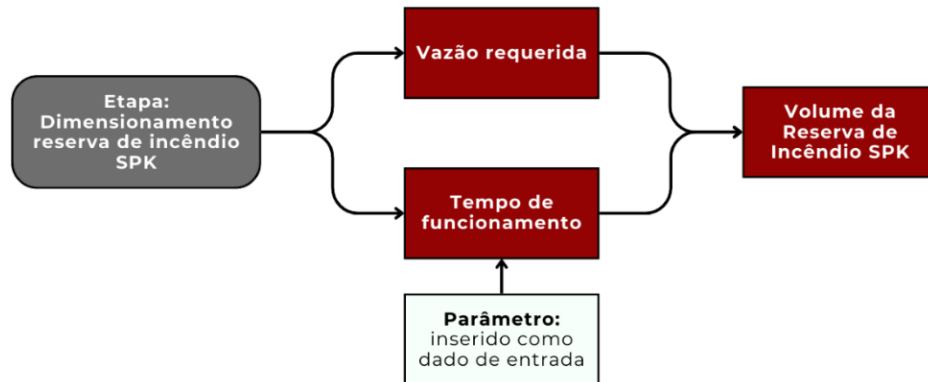
Assim, para o dimensionamento da bomba de incêndio, em termos de potência e suas especificações hidráulicas para sua seleção, a Equação 7 é utilizada pelo código, com base na vazão requerida, a pressão necessária, o rendimento da bomba e o tempo de funcionamento. Essa estrutura de cálculo pode ser observada no algoritmo apresentado no Apêndice I.

4.1.9 Dimensionamento da reserva de incêndio

Por fim, define-se o volume necessário de água a ser disponibilizado para garantir o funcionamento dos chuveiros automáticos conforme as prescrições da classificação do sistema

da edificação. O dimensionamento da reserva técnica de incêndio, conforme ilustrado na Figura 14, apresenta sua estrutura detalhada.

Figura 14: Fluxograma do dimensionamento da reserva de incêndio



Fonte: Autoria própria (2024).

Com a vazão requerida do sistema já conhecida pelos procedimentos de cálculos hidráulicos anteriores, além da utilização do filtro de informações aplicada na rotina, obtêm-se o dado do tempo de funcionamento inserido como parâmetro de entrada no projeto. Pela Equação 8 determina-se o volume mínimo necessário da reserva técnica para fornecimento de água durante o período de tempo estabelecido. A estrutura do algoritmo para determinação do volume da reserva de incêndio pode ser observada no Apêndice J.

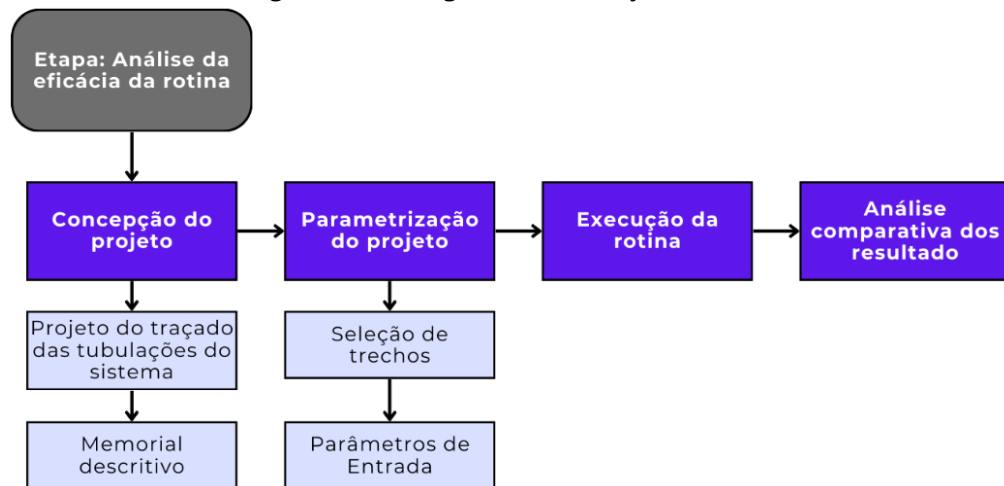
4.1.10 Apresentação dos resultados obtidos

Para além do Revit, o Dynamo permite ainda a interação com a ferramenta do *software* Microsoft Excel. Assim, os valores resultantes dos cálculos hidráulicos referentes ao dimensionamento são apresentados em formato de planilha eletrônica. Assim, conforme Apêndice M, demonstra a estrutura do algoritmo que recebe os resultados da rotina e transpõe para o Excel.

4.2 Análise da eficácia da rotina

Para execução da rotina, elaborou-se uma estrutura comparativa de resultados para verificar a eficácia dos resultados apresentados. Para isso, a Figura 15 demonstra os procedimentos adotados para a execução da rotina e a realização desse processo de análise.

Figura 15: Fluxograma da execução da rotina



Fonte: Autoria própria (2024).

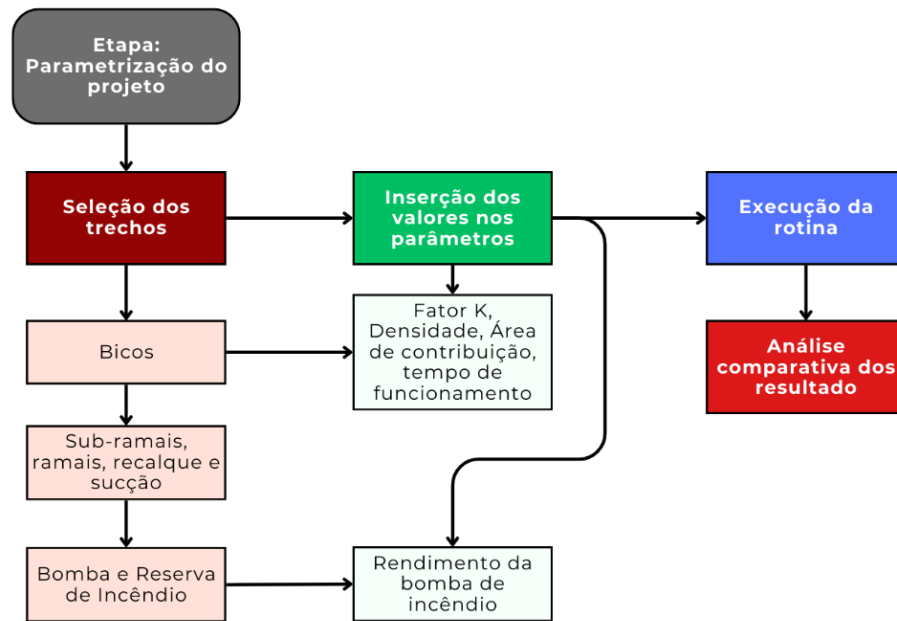
4.2.1 Concepção do projeto

Para fins de análise da eficácia da rotina, replicou-se o projeto em Revit, do sistema de chuveiros automáticos da edificação do Centro de Engenharias I da UFERSA – Campus Mossoró. Ao buscar conformidade dos resultados comparativos, os parâmetros hidráulicos e o traçado de tubulações foram dispostos de forma idêntica ao projeto original, como apresentado na Figura 22.

4.2.2 Parametrização do projeto

Com o projeto devidamente disposto no ambiente do Revit, iniciou-se a etapa de seleção dos trechos. Para isso, identificou-se os trechos de sucção, recalque, ramais, sub-ramais e chuveiros automáticos (bicos) que compõe o traçado de dimensionamento hidráulico do sistema. Posteriormente, realizou-se a identificação da bomba e o reservatório de incêndio. Essas identificações foram essenciais para inserir os dados de entrada pertinentes na rotina de cálculo. Essa estrutura explicitada pode ser observada conforme Figura 16.

Figura 16: Fluxograma da parametrização do projeto



Fonte: Autoria própria (2024).

4.2.3 Análise comparativa dos resultados

Para o projeto de segurança contra incêndio do Centro de Engenharias I – UFERSA, elaborado e aprovado pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Norte (CBMRN) em 2017, foram adotadas as prescrições dispostas na Portaria Nº 191/2013 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Norte.

Além disso, no contexto da época de elaboração do projeto, foi adotada, especificadamente para o sistema de chuveiros automáticos, a NBR 10897 (ABNT, 2014), de forma obrigatória pela Portaria Nº 191, em especial para a tabela 8 da referida normativa. O Quadro 7 explicita a classificação e os parâmetros utilizados para o sistema, em conformidade com a normativa mencionada.

Quadro 7: Classificação e parâmetros do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I

Classificação da edificação	
1. Ocupação:	Educacional (laboratórios)
2. Número de pavimentos:	04 pavimentos e 01 cobertura
3. Risco:	Leve
4. Grupo:	N/A
5. Sistema adotado:	“Tubo molhado”
6. Tempo mínimo de funcionamento:	15 minutos (0,25horas)

Classificação da edificação	
7. Reservatório:	Superior
Parâmetros do sistema	
1. Diâmetro do orifício do chuveiro:	12,7 mm (13 mm)
2. Fator K inicial:	25,3 L/min/m.c.a ^{1/2} (80 L/min/bar ^{1/2})
3. Desnível do reservatório:	3,30 m
4. Coeficiente de rugosidade (C):	150
5. N° de <i>Sprinklers</i> :	156
6. Densidade (D):	4,1 L/min/m ²
7. Área de aplicação por chuveiro automático (Acc):	12,00 m ²

Fonte: Adaptado do Memorial Descritivo do projeto original aprovado (2017).

Com base nos dados disponíveis e na seleção de trechos conforme o projeto original, foi possível executar a rotina para verificar os resultados obtidos, permitindo maior assertividade na análise comparativa do dimensionamento final da rotina.

Com o objetivo de avaliar a efetividade da rotina de programação, realizou-se o dimensionamento do projeto aplicado no software EPANET, para efeito comparativo aos resultados apresentados pela rotina desenvolvida. Essa ferramenta não realiza o dimensionamento do sistema diretamente, mas permite a verificação dos parâmetros por meio da aplicação dos valores de vazões calculados previamente pelas Equações 1 e 2, bem como de uma curva de performance de uma bomba pré-definida. Com isso, utilizou-se os valores de altura manométrica e vazão resultantes da rotina para analisar se, ao longo do fluxo de escoamento mais desfavorável hidráulicamente do sistema de chuveiros automáticos, resultam em valores coerentes ao da rotina desenvolvida. No EPANET, essa verificação foi realizada com base na perda de carga calculada pelo método de Hazen-Williams, semelhante ao da rotina.

Essa ferramenta permitiu a realização de testagem dos parâmetros hidráulicos aplicados aos trechos e nos nós implementados dentro da área de operação. Para isso, utilizou-se levantamento da projeção do traçado de análise do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I, adaptando os nós como chuveiros da área de operação, os pontos de ramais, a entrada e a saída da bomba de incêndio, como pontos fundamentais para as análises. Além disso, as conexões foram inseridas através dos coeficientes de perda de carga singular, no sentido de se obterem os valores totais das perdas em todos os trechos e de ajuste com as condições de projeto.

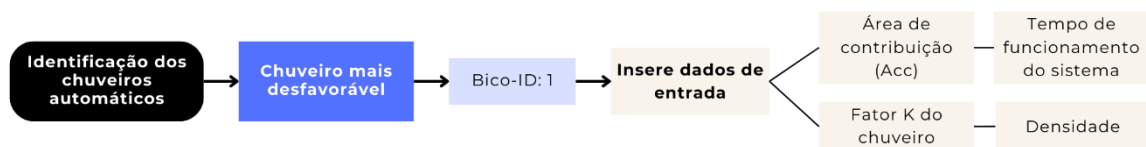
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parametrização do projeto

Com a ferramenta de rotina de dimensionamento concluída, realizou-se a parametrização no Revit do projeto do Centro de Engenharias I, conforme apresentado no Anexo A, utilizando os dados disponibilizados no memorial de cálculo aprovado pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Norte (CBMRN) e executado na edificação.

Para isso, o fluxograma ilustrado na Figura 17, demonstra o passo inicial para identificação dos trechos do sistema. Dessa forma, primeiramente identificando o chuveiro automático hidráulicamente mais desfavorável e aplicando os parâmetros de entrada do sistema.

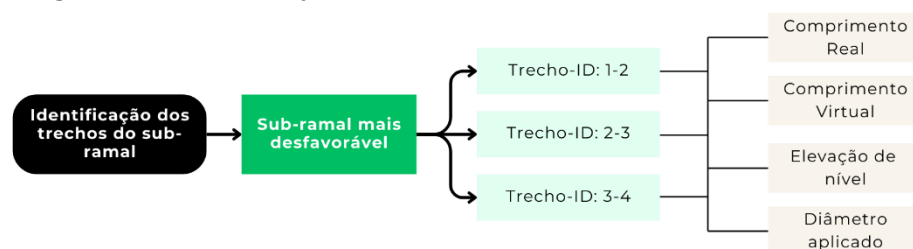
Figura 17: Parametrização do chuveiro automático hidráulicamente mais desfavorável



Fonte: Autoria própria (2025).

Com a parametrização do chuveiro hidráulicamente mais desfavorável, encontra-se os valores mínimos de pressão e vazão requerida, permitindo o avanço para análise dos trechos entre os chuveiros. Para isso, a parametrização do trecho de sub-ramal hidráulicamente mais desfavorável é realizada através da identificação dos trechos de acordo com a numeração entre os chuveiros automáticos, conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18: Parametrização do sub-ramal hidráulicamente mais desfavorável

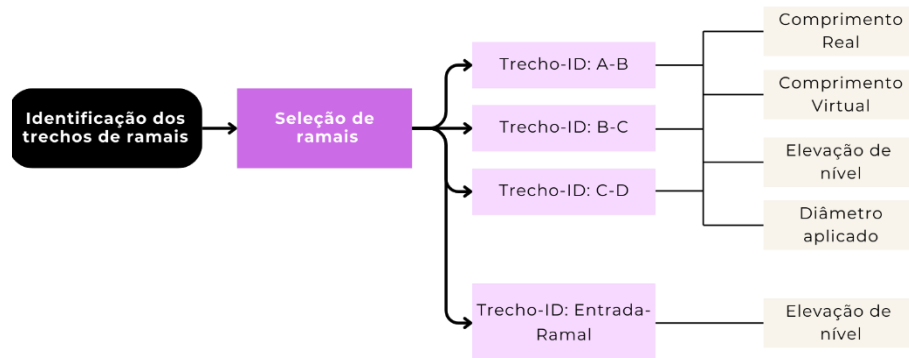


Fonte: Autoria própria (2025).

Por conseguinte, têm-se a parametrização dos trechos compreendidos entre os sub-ramais presentes na área de operação analisada, denominado ramais, identificando-os aqueles compreendidos entre os sub-ramais da área de operação. Além dos trechos de ramais, é

necessário identificar o ponto em que se encontra a entrada do fluxo de água no ramal, e consequentemente, na área de operação, para verificações de elevação de nível fornecidos pelo próprio Revit em seus parâmetros usuais. Com isso, determinou-se esse procedimento realizado conforme apresentado no fluxograma da Figura 19.

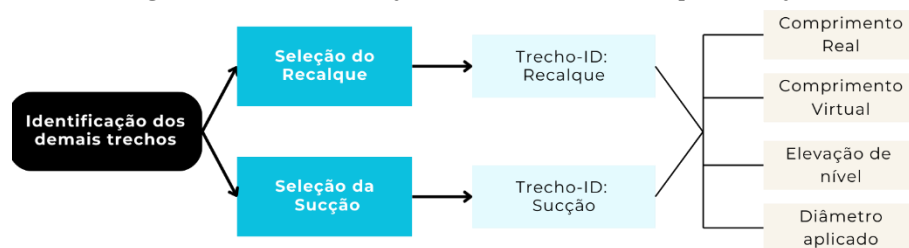
Figura 19: Parametrização dos trechos de ramais e entrada do ramal



Fonte: Autoria própria (2025).

Para além, após parametrização dos trechos da área de operação, identifica-se os trechos de recalque e sucção do sistema, nos quais o próprio Revit fornecerá as informações necessárias para os trechos identificados. A Figura 20 demonstra a execução desse procedimento através do fluxograma apresentado.

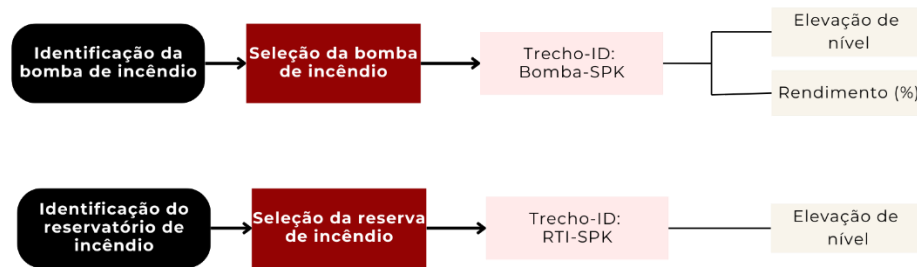
Figura 20: Parametrização dos trechos de recalque e sucção



Fonte: Autoria própria (2025).

Por fim, têm-se a parametrização dos elementos da bomba de incêndio, utilizada como estação elevatória, identificando com sua respectiva nomeação, denominado 'Bomba-SPK', além de inserir o rendimento da bomba como parâmetro, para os devidos fins de cálculo. De maneira complementar, têm-se o reservatório de incêndio que será utilizado como fonte de abastecimento de água do sistema, também identificando-o como 'RTI-SPK'. Com a identificação desses elementos, têm-se as informações de elevação de nível fornecidas pelo próprio Revit. Esse processo está identificado no fluxograma apresentado na Figura 21.

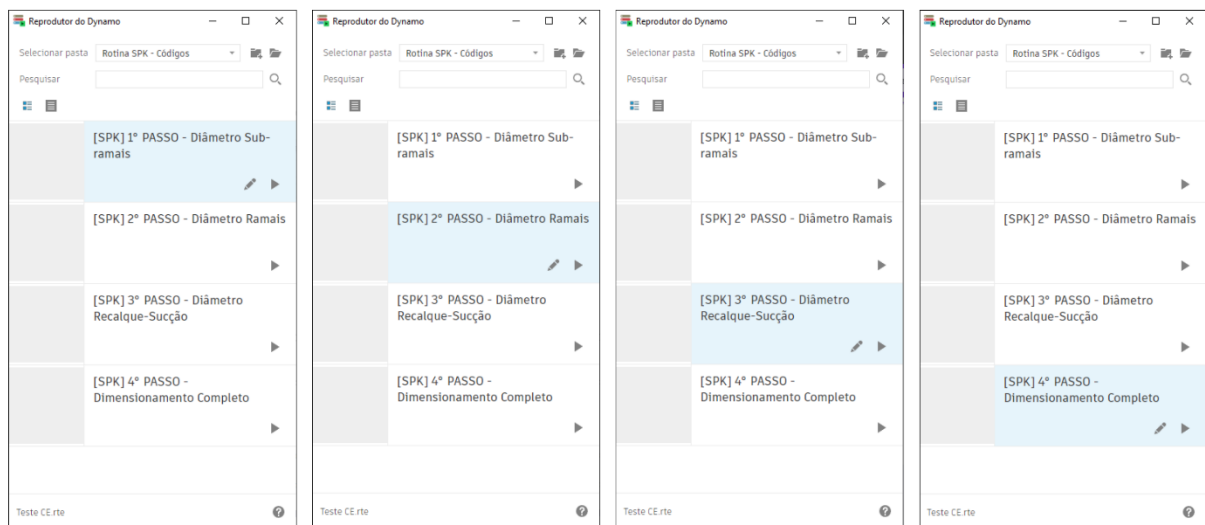
Figura 21: Parametrização da bomba de incêndio e reservatório



Fonte: Autoria própria (2025).

Com a conclusão dos procedimentos explicitados, é possível realizar a execução da rotina. Em função da necessidade de dimensionamento dos diâmetros mínimos aplicados aos trechos do sistema, a execução da rotina é subdividida em 3 (três) passos de verificações: diâmetro mínimo sub-ramais, ramais, recalque e sucção. Nesse sentido, executa-se o passo 4 (quatro) da rotina, referente ao dimensionamento final após verificação dos diâmetros aplicados. Esse procedimento de execução é demonstrado conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22: Execução da rotina de dimensionamento



Fonte: Autoria própria (2025).

Em diante, a Figura 23 demonstra a planta baixa do projeto original aprovado do Centro de Engenharias I, especificadamente no pavimento de cálculo do sistema. E a Figura 24 ilustra essa implementação inserido no Revit, para possibilitar a execução dos procedimentos descritos anteriormente para dimensionamento.

Figura 23: Planta Baixa do projeto aprovado do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I

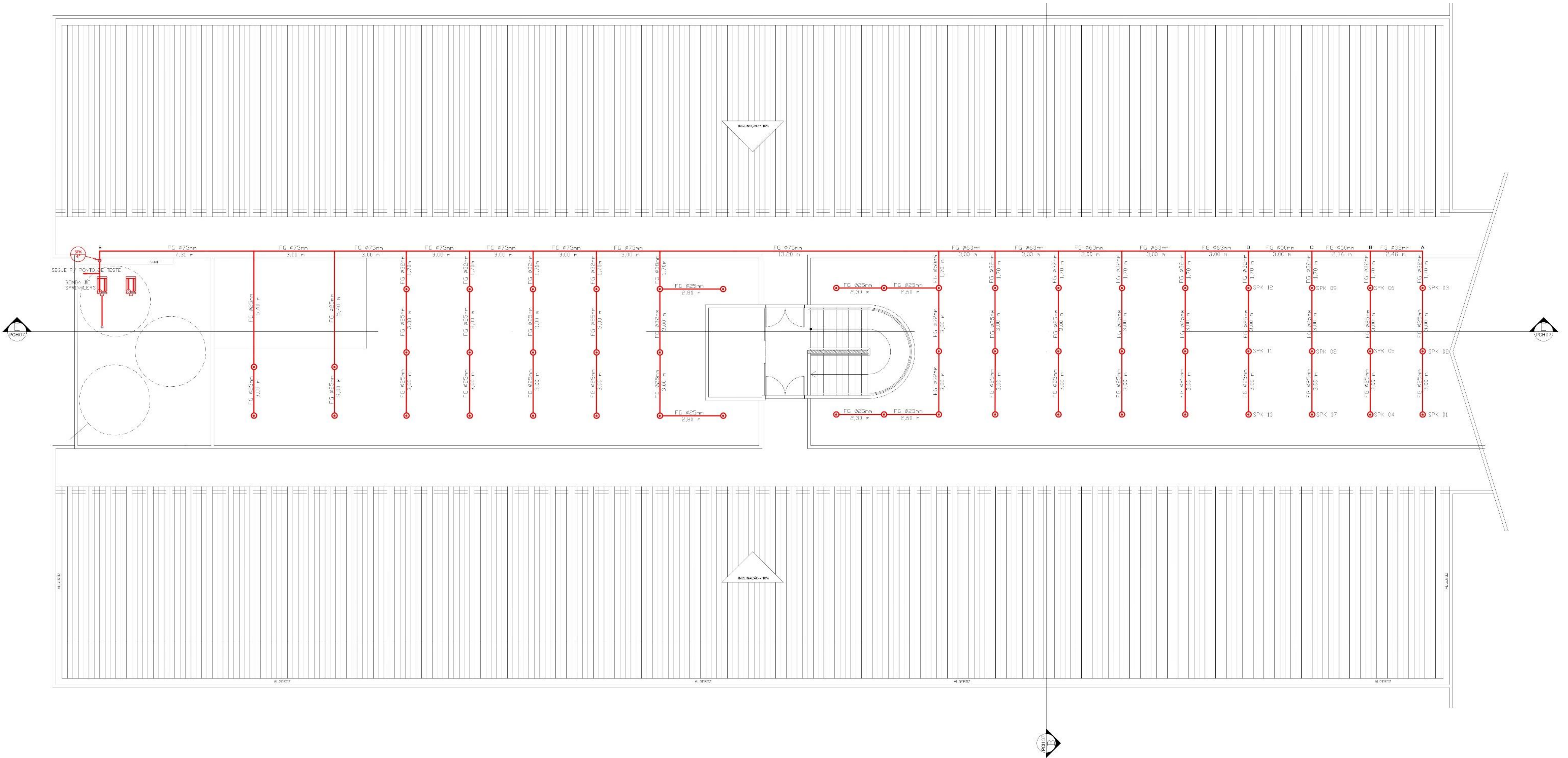
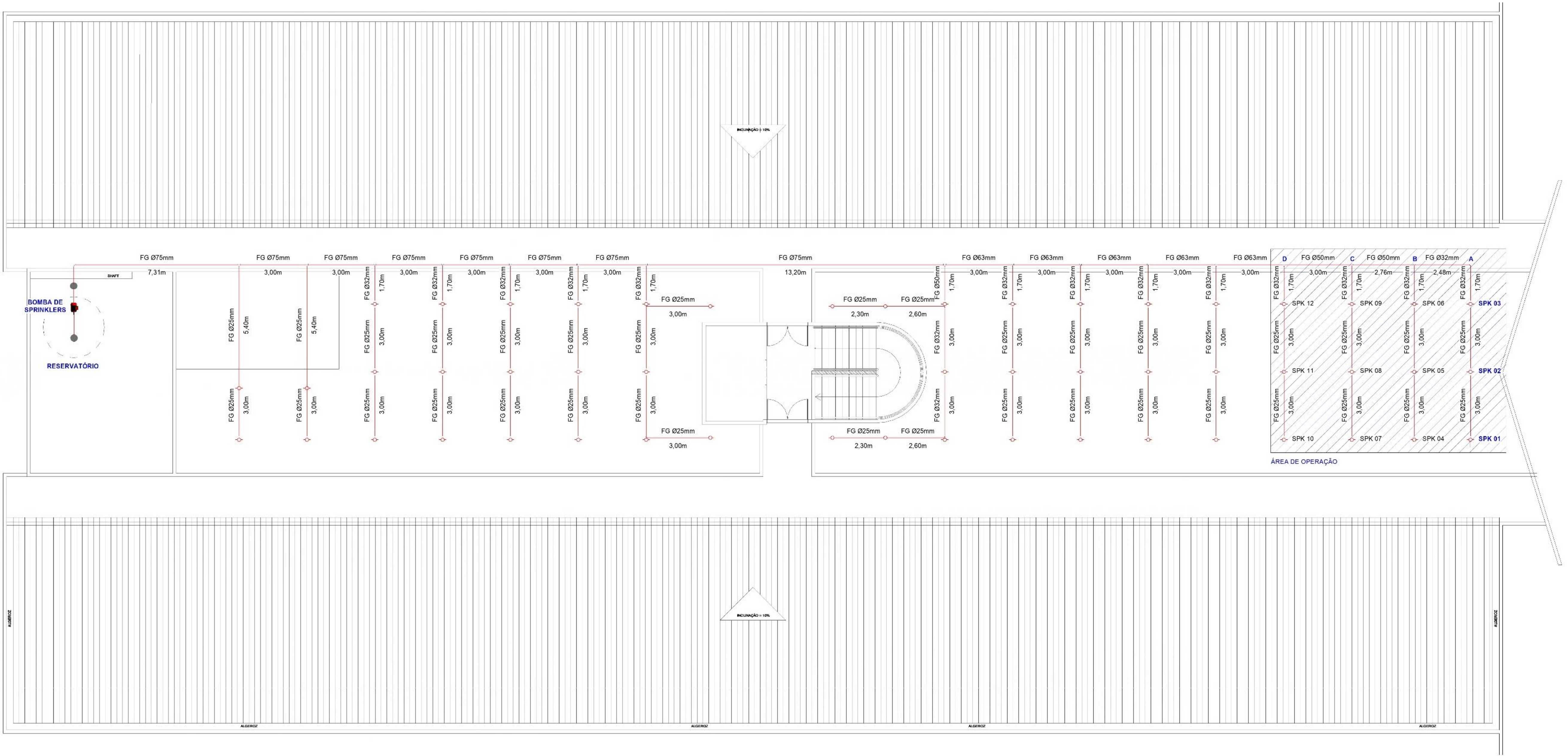


Figura 24: Planta Baixa do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I aplicado no Revit.



Fonte: Autoria própria (2025).

5.2 Resultados encontrados na compilação da rotina

5.2.1 Verificação dos diâmetros aplicados

Como procedimento inicial após a parametrização do projeto, verificou-se os diâmetros dos sub-ramais aplicados em projeto. Essa é uma forma de aferir a conformidade do diâmetro aplicado em função do diâmetro mínimo necessário para a vazão requerida no respectivo trecho. Diante disso, a Figura 25 demonstra em tabela gerada pela rotina, os resultados encontrados pela rotina na análise dos diâmetros.

Figura 25: Resultados da rotina para verificação do diâmetro mínimo dos trechos de sub-ramal

VERIFICAÇÃO DO(S) DIÂMETRO DO(S) SUB-RAMAL(S)										
Trecho:	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	7_8	8_9	9_10	10_11
Diâmetro mínimo (mm):	11,89	17,11	21,94	26,26						
Diâmetro aplicado (mm):	25	25	32							
<i>Desconsiderar dados de trechos acima do real aplicado</i>										

Fonte: Autoria própria (2025).

Conforme observado na Figura 25, demonstra-se que os diâmetros dos trechos aplicados nos sub-ramais, trechos que conectam os chuveiros automáticos, da área de operação analisada estão em conformidade ao mínimo calculado.

Ressalta-se que os diâmetros aplicados nos trechos das tubulações (sub-ramais) forma provenientes do memorial de projeto original disponibilizado. Outrossim, na eventualidade de uso da rotina em um projeto novo, a inserção dos diâmetros deve ser de bitola mínima de 25 mm, conforme preconiza a NBR 10897 (ABNT, 2020). Isso ocorre durante a fase de levantamento do projeto, ou seja, na parametrização dos dados já mencionados anteriormente.

Por conseguinte, verificou-se os diâmetros dos ramais, trecho que conectam os sub-ramais, da área de operação. A Figura 26 apresenta os resultados em tabela gerados pela rotina para análise dos diâmetros aplicados.

Figura 26: Resultados da rotina para verificação dos diâmetros mínimos dos trechos de ramais

VERIFICAÇÃO DO(S) DIÂMETRO DO(S) RAMAL(S)										
Trecho:	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	I-J	J-L
Diâmetro mínimo (mm):	21,94	31,45	39,09	46,17						
Diâmetro aplicado (mm):	32	50	50							
<i>Desconsiderar dados de trechos acima do real aplicado</i>										

Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados apresentados para os diâmetros aplicados aos ramais da área de operação analisada do sistema, na Figura 26, certificam que os diâmetros dimensionados em projeto estão em conformidade ao mínimo necessário para cada trecho verificado.

Por fim, para a etapa de verificação dos diâmetros mínimos, é realizado para os trechos finais do sistema, recalque e sucção. A Figura 27 apresenta os resultados gerados pela rotina para verificação da conformidade dos diâmetros aplicados aos trechos referidos.

Figura 27: Resultados da rotina para verificação dos diâmetros mínimos dos trechos de recalque e sucção

VERIFICAÇÃO DO(S) DIÂMETRO DO RECALQUE E SUÇÃO		
Trecho:	Recalque	Sucção
Diâmetro mínimo (mm):	46,17	Diâmetro c/ bitola superior ao recalque
Diâmetro aplicado (mm):	80	100

Fonte: Autoria própria (2025).

Portanto, após a última verificação dos diâmetros mínimos para os trechos em análise do sistema, na Figura 27, e garantida a conformidade apresentado dos trechos anteriores, certificou-se que as bitolas das tubulações do sistema analisado estão de acordo com os mínimos estipulados conforme calculado no dimensionamento hidráulico da rotina. A rotina possibilita também a realização da análise das velocidades de escoamento dos trechos. Esses resultados são gerados conforme apresentação ilustrada na Figura 28.

Figura 28: Resultados da rotina para verificação da velocidade de escoamento dos trechos

1. TRECHOS DOS SUB-RAMAI										
Trecho:	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	7_8	8_9	9_10	10_11
Velocidade (m/s)	1,47	3,05	2,85							
2. TRECHOS DOS RAMAIS										
Trecho:	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	I-J	J-L
Velocidade (m/s)	2,85	2,68	4,13							
3. TRECHOS DE RECALQUE E SUÇÃO										
Trecho:	Recalque	Sucção								
Velocidade (m/s)	2,45	1,45								

Fonte: Autoria própria (2025).

Para as velocidades de escoamento, recomenda-se que a velocidade máxima da água na tubulação não seja superior a 5 m/s, e para o trecho de sucção, o limite deverá ser de 2,00 m/s para sucção negativa e 3,00 m/s para sucção positiva. Assim, como pode-se verificar pela Figura 28, a velocidade de escoamento do sistema está em conformidade com as recomendações.

5.2.2 Dimensionamento completo do sistema

Após etapa de verificação dos diâmetros e análise das velocidades de escoamento dos trechos, realizou-se o dimensionamento completo do sistema. Nessa etapa, a rotina apresentou os resultados dos parâmetros hidráulicos necessários ao sistema, conforme explicitado na Figura 29.

Figura 29: Resultados da rotina para o dimensionamento completo do sistema

1. PARÂMETROS DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS										
Chuveiro:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vazão requerida (LPM):	49,20	52,62	65,60	72,41						
Pressão requerida (mca):	3,86	4,41	6,86	8,35						
Obs.: Desconsiderar os dados do chuveiro acima do número real do sub-ramal desfavorável										
2. PARÂMETROS DOS RAMAIS DA ÁREA DE OPERAÇÃO										
Ponto:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Vazão requerida (LPM):	167,42	344,17	531,53	741,49						
Pressão requerida (mca):	8,35	9,31	10,46	13,14						
3. PARÂMETROS DO DEMAIS TRECHOS										
Trecho:	Entrada da Área Desfavorável	Saída da Bomba (Recalque)	Entrada da Bomba (Sucção)							
Vazão requerida (LPM):	741,49	741,49	741,49							
Pressão requerida (mca):	13,14	24,05	-3,42							
4. BOMBA DE INCÊNDIO SPK										
Potência (cv)	Vazão requerida (LPM):	Pressão requerida (mca):								
5,55	741,49	20,63								
5. RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO SPK										
Volume (L):	Volume (m³):									
11122,41	11,12									

Fonte: Autoria própria (2025).

A partir desses relatórios, pode-se observar que a rotina apresenta os resultados essenciais do dimensionamento do sistema, incluindo as vazões e pressões necessários nos chuveiros, pontos dos ramais e sub-ramais da área de operação analisada. Além disso, apresenta-se os parâmetros para os demais trechos de recalque e sucção, bem como os parâmetros necessários requeridos para especificação da bomba de incêndio e o volume total de reservação de água da fonte de abastecimento do sistema de combate a incêndio por chuveiros automáticos.

5.2.3 Análise comparativa dos resultados

Os resultados apresentados pela rotina, quando confrontados ao memorial de cálculo do sistema de chuveiros automáticos presente no memorial descritivo do projeto de incêndio aprovado do Centro de Engenharias I, demonstraram diferenças nos valores obtidos. Diante

disso, verificou-se o memorial de cálculo, no qual, foram encontradas divergências nos cálculos apresentados.

Diante disso, necessitou-se de uma nova fonte de cálculo para efeito de comparação entre os resultados apresentados. Assim, realizou-se o procedimento de análise através do *software* EPANET. Para isso, foi importado o detalhamento de projeto, aplicando os trechos de tubulações de maneira idêntica, inserindo os mesmos comprimentos, diâmetros e rugosidade, além de demais elementos pertinentes como conexões, acessórios e bomba.

A metodologia utilizada para aplicação no EPANET foi semelhante a estrutura de cálculo desenvolvido para a rotina. A ferramenta mencionada não realiza o dimensionamento do sistema, com isso as vazões requeridas pelos chuveiros foram calculadas em separado, pois a ferramenta não dispõe de biblioteca para cálculos desse fim. Assim, a vazão foi inserida no *software* manualmente como pontos de consumo dos chuveiros (representado por nós no EPANET), utilizando o bico hidráulicamente mais desfavorável como ponto inicial de dimensionamento no sistema, e conseqüentemente, com as informações implementadas do trecho, a ferramenta realizou os cálculos hidráulicos para os trechos subsequentes.

Com isso, a Figura 30 ilustra a implementação do sistema aplicado no referido *software* apresentando a tabela com os parâmetros hidráulicos resultantes, possibilitando a comparação entre as ferramentas.

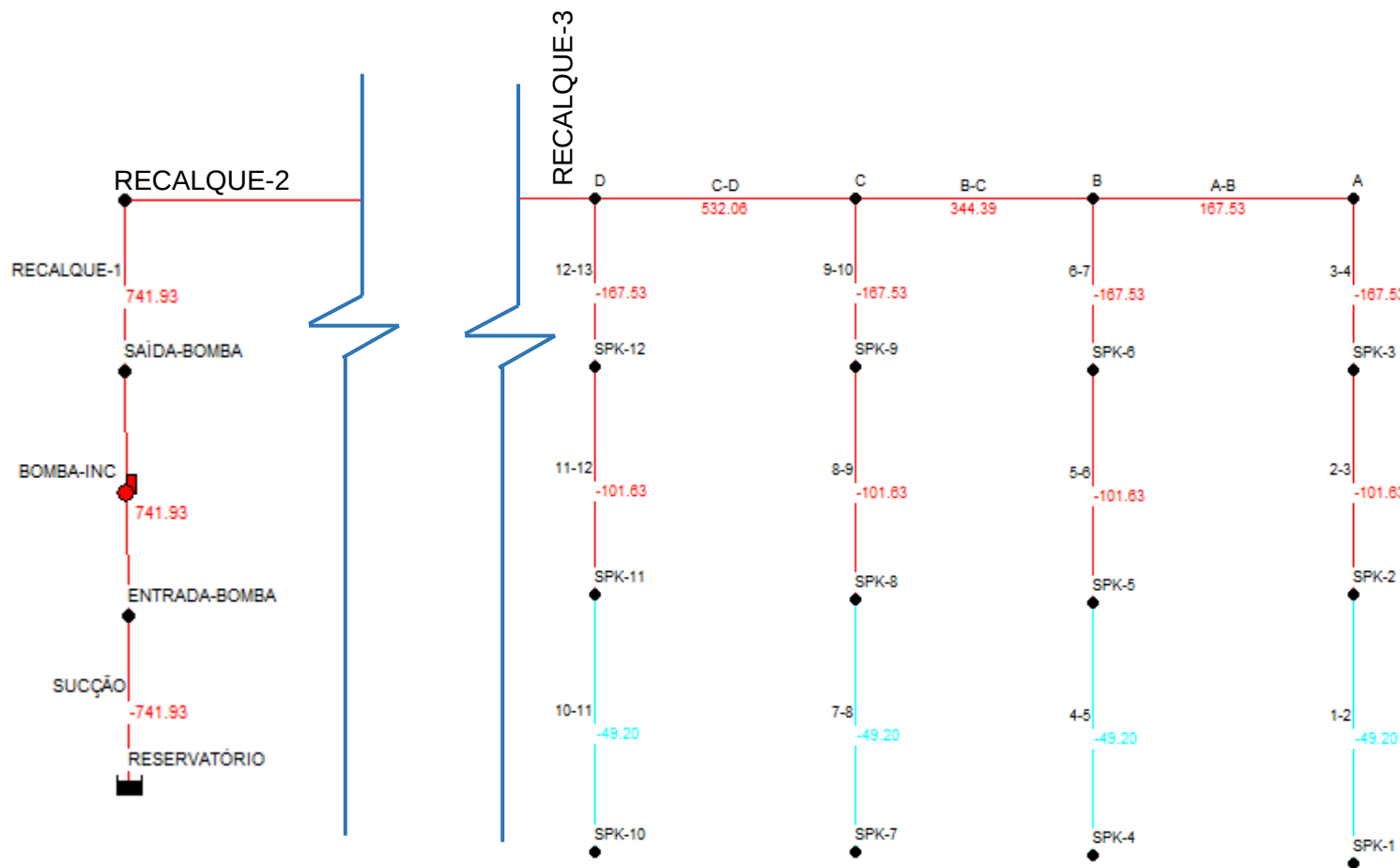


Tabela: Apresentação no EPANET dos dados dos trechos

Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (Hazen-Williams)
1-2	3,00	25	120
2-3	3,00	25	120
3-4	1,70	32	120
A-B	2,48	32	120
4-5	3,00	25	120
5-6	3,00	25	120
6-7	1,70	32	120
B-C	2,76	50	120
7-8	3,00	25	120
8-9	3,00	25	120
9-10	1,70	32	120
C-D	3,00	50	120
10-11	3,00	25	120
11-12	3,00	25	120
12-13	1,70	32	120
RECALQUE-1	1,95	75	120
RECALQUE-3	14,70	63	120
RECALQUE-2	39,70	75	120
SUCÇÃO	4,00	100	120

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela: Resultados no EPANET para análise dos parâmetros hidráulicos dos nós

Ponto Analisado	Vazão (LPM)	Pressão (m.c.a)
SPK-1	49,20	3,70
SPK-2	52,62	4,38
SPK-3	65,60	6,87
PONTO A	167,42	8,15
SPK-4	49,20	5,57
SPK-5	52,62	6,26
SPK-6	65,60	8,75
PONTO B	344,17	10,02
SPK-7	49,20	6,47
SPK-8	52,62	7,15
SPK-9	65,60	9,65
PONTO C	531,73	10,92
SPK-10	49,20	8,40
SPK-11	52,62	9,08
SPK-12	65,60	11,82
PONTO D	741,49	13,10
SAÍDA-BOMBA	741,49	24,05
ENTRADA-BOMBA	741,49	-3,19
TOTAL REQUERIDO	741,49	20,86

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela: Resultados no EPANET da análise das velocidades de escoamento dos trechos

Trecho Analisado	Velocidade (m/s)
1-2	1,67
2-3	3,46
3-4	3,47
A-B	3,47
4-5	1,67
5-6	3,46
6-7	3,47
B-C	2,92
7-8	1,67
8-9	3,46
9-10	3,47
10-11	1,67
11-12	3,46
12-13	3,47
C-D	4,51
RECALQUE	2,80
SUCÇÃO	1,57

Fonte: Autoria própria (2025).

a) *Análise comparativa das vazões*

A Tabela 6 apresenta os resultados comparativos de vazão aplicados aos pontos de análise do sistema de chuveiros automáticos, demonstrando os resultados obtidos pelo memorial de cálculo aprovado, da rotina desenvolvida e do EPANET.

Tabela 6: Resultados dos métodos de dimensionamento para análise da vazão do sistema

Ponto de análise	Vazão (LPM)		
	Memorial	Rotina	EPANET
SPK-1	49,20	49,20	49,20
SPK-2	51,60	52,62	52,62
SPK-3	59,65	65,60	65,60
<i>Ponto A</i>	<i>160,45</i>	<i>167,42</i>	<i>167,42</i>
SPK-4	49,20	49,20	49,20
SPK-5	51,60	52,62	52,62
SPK-6	59,65	65,60	65,60
<i>Ponto B</i>	<i>160,45</i>	<i>344,17</i>	<i>344,17</i>
SPK-7	49,20	49,20	49,20
SPK-8	51,60	52,62	52,62
SPK-9	59,65	65,60	65,60
<i>Ponto C</i>	<i>160,45</i>	<i>531,53</i>	<i>531,53</i>
SPK-10	49,20	49,20	49,20
SPK-11	51,60	52,62	52,62
SPK-12	59,65	65,60	65,60
<i>Ponto D</i>	<i>160,45</i>	<i>741,49</i>	<i>741,49</i>
Saída-Bomba	481,35	741,49	741,49
Entrada-Bomba	481,35	741,49	741,49
Total Requerido	481,35	741,49	741,49

Fonte: Autoria própria (2025).

Conforme apresentadas pela Tabela 6, observa-se que as vazões para os chuveiros automáticos apresentado pelo memorial de cálculo aprovado, possui divergência em relação aos valores apresentados pela rotina e aplicados no EPANET como consumo. Isso ocorre, principalmente, em termos de vazão total requerida pelos pontos de *sprinklers* e os respectivos pontos dos ramais, que alimentam esses.

Diante disso, observou-se que o memorial de cálculo aprovado possui questões passíveis de ajustes nas operações matemáticas na realização dos cálculos de vazão, sobretudo,

em relação aos pontos A, B, C, D e, conseqüentemente, o total requerido. Isso acarretará erros sucessivos nos cálculos de demais parâmetros, devido ao uso da vazão como variável.

b) Análise comparativa das pressões

Em continuação com a análise comparativa dos métodos de cálculo, a Tabela 7 apresenta a mesma estrutura de resultados, demonstrando os valores resultantes para as pressões necessárias aos pontos analisados do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I.

Tabela 7: Resultados dos métodos de dimensionamento para análise da pressão do sistema

Ponto de análise	Pressão (m.c.a)		
	Memorial	Rotina	EPANET
SPK-1	3,79	3,86	3,68
SPK-2	4,16	4,41	4,36
SPK-3	5,53	6,86	6,84
<i>Ponto A</i>	<i>4,54</i>	<i>8,35</i>	<i>8,12</i>
SPK-4	3,79	3,86	5,56
SPK-5	4,16	4,41	6,24
SPK-6	5,53	6,86	8,72
<i>Ponto B</i>	<i>5,23</i>	<i>9,31</i>	<i>10,00</i>
SPK-7	3,79	3,86	6,46
SPK-8	4,16	4,41	7,14
SPK-9	5,53	6,86	9,62
<i>Ponto C</i>	<i>5,23</i>	<i>10,46</i>	<i>10,90</i>
SPK-10	3,79	3,86	8,39
SPK-11	4,16	4,41	9,07
SPK-12	5,53	6,86	11,80
<i>Ponto D</i>	<i>4,79</i>	<i>13,14</i>	<i>13,08</i>
Saída-Bomba	7,36	24,05	24,04
Entrada-Bomba	3,5	3,42	3,19
Total Requerido	3,86	20,63	20,86

Fonte: Autoria própria (2025).

Em relação aos resultados comparativos da Tabela 7, entre a ferramenta da rotina e o EPANET, observa-se que as pressões nos chuveiros dos pontos SPK-4, SPK-5, SPK-6, SPK-7, SPK-8, SPK-9, SPK-10, SPK-11 e SPK-12 apresentaram maiores diferenças. Esse fator se

explica em razão do EPANET apresentar os resultados em uma situação dinâmica do fluxo de escoamento em toda área de operação. Já a rotina possui em sua metodologia de cálculo uma consideração de situação do fluxo de escoamento hidraulicamente mais desfavorável do sistema, onde fluxo considerado é: Sucção → Bomba de Incêndio → Recalque → Ponto D → Ponto C → Ponto B → Ponto A → SPK-3 → SPK-2 → SPK-1.

Com isso, para esses pontos do fluxo hidraulicamente mais desfavorável do sistema, observa-se que os resultados entre rotina e EPANET são consideravelmente aproximados. Isso permite observar que para ambas as ferramentas de dimensionamento, a verificação de pressão e vazão requerida que atenda a situação hidraulicamente mais desfavorável do sistema estão em conformidade entre si. Isso demonstra que a rotina apresenta confiabilidade e efetividade no dimensionamento do sistema.

Ainda, os resultados apresentados pelo memorial de cálculo mostram valores diferentes em comparação com as outras duas ferramentas, o que se justifica devido a utilização equivocada das vazões, conforme demonstrado na Tabela 6, acarretando em alterações sucessivas nos cálculos da perda de carga. Além disso, observou-se que, em alguns pontos de análise, o memorial de cálculo adotou diâmetros incorretos, além de apresentar erros em operações matemáticas, o que maximiza as inconsistências nos cálculos da perda de carga, onde consequentemente, as pressões requeridas não estarão em conformidade.

c) Análise comparativa das velocidades de escoamento

Por fim, para análise comparativa dos parâmetros hidráulicos apresentados pelo memorial, rotina e EPANET, a Tabela 8 apresenta os resultados da análise das velocidades de escoamento dos trechos de tubulações do sistema.

Tabela 8: Resultados dos métodos de dimensionamento para análise das velocidades de escoamento

Trecho de análise	Velocidade (m/s)		
	Memorial	Rotina	EPANET
1-2	1,54	1,47	1,67
2-3	3,16	3,05	3,46
3-4	-	2,85	3,47
A-B	-	2,85	3,47
4-5	1,54	1,47	1,67
5-6	3,16	3,05	3,46

Trecho de análise	Velocidade (m/s)		
	Memorial	Rotina	EPANET
5-6	3,16	3,05	3,46
6-7	-	2,85	3,47
B-C	-	2,68	2,92
7-8	1,54	1,47	1,67
8-9	3,16	3,05	3,46
9-10	-	2,85	3,47
10-11	-	1,47	1,67
11-12	-	3,05	3,46
12-13	-	2,85	3,47
C-D	-	4,13	4,51
RECALQUE	-	2,45	2,80
SUCÇÃO	-	1,45	1,57

Fonte: Autoria própria (2025).

Ao analisar os resultados apresentados pela Tabela 9 verifica-se que, no memorial de cálculo do projeto aprovado do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I, não foram realizadas as verificações para todos os trechos de tubulações.

Já para os resultados da rotina, em comparação ao EPANET, verifica-se em alguns trechos com valores aproximados, e em outros valores mais distantes. Esse fator pode ser explicado em detrimento da adoção do diâmetro adotado por cada ferramenta para o cálculo. Enquanto o EPANET utilizou diâmetros nominais, a rotina foi desenvolvida considerando o diâmetro interno real aplicado as tubulações.

d) Análise dos parâmetros hidráulicos totais do sistema

Diante da verificação da não conformidade dos parâmetros hidráulicos apresentados pelo memorial de cálculo do projeto de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I nas análises realizadas, além de assegurar a viabilidade da rotina de programação desenvolvida, em virtude da proximidade dos resultados em comparação ao EPANET, a Tabela 9 apresenta o comparativo aos parâmetros hidráulicos totais requeridos pela rotina, com aqueles adotados pelo sistema para o memorial de cálculo.

Tabela 9: Resultados dos métodos de dimensionamento dos parâmetros totais

Parâmetros totais do sistema	Memorial		Rotina
	Requerido	Adotado (Bomba de incêndio)	
Vazão requerida (LPM):	481,35	546,66	741,49
Altura manométrica (m.c.a):	3,86	14,00	20,63
Potência da bomba de incêndio (cv):	-	3,00	5,55
Volume do reservatório de incêndio (Litros):	8.200,00	-	11.122,41

Fonte: Autoria própria (2025).

Como observado, os parâmetros requeridos pelo cálculo do memorial são consideravelmente inferiores aos valores resultantes da rotina desenvolvida. Em continuidade, mesmo com os parâmetros resultantes das especificações da seleção de bomba de incêndio adotada, não são suficientes para atender aos requisitos mínimos exigidos conforme calculado pela rotina.

A bomba de incêndio deveria possuir potência superior ao adotado, para atender aos requisitos mínimos exigidos pelos resultados apresentados pela rotina. Além disso, o reservatório de incêndio necessitaria de um volume de água maior para atender ao tempo mínimo de funcionamento determinado para a classificação do sistema. Isso demonstra que, em caso de ocorrência de incêndio na área de operação dimensionada, a efetividade de atuação do sistema de chuveiros automáticos do Centro de Engenharias I não será atendida conforme os parâmetros hidráulicos esperados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A rotina desenvolvida permitiu a elaboração de um processo otimizado para dimensionamento de sistema de chuveiro automático com validação das prescrições normativas preconizadas pela NBR 10.897 (ABNT. 2020).

Os resultados apresentados pela rotina, para o projeto utilizado como exemplo, embora inicialmente tenham apresentado divergências, se mostrou importante para verificação da conformidade da elaboração do memorial de cálculo do sistema de chuveiros automáticos presente no memorial descritivo aprovado do projeto.

Por meio de uma outra fonte de cálculo para o dimensionamento do sistema, demonstrou uma maior aproximação aos resultados expressos pela rotina. Esse fator corroborou para validação da ferramenta desenvolvida, propondo uma alternativa eficiente de dimensionamento, e minimizando os possíveis erros suscetíveis para os cálculos com métodos manuais.

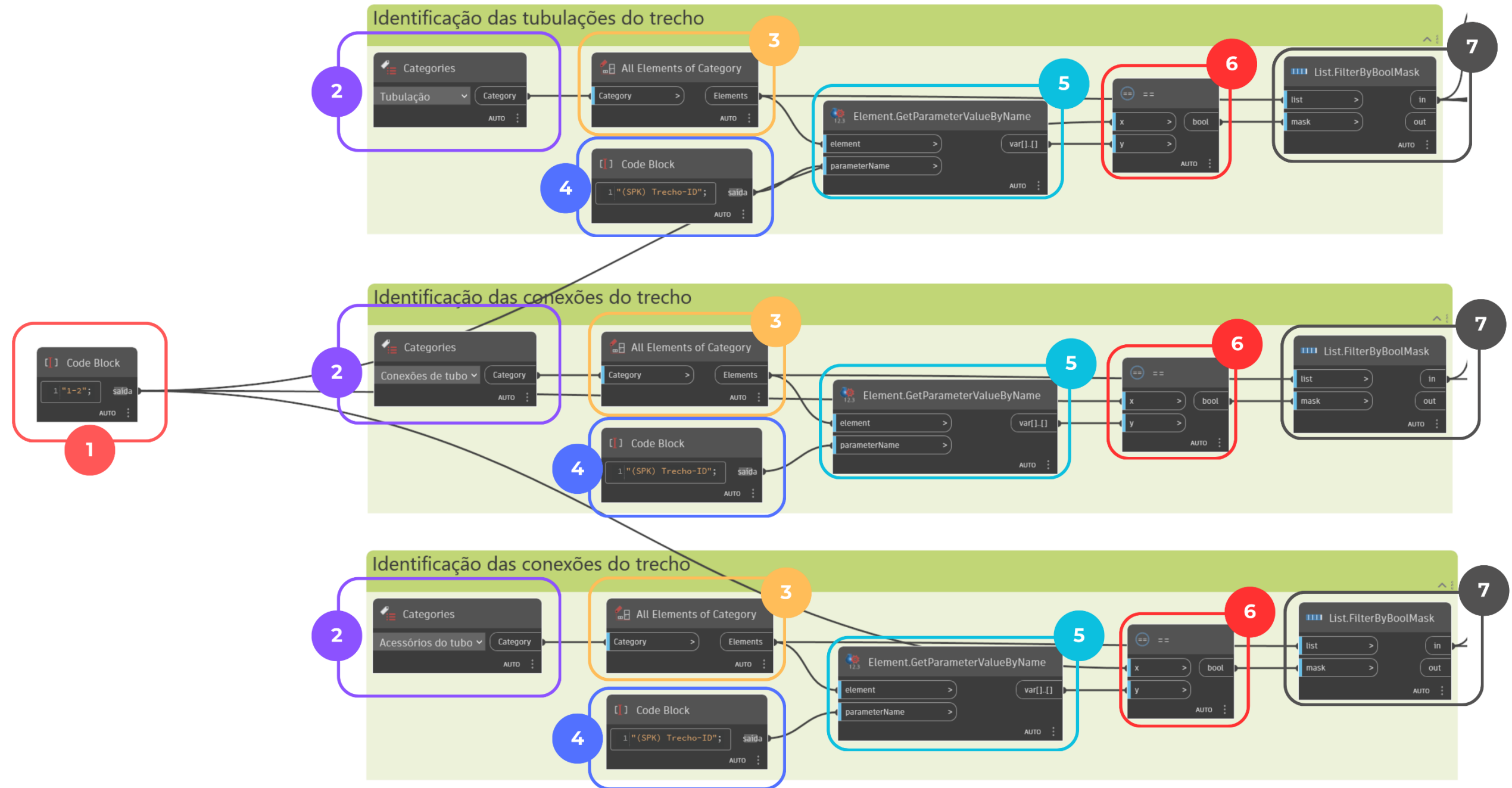
Diante dos resultados apresentados pela rotina para o projeto do Centro de Engenharias I, foi possível identificar erros operacionais nos cálculos apresentados pelo memorial descritivo aprovado.

Por fim, a elaboração de cartilha instrutiva acerca do uso da ferramenta, disponível dos Apêndices N ao W, e o desenvolvimento de um *template* no Revit, fornecem aos usuários maior facilidade na compreensão do funcionamento da rotina. Desta maneira, promove-se maior praticidade na aplicação da ferramenta para o dimensionamento de chuveiros automáticos.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10897 – Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos**. Rio de Janeiro. 2014.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10897 – Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos**. Rio de Janeiro. 2020.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16400 – Chuveiros automáticos para controle e supressão de incêndios: especificações e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro. 2018.
- RIO GRANDE DO NORTE (Estado). Lei nº 01, de 09 de dezembro de 1974. **Código de Segurança e Prevenção Contra Incêndio e Pânico do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal, RN: Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Norte, 09 dez. 1974.
- RIO GRANDE DO NORTE (Estado). Corpo de Bombeiros Militar. **Instrução Técnica (IT) número 23 - Sistema de chuveiros automáticos**. Rio Grande do Norte: CBMRN, 2022.
- PEREIRA, Aderson Guimarães. **Princípios básicos para o cálculo de sistemas de sprinklers: modelos de cálculo**. São Paulo: Instituto Sprinkler Brasil, 2019.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Segurança Pública. **Modelo Nacional de Regulamento de Segurança Contra Incêndios e Emergências**. Brasília: SENASP, 2019.
- POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros. **Instrução Técnica (IT) número 03 – Terminologia de Segurança Contra Incêndio**. São Paulo: CBPMESP, 2019.
- MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações hidráulicas: prediais e industriais - 4.ed.** Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- GUIMARÃES, Mariele Ribeiro. **Instalação e Dimensionamento de Sprinklers. Um roteiro par a análise de projetos**. São Paulo: Instituto Sprinkler Brasil, 2017.
- PAULA, Deives Junior de. **Aceitação de Sistemas de Sprinklers: Requisitos e critérios mínimos de avaliação visando à liberação do uso e operação dos sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos (sprinklers)**. São Paulo: Instituto Sprinkler Brasil, 2014.
- SANTOS, Luis Fillipe de Lima. **Aplicativo para seleção dos chuveiros automáticos em projetos de riscos leve ou ordinário**. São Paulo: Dissertação (Mestrado Profissional) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Unidade de Negócios de Ensino Tecnológico, 2023.
- OLIVEIRA, Rodrigo. **Como Projetar Sistemas de Sprinklers Conformes às Normas da ABNT**. 2024. Disponível em: <<https://maxtatica.com/projetar-sprinklers/>>. Acesso em: 17 jan. 2025.

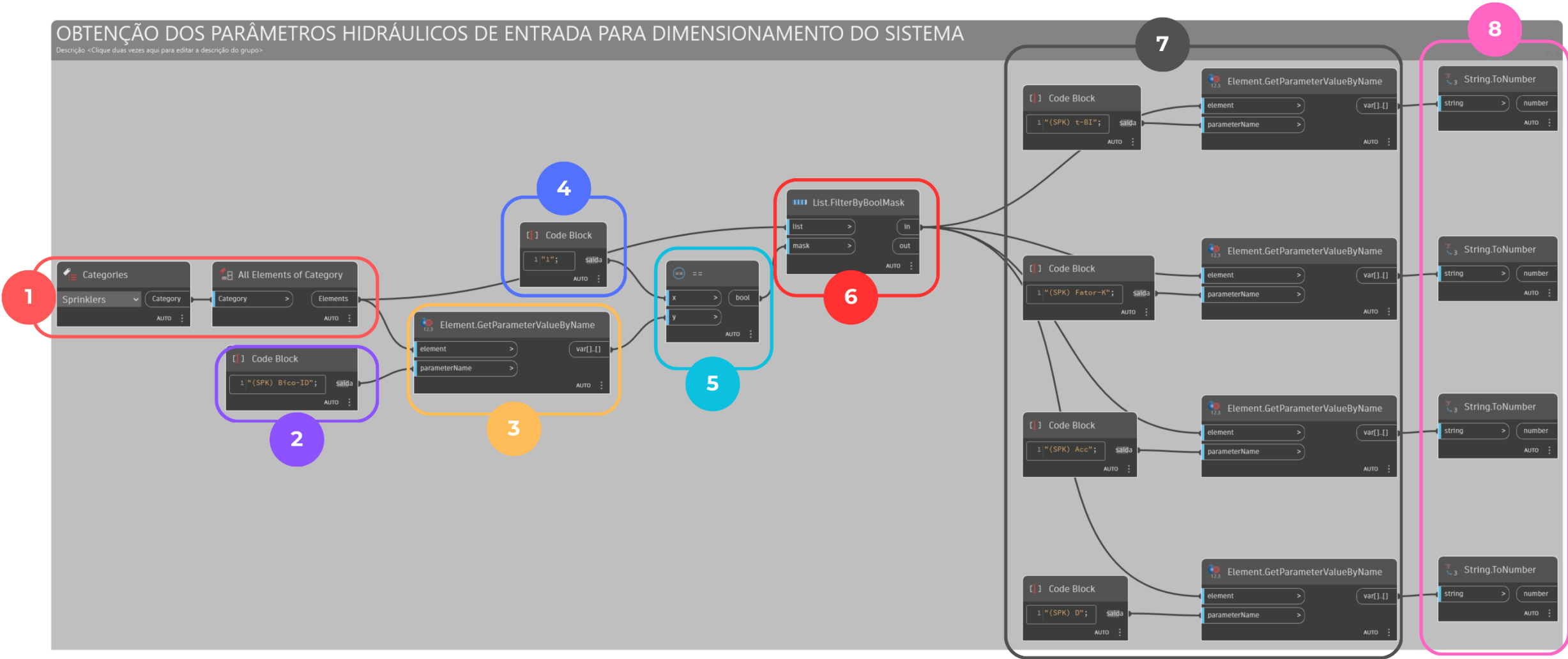
APÊNDICE A – SELEÇÃO DOS ELEMENTOS DE TUBULAÇÕES E CONEXÕES HIDRÁULICAS POR TRECHO



- 1 NOMEAÇÃO PARA IDENTIFICAÇÃO DO TRECHO A SER FILTRADO
- 2 CATEGORIA NO REVIT (TUBULAÇÃO, CONEXÃO, ETC)
- 3 SELECIONA TODOS OS ELEMENTOS DA CATEGORIA
- 4 IDENTIFICAÇÃO DO PARÂMETRO DOS ELEMENTOS DA CATEGORIA

- 5 UNE OS ELEMENTOS DA CATEGORIA PARA FILTRAR PELO PARÂMETRO NO ITEM 6.
- 6 FILTRA OS ELEMENTOS QUE ESTÃO IDENTIFICADO CONFORME NOMEAÇÃO DO ITEM 1.
- 7 RETORNA OS ELEMENTOS FILTRADOS NO ITEM 6.

APÊNDICE B – OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS DE ENTRADA PARA DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA



1 SELECIONA TODOS OS ELEMENTOS DA CATEGORIA DESCRITA

2 NOMEAÇÃO DO PARÂMETRO A SER FILTRADO

3 UNE OS ELEMENTOS DA CATEGORIA A SER FILTRADO

4 NOMEAÇÃO DO ELEMENTO A SER FILTRADO PELO PARÂMETRO NO ITEM 2.

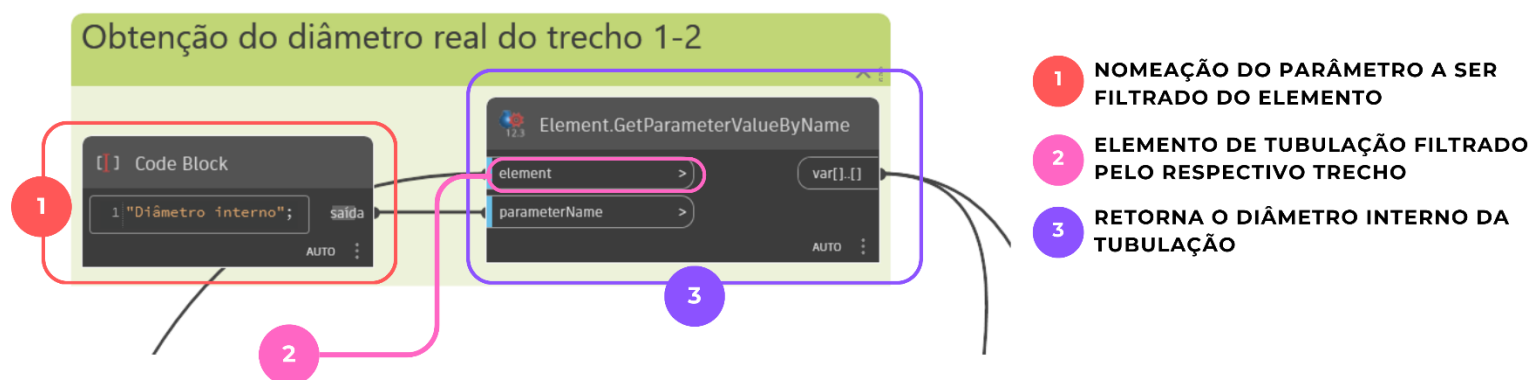
5 FILTRA O ELEMENTO CONFORME IDENTIFICADO NO ITEM 4.

6 RETORNA O ELEMENTO RESULTANTE DO FILTRO.

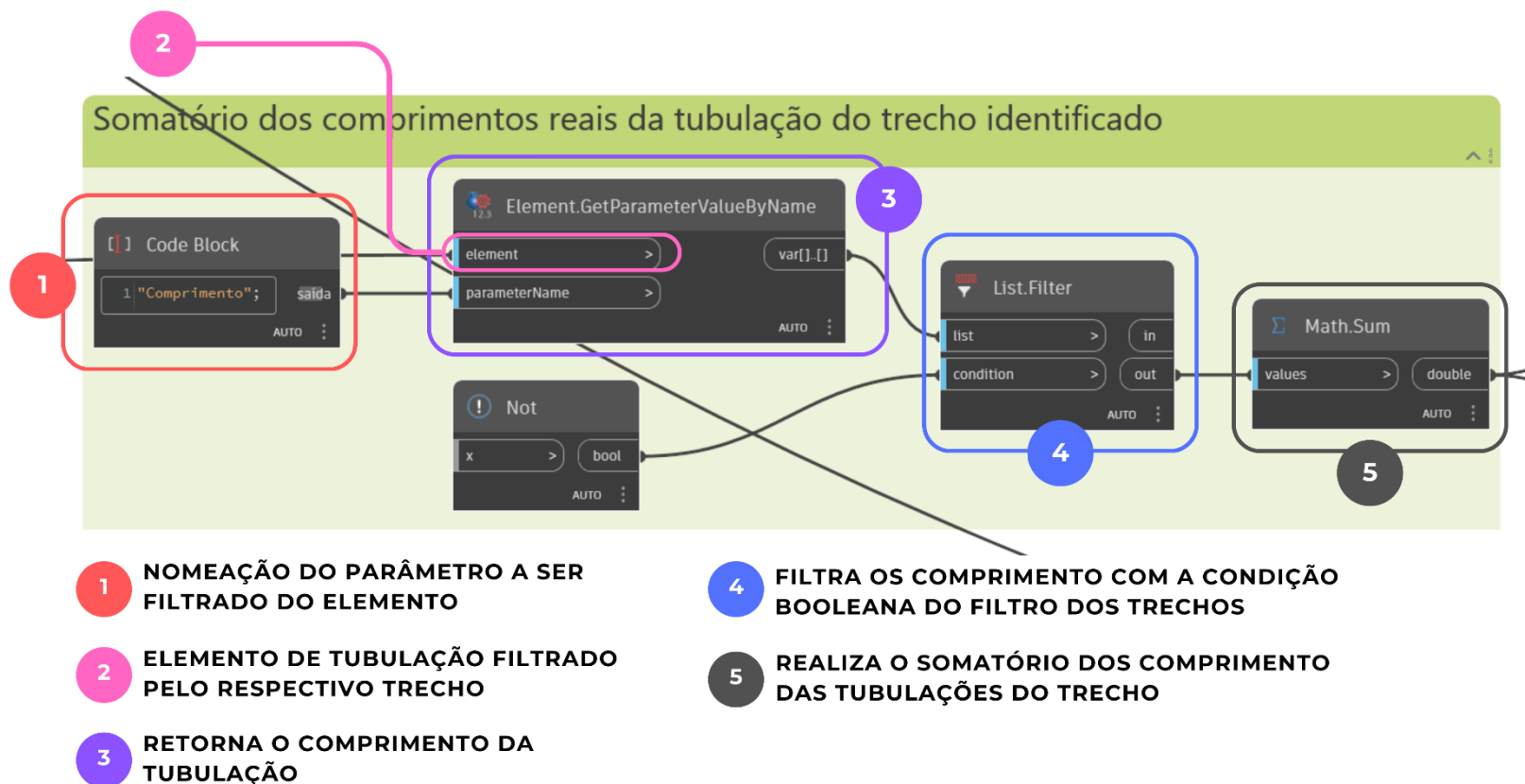
7 RETORNA OS VALORES DOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS INSERIDOS NO ELEMENTO FILTRADO COMO DADO DE ENTRADA DO DIMENSIONAMENTO

8 TRANSFORMAR A INFORMAÇÃO DO PARÂMETRO PARA NÚMERO REAL A SER INSERIDO NOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS

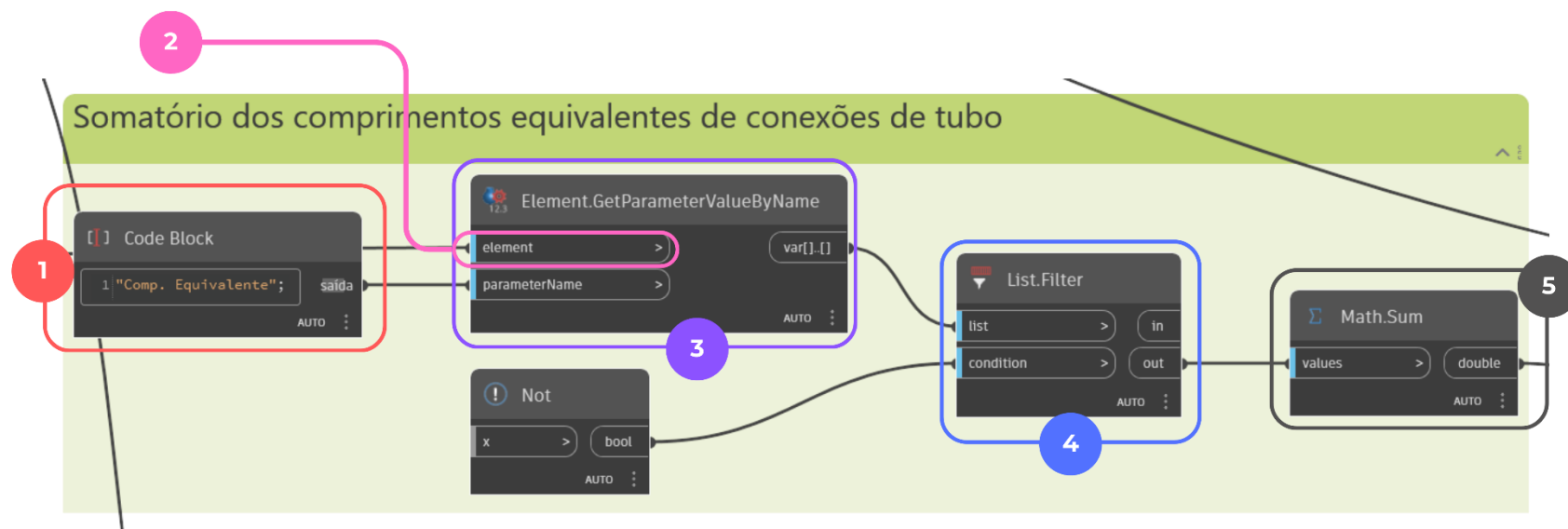
APÊNDICE C – DEFINIÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO DAS TUBULAÇÕES



APÊNDICE D – DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO REAL DA TUBULAÇÃO DO TRECHO



APÊNDICE E – DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO EQUIVALENTE DAS CONEXÕES



1 NOMEAÇÃO DO PARÂMETRO A SER FILTRADO DO ELEMENTO

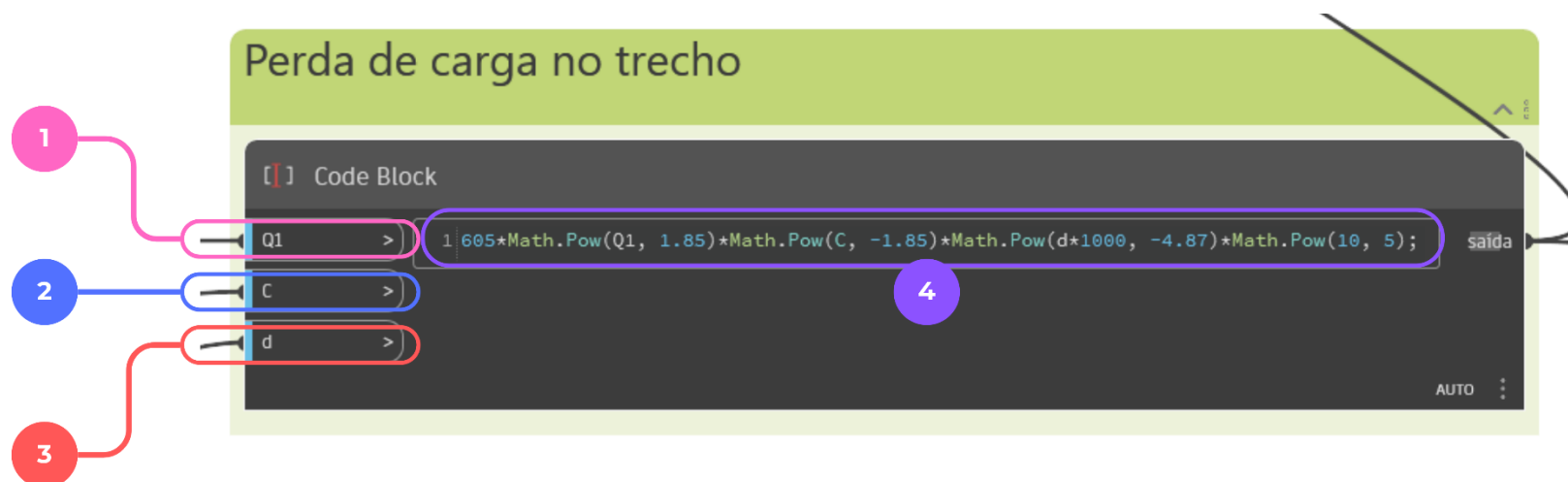
2 ELEMENTO DE TUBULAÇÃO FILTRADO PELO RESPECTIVO TRECHO

3 RETORNA O COMPRIMENTO EQUIVALENTE DA CONEXÕES

4 FILTRA OS COMPRIMENTOS COM A CONDIÇÃO BOOLEANA DO FILTRO DOS TRECHOS

5 REALIZA O SOMATÓRIO DOS COMPRIMENTO EQUIVALENTE DAS CONEXÕES DO TRECHO

APÊNDICE F – DEFINIÇÃO DA PERDA DE CARGA LOCALIZADA POR TRECHO



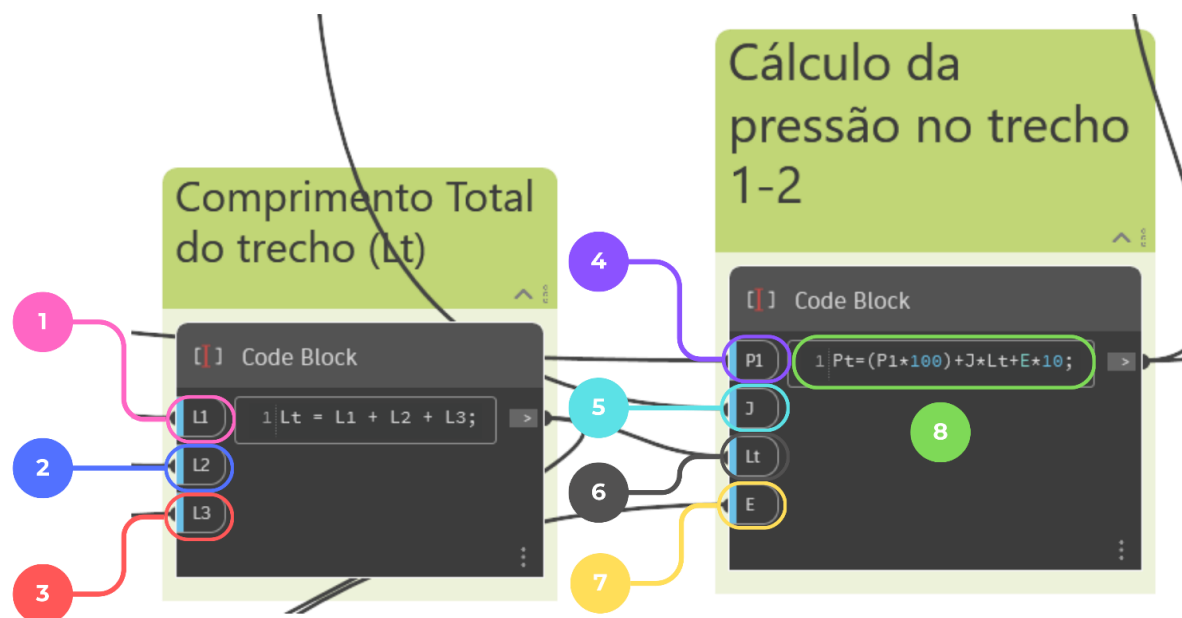
1 VALOR DE ENTRADA DA VAZÃO DO TRECHO

2 VALOR DE ENTRADA DO FATOR C DE HAZEN-WILLIAMS - CONFORME TABELA DO FATOR C DE HAZEN-WILLIAMS

3 VALOR DE ENTRADA DO DIÂMETRO INTERNO APLICADO DA TUBULAÇÃO DO TRECHO

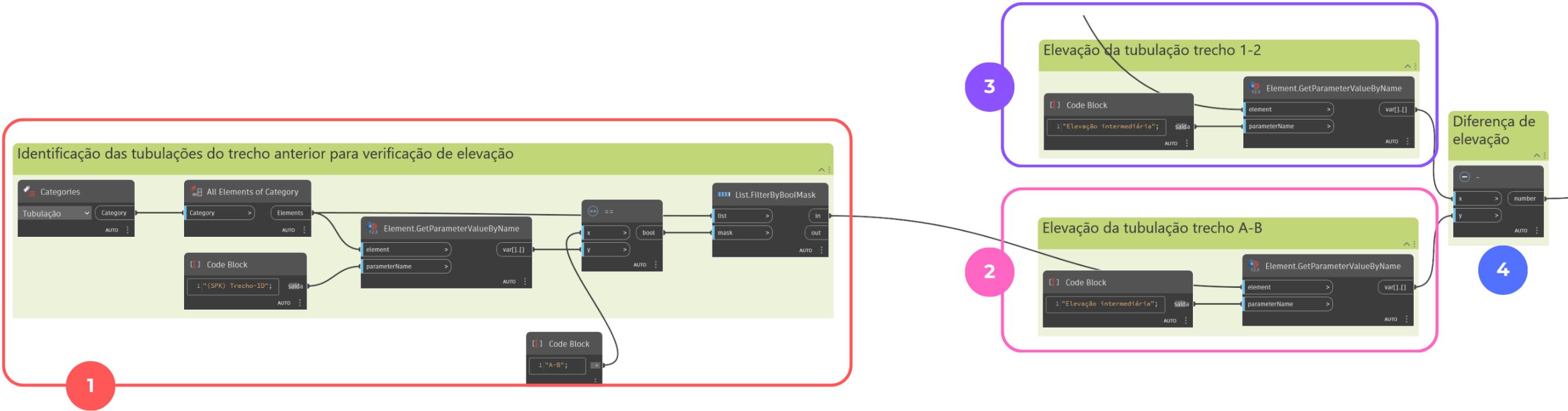
4 APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO DE PERDA DE CARGA LOCALIZADA DE HAZEN-WILLIAMS (EQUAÇÃO 4)

APÊNDICE G – DEFINIÇÃO DA PERDA DE CARGA TOTAL DO TRECHO

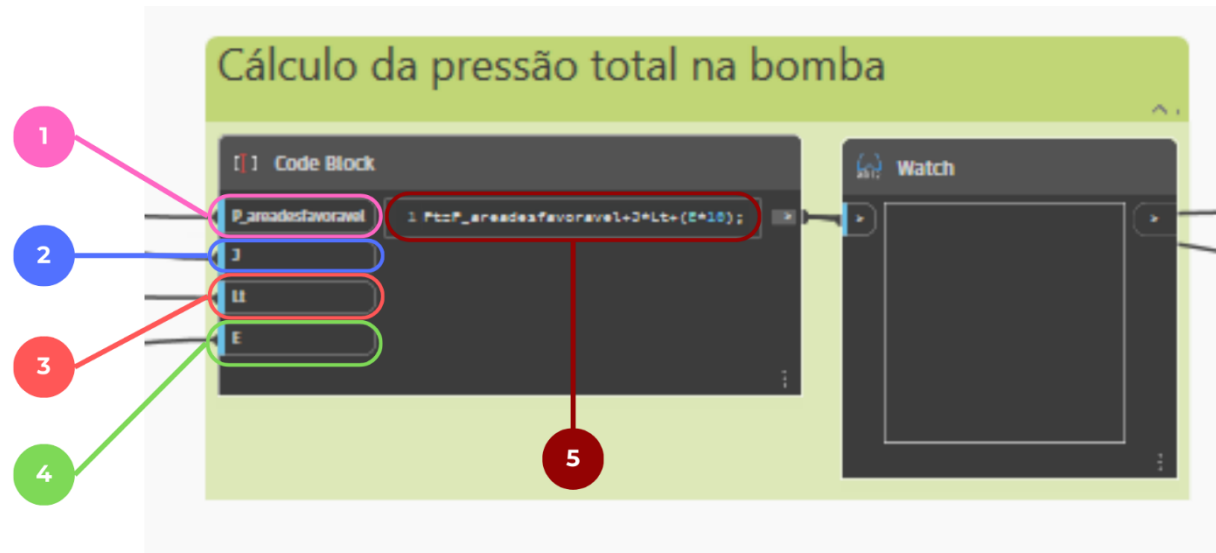


- | | |
|--|--|
| <p>1 COMPRIMENTO REAL DO TRECHO</p> <p>2 COMPRIMENTO EQUIVALENTE DAS CONEXÕES DO TRECHO</p> <p>3 COMPRIMENTO EQUIVALENTE DOS ACESSÓRIOS DO TRECHO</p> <p>4 PRESSÃO DO TRECHO ANTERIOR (OU PRESSÃO MÍNIMA P/ CASO DO PRIMEIRO TRECHO ANALISADO)</p> | <p>5 PERDA DE CARGA LOCALIZADA (APÊNDICE F)</p> <p>6 COMPRIMENTO TOTAL DO TRECHO</p> <p>7 ELEVAÇÃO DO NÍVEL EM RELAÇÃO AO TRECHO DA ANÁLISE ANTERIOR</p> <p>8 APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO DE PERDA DE CARGA TOTAL DO TRECHO (EQUAÇÃO 5)</p> |
|--|--|

APÊNDICE H – DEFINIÇÃO DO DESNÍVEL GEOMÉTRICO ENTRE OS TRECHOS

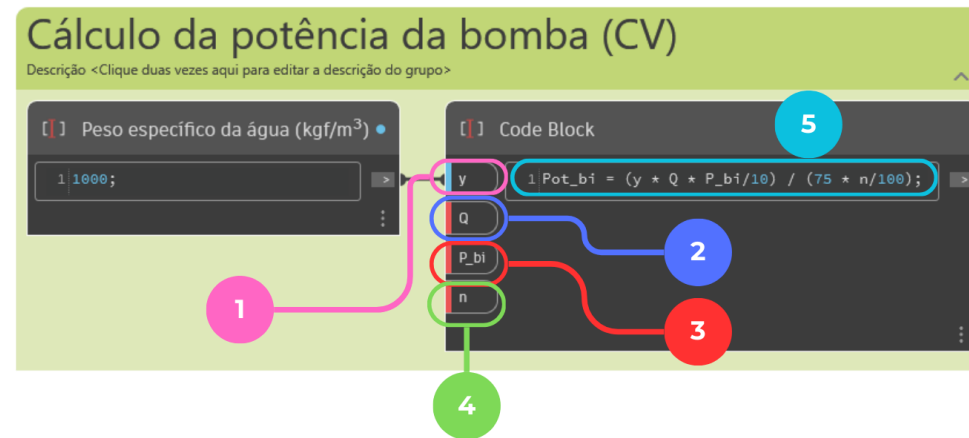


APÊNDICE I – DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA DA BOMBA DE INCÊNDIO



- 1 ALTURA MANOMÉRICA TOTAL DOS TRECHOS CALCULADOS CONFORME APÊNDICE G
- 2 PERDA DE CARGA LOCALIZADA NO TRECHO DE SUÇÃO
- 3 COMPRIMENTO TOTAL DO TRECHO DE SUÇÃO
- 4 DESNÍVEL GEOMÉTRICO ENTRE BOMBA DE INCÊNDIO E RESERVATÓRIO DE INCÊNDIO
- 5 EQUAÇÃO DE PERDA DE CARGA TOTAL QUE RECEBE OS DADOS DOS ITENS 1 AO 4

APÊNDICE J – DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA DA BOMBA DE INCÊNDIO



1 PESO ESPECÍFICO DA ÁGUA (INSERIDO DIRETAMENTE NO ALGORITMO)

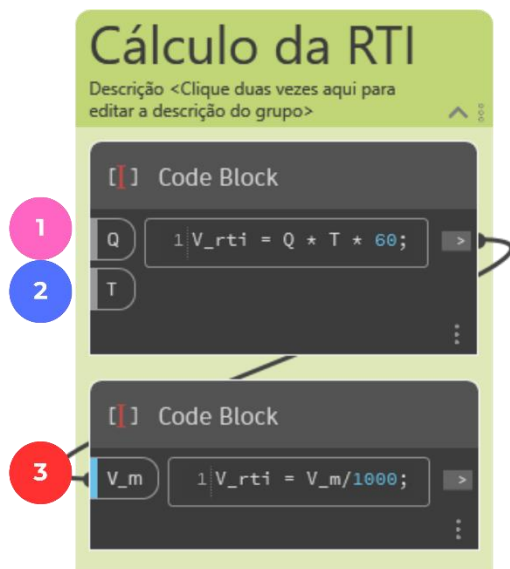
2 VAZÃO TOTAL DO SISTEMA (SOMATÓRIO DOS TRECHOS)

3 PRESSÃO TOTAL DO SISTEMA (SOMATÓRIO DOS TRECHOS)

4 RENDIMENTO DA BOMBA (INSERIDO COMO PARÂMETRO NA BOMBA DE INCÊNDIO)

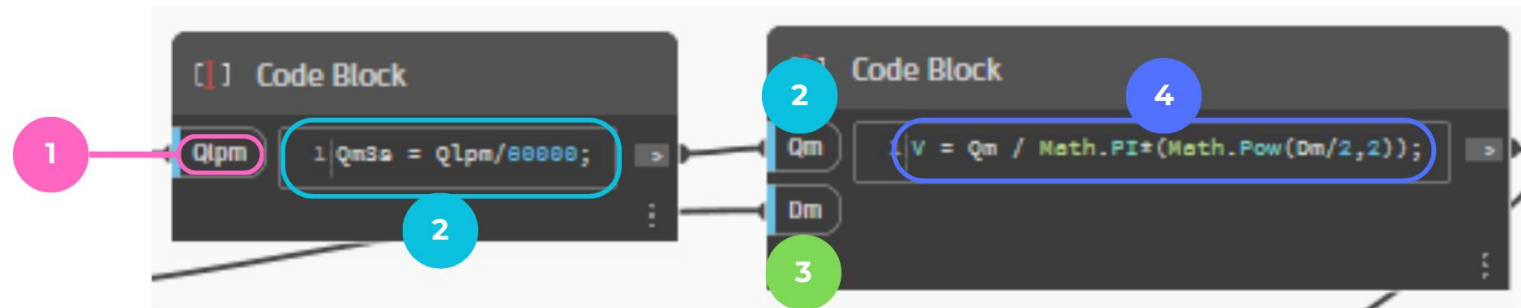
5 EQUAÇÃO POTÊNCIA DA BOMBA (EQUAÇÃO 7) QUE RECEBE OS DADOS DOS ITENS 1 AO 4.

APÊNDICE K – DETERMINAÇÃO DO VOLUME DA RESERVA DE INCÊNDIO



- 1 VAZÃO TOTAL DO SISTEMA (SOMATÓRIO DOS TRECHOS)
- 2 TEMPO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA (INSERIDO COMO DADO DE ENTRADA NOS PARÂMETROS)
- 3 CONVERSÃO DO RESULTADO PARA METRO CÚBICO

APÊNDICE L – DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO POR TRECHO



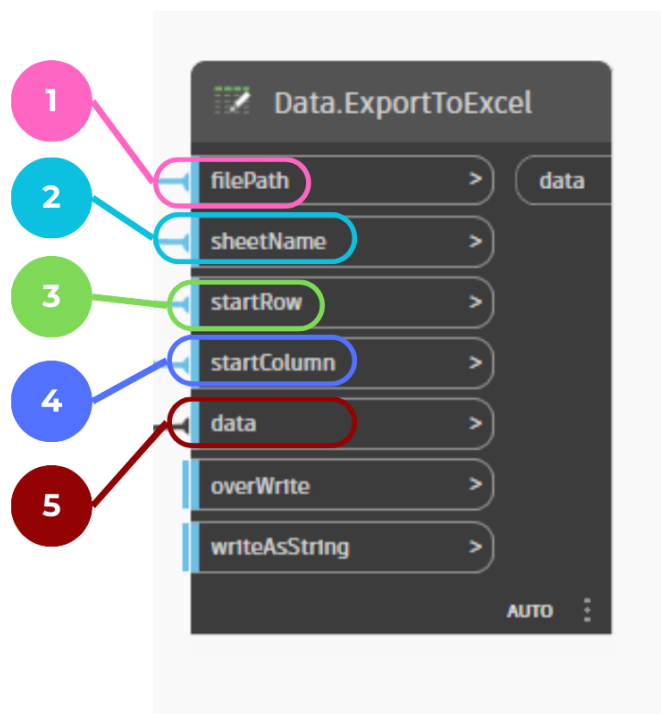
1 DADO DE ENTRADA DA VAZÃO DO TRECHO CALCULADO EM LITROS P/ MINUTO

2 CONVERSÃO DA VAZÃO DE LPM PARA m^3/s

3 DADO DE ENTRADA DO DIÂMETRO INTERNO DO TRECHO FILTRADO CONFORME APÊNDICE C

4 EQUAÇÃO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (EQUAÇÃO 9)

APÊNDICE M – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA ROTINA



- 1 NOMEAÇÃO DO ARQUIVO DE PLANILHA GERADO
- 2 NOMEAÇÃO DO ESPAÇO DE PLANILHA GERADO
- 3 DEFINIÇÃO DA LINHA DE INÍCIO DA INSERÇÃO DE DADOS
- 4 DEFINIÇÃO DA COLUNA DE INÍCIO DA INSERÇÃO DE DADOS
- 4 ENTRADA DOS RESULTADOS DA ROTINA E ELEMENTOS TEXTUAIS A SEREM APRESENTADOS NA PLANILHA

APÊNDICE N – CAPA DA CARTILHA E PÁGINA DO INÍCIO DA ETAPA PRELIMINAR

Rotina para o dimensionamento hidráulico de chuveiros automáticos em
projetos de segurança contra incêndio

Manual Prático

Dimensionamento Hidráulico de Chuveiros Automáticos

 **Revit** &  **Dynamo**



Wagner Torquato de Oliveira Filho
Engenharia Civil
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

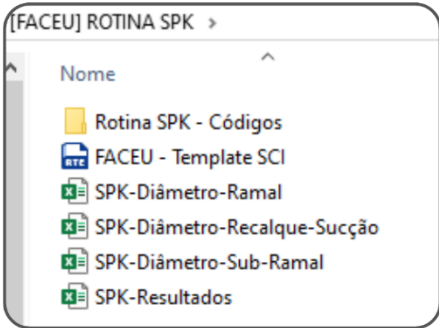
Etapa Preliminar

APÊNDICE O – PÁGINAS DA CARTILHA COM INSTRUÇÕES DOS PASSOS PARA DOWNLOAD DOS ARQUIVOS E INSTALAÇÃO DA ROTINA NO DISPOSITIVO

1ª Etapa Preliminar: Download e organização dos arquivos

1º Passo: Download dos arquivos

Execute o download dos arquivos, via drive, que serão disponibilizados mediante permissão após análise.



Importante

Esta etapa é realizada somente uma vez, após realizado não será necessário repeti-lo nos próximos dimensionamentos.

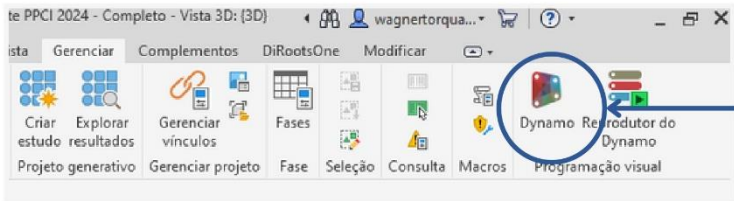
2º Passo: Organização dos arquivos

- Salve a pasta em local fixo para melhor organização dos seus dimensionamentos.
- Selecione os arquivos de planilha excel ("SPK-Diâmetro-Ramal", "SPK-Diâmetro-Sub-Ramal", "SPK-Diâmetro-Recalque-Sucção" e "SPK-Resultados") e mova-os para a pasta "Documentos" do seu dispositivo pois a rotina utilizará este diretório para exportar os dados do dimensionamento. Essa etapa é importante para preservar a formatação da planilha.

2ª Etapa Preliminar: Instalação da rotina no dispositivo

1º Passo: Abertura do Dynamo

Dentro do Revit, na aba 'Gerenciar' vá até o botão do ícone 'Dynamo' clique e abra-o.

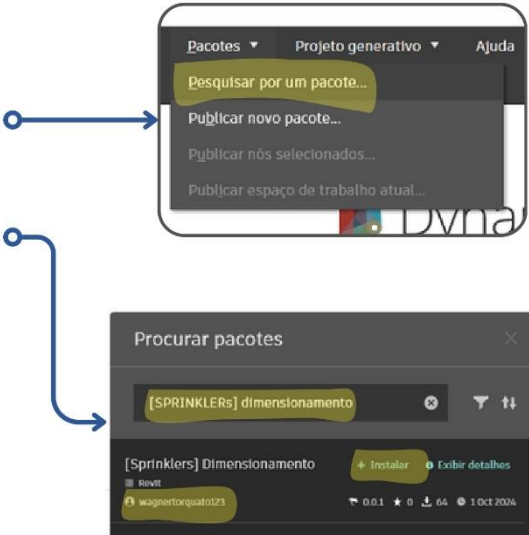


2º Passo: Instalando a rotina no dispositivo

- 1 - Com a rotina no Dynamo aberta, selecione a aba 'Pacote' e clique em 'Pesquisar por um pacote...'
- 2 - Na janela de pesquisa, busque por '[Sprinklers] Dimensionamento'.
- 3 - Agora cliquem em 'Instalar' e aguarde.

Importante

Esta etapa é importante para instalar no seu dispositivo os nós de programação que estão inseridos na rotina, para que funcione corretamente. Esse passo é necessário somente uma única vez, após feito não será necessário repeti-lo nos próximos dimensionamentos.

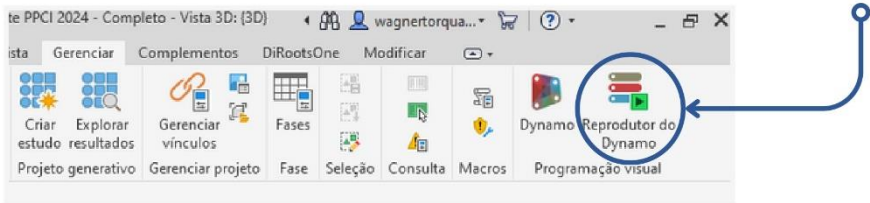


APÊNDICE P – PÁGINAS DA CARTILHA COM INSTRUÇÕES DOS PASSOS PARA INSERIR OS CÓDIGOS E PÁGINA DE INÍCIO DA ETAPA DE DIMENSIONAMENTO

3ª Etapa Preliminar: Inserindo os códigos das rotinas no Revit

1º Passo: Abertura do reprodutor do Dynamo

Abra o programa Revit, na aba 'Gerenciar' vá até o botão 'Reprodutor do Dynamo' clique e abra-o.

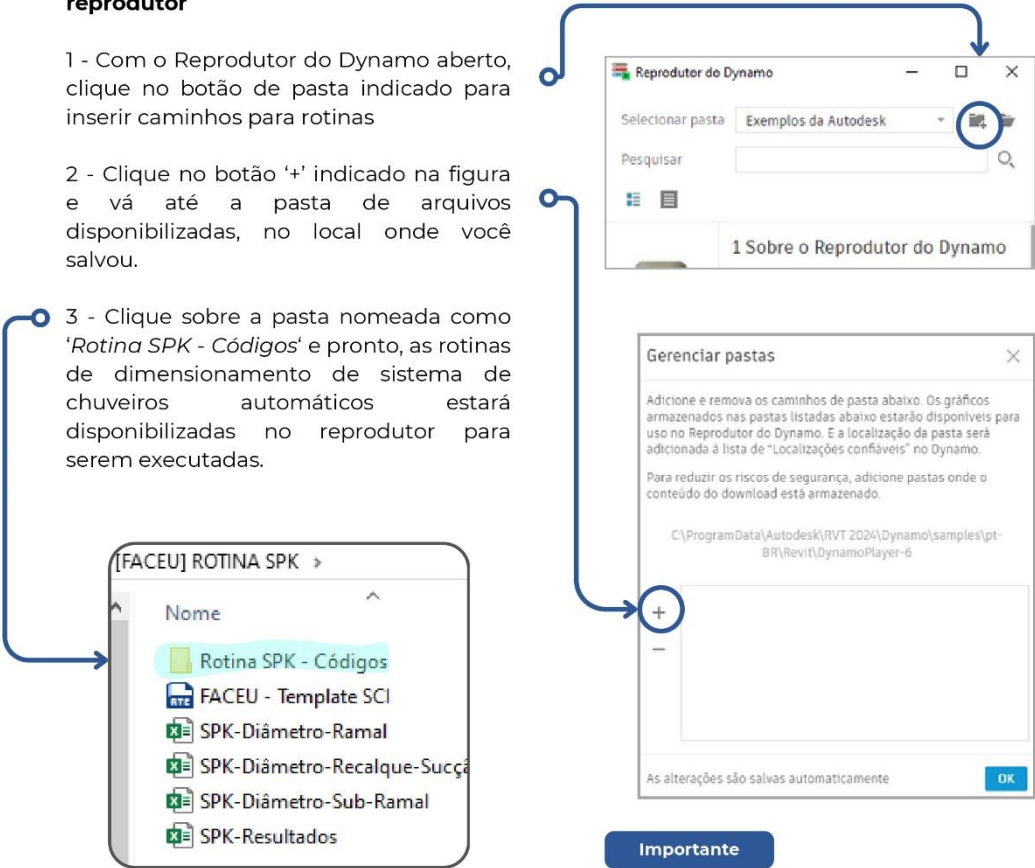


2º Passo: Inserindo rotinas no reprodutor

1 - Com o Reprodutor do Dynamo aberto, clique no botão de pasta indicado para inserir caminhos para rotinas

2 - Clique no botão '+' indicado na figura e vá até a pasta de arquivos disponibilizadas, no local onde você salvou.

3 - Clique sobre a pasta nomeada como 'Rotina SPK - Códigos' e pronto, as rotinas de dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos estará disponibilizadas no reprodutor para serem executadas.



Importante

Esta etapa é realizado somente uma vez, após realizado não será necessário repeti-lo nos próximos dimensionamentos.

Etapa de Dimensionamento

APÊNDICE Q – PÁGINAS DA CARTILHA COM INSTRUÇÕES DOS PASSOS PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA E IDENTIFICAÇÃO DOS CHUVEIROS

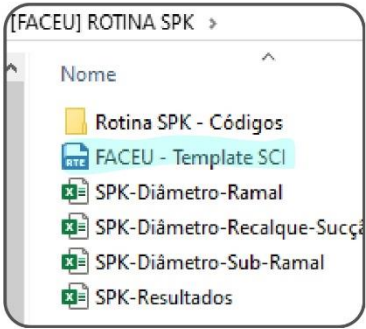
1ª Etapa de Dimensionamento: Pré-dimensionamento do sistema

1º Passo: Aplicação do Template SCI

Na pasta de arquivos disponibilizada na 1ª Etapa Preliminar, aplique o arquivo de template para projeto de segurança contra incêndio ('FACEU - Template SCI') a edificação a ser dimensionada.

Importante

O template possui os parâmetros específicos exigidos pela rotina. Por isso, deve-se utilizar sempre o Template como base para elaboração dos seus projetos de SCI.



2º Passo: Desenho do traçado do sistema de chuveiros automáticos

Para aplicar a rotina de dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos, inicialmente é necessário que seja desenhado todo o traçado do sistema, alocando a bomba de incêndio, reserva técnica, tubulações, conexões, bicos sprinklers, etc.

Atenção

- A bomba de incêndio e reserva técnica poderão ser genéricas visando somente identificá-las como parte do sistema para dimensionamento.
- Ainda, as **tubulações deverão ser traçadas no pré-dimensionamento com diâmetro de Ø25mm (1")**, pois durante a execução da rotina de dimensionamento será determinado quais diâmetros deverão ser aplicados aos respectivos trechos do sistema.
- As tubulações, conexões e demais elementos devem estar referenciados em um único nível. Exemplo: embora o projeto possa obter diversos pavimentos (térreo, 1º pav, 2º pav, entre outros), os elementos deverão estar referenciados ao mesmo nível para cálculo de desnível geométrico.

2ª Etapa de Dimensionamento: Identificação dos chuveiros

1º Passo: Identificação do chuveiro mais desfavorável

Conhecendo a área de operação mais desfavorável, selecione o chuveiro (bico) mais distante do sub-ramal também mais distante. O esquema abaixo (Exemplo prático 01), demonstra exemplo de chuveiro mais desfavorável de uma área de operação. Com o chuveiro selecionado, faça o seguinte:

- No parâmetro '(SPK) Bico-ID' nomeie com número '1';
- No parâmetro '(SPK) Acc' insira o valor da área de cobertura do chuveiro (bico) em metro quadrado (m²);
- No parâmetro '(SPK) D' insira o valor da densidade de água exigido para o sistema (de acordo com o grupo), na unidade de mm/min;
- No parâmetro '(SPK) Fator K' insira o valor do Fator K associado ao chuveiro aplicado, na unidade de L/min x bar^-0,5;
- No parâmetro '(SPK) t-BI' insira o valor do tempo de funcionamento do sistema, na unidade de hora (h).

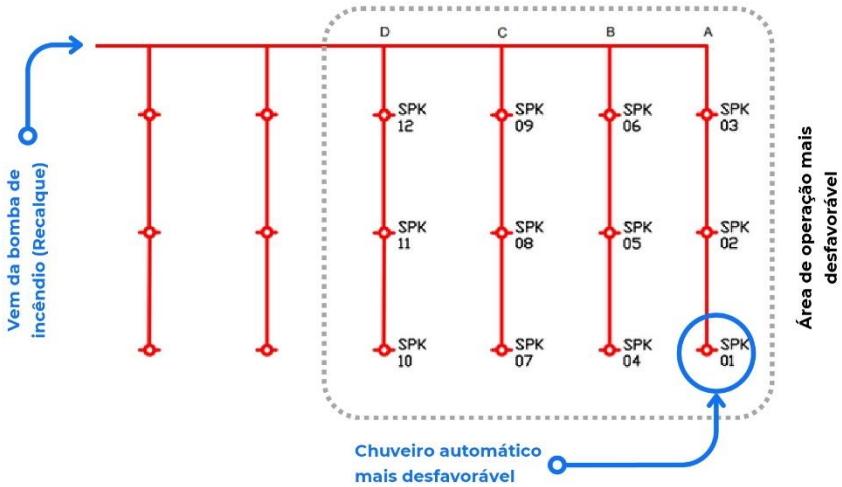
Figura: Exemplo de parametrização no Revit do chuveiro (bico) mais desfavorável

Texto		
(SPK) Acc	12	
(SPK) Bico-ID	1	
(SPK) D	4,1	
(SPK) Fator-K	80	
(SPK) Rendim...		
(SPK) t-BI	0,25	
(SPK) Trecho-ID		
Geral - Edifica...		
Geral - Espaço		
Tubulação tipo		
Mecânica		

2º Passo: Identificação dos demais chuveiros do sub-ramal mais desfavorável

Nomeia-se os demais bicos do mesmo sub-ramal do chuveiro mais desfavorável (Bico N° 1), conforme respectivo número, limitando-se até 10 chuveiros. Para o exemplo prático 01, necessitaria nomear os bicos SPK 02 e SPK 03, onde dentro do Revit identifica no parâmetro '(SPK) Bico-ID' o respectivo número '2' e '3'. **Observação: Não é necessário preencher os demais parâmetros (Acc, D, Fator K, t-BI, etc).** Pois já foram preenchidos no passo anterior.

Exemplo prático 01: Identificando o chuveiro mais desfavorável de uma área de operação.



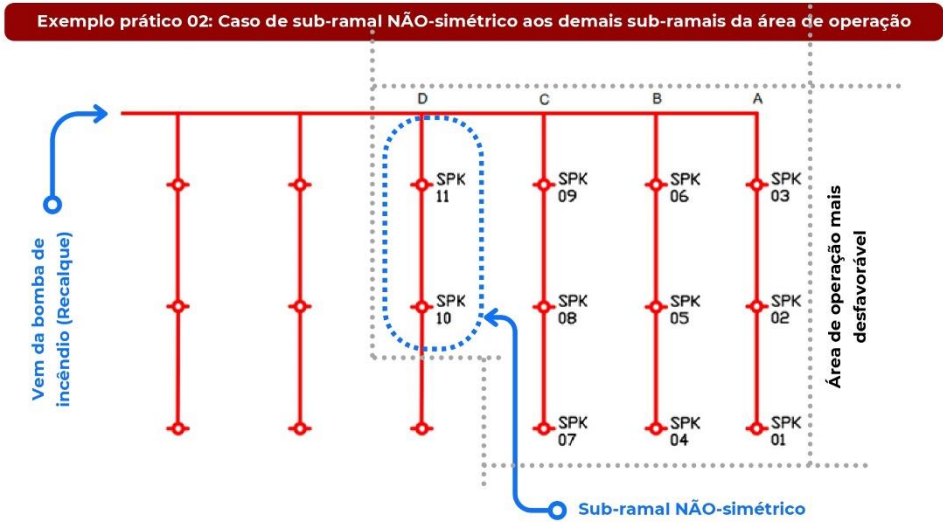
APÊNDICE R – PÁGINAS DA CARTILHA COM CONTINUAÇÃO DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS CHUVEIROS E IDENTIFICAÇÃO DOS TRECHOS

2ª Etapa de Dimensionamento: Identificação dos chuveiros

3º Passo: Identificação dos chuveiros do sub-ramal secundário BASTANTE ATENÇÃO

IMPORTANTE

Em caso de área de operação mais desfavorável do sistema de chuveiro automático possuir sub-ramal **NÃO-simétrico** (conforme exemplo prático 02), é necessário identificar os bicos deste, que pertencem a área de operação, de acordo com o respectivo número do chuveiro dos sub-ramais simétricos, identificando-os com o termo (S) de secundário. O exemplo prático 02 descreve essa estrutura.



Para esse caso, os chuveiros do sub-ramal NÃO-simétrico, SPK 10 e SPK 11, devem ser identificados no parâmetro '(SPK) Bico-ID' como aquele simétrico a ele, nesse caso seria nomeado o SPK 10 como '2(S)' e SPK 11 como '3(S)'.

ATENÇÃO

Em situações que a área de operação mais desfavorável possuir sub-ramais simétricos, conforme exemplo prático 01, o procedimento citado **NÃO SE APLICA**, necessitando executar apenas o passo anterior (1º e 2º) em relação as identificações dos chuveiros.

3ª Etapa de Dimensionamento: Identificação dos trechos

1º Passo: Identificação do sub-ramal mais desfavorável

Após a identificação do chuveiro automático mais desfavorável (Bico Nº 01), agora será identificado todo o sub-ramal a qual ele pertence, pois é o sub-ramal mais desfavorável da área de operação analisada.

Para isso, entre chuveiros do sub-ramal mais desfavorável, seleciona as tubulações e conexões e identifica no parâmetro '(SPK) Trecho-ID' as nomeações destes de acordo Nº do chuveiro que inicia e termina o trecho, limitando até o trecho '10-11'. Exemplo: o trecho entre o chuveiro Nº 1 e Nº 2, corresponde ao trecho '1-2' (verificar exemplo prático).

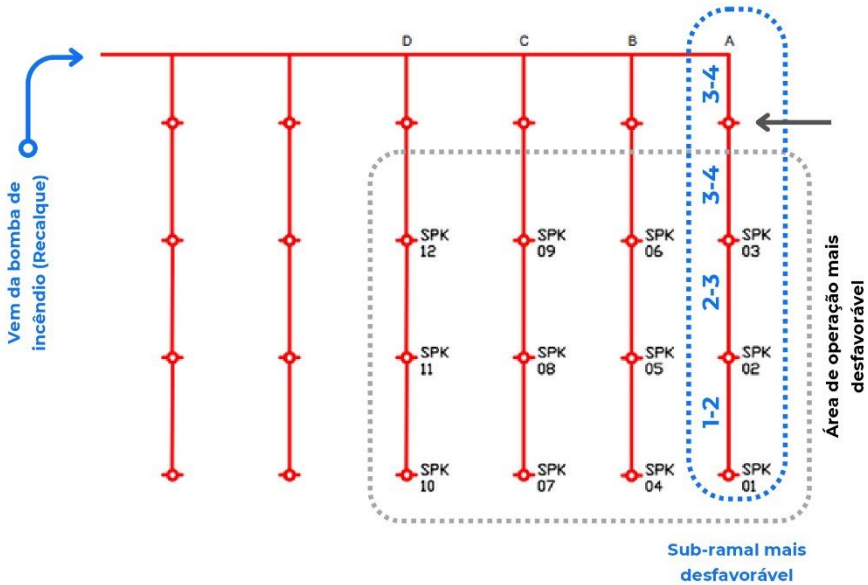
Importante

Para o trecho entre o último chuveiro do sub-ramal mais desfavorável e o ponto de início do ramal, deverá ser totalmente identificado no parâmetro '(SPK) Trecho-ID' as tubulações e conexões como trecho único de acordo com a respectiva numeração do chuveiro de início do trecho, embora possua demais chuveiro(s) que não façam parte da área de operação.

Figura: Exemplo de parametrização no Revit do trecho de sub-ramal entre chuveiros automáticos.

Texto	
(SPK) Acc	
(SPK) Bico-ID	
(SPK) D	
(SPK) Fator-K	
(SPK) Rendim...	
(SPK) t-BI	
(SPK) Trecho-ID 1-2	
Geral - Edifica...	

Exemplo prático 03: identificando os trechos de sub-ramal mais desfavorável de uma área de operação.



Observação: repare que o último chuveiro do sub-ramal mais desfavorável (indicado pela seta), após chuveiro SPK 03, não está incluído na área de operação. Assim, o trecho de tubulação e conexão que acopla nele e vai até o ponto 'A' do ramal, possui a mesma nomeação no parâmetro '(SPK) Trecho-ID' do trecho que inicia no chuveiro Nº 3.

APÊNDICE S – PÁGINAS DA CARTILHA COM CONTINUAÇÃO DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS TRECHOS

3ª Etapa de Dimensionamento: Identificação dos trechos

2º Passo: Identificação dos ramais da área de operação

Após a identificação do sub-ramal mais desfavorável, agora será identificado todo os ramais que interligam os sub-ramais que estão inseridos na área de operação analisada.:

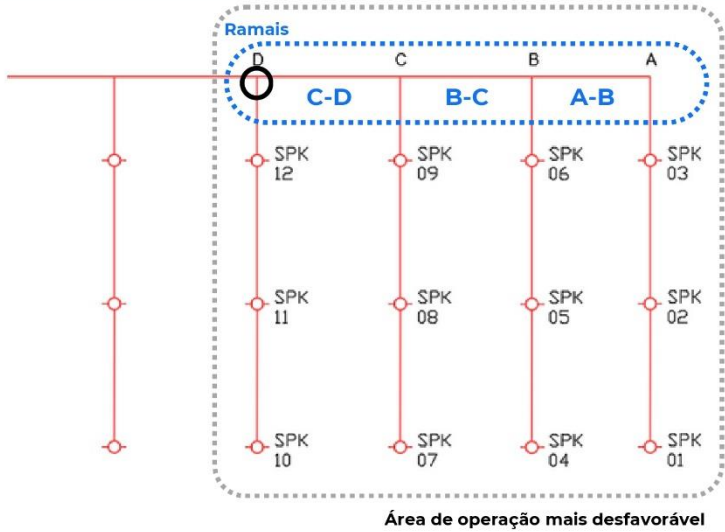
Para isso, entre os sub-ramais da área de operação, seleciona as tubulações e conexões identifica no parâmetro '(SPK) Trecho-ID' e nomeia de acordo com ponto de início e fim , identificando alfabeticamente. Exemplo prático 04: o trecho entre os pontos A e B, nomeia-se como 'A-B ' (verificar exemplo prático 04).

Ainda, a conexão que é acoplada na entrada da área de operação (indicada pelo círculo) deve ser identificada no parâmetro '(SPK) Trecho-ID' como 'Entrada-Ramal'.

Figura: Exemplo de parametrização no Revit do trecho de ramal entre pontos A e B de sub-ramais.

Texto	
(SPK) Acc	
(SPK) Bico-ID	
(SPK) D	
(SPK) Fator-K	
(SPK) Rendim...	
(SPK) t-BI	
(SPK) Trecho-ID A-B	
(SPK) Trecho-ID B-C	
(SPK) Trecho-ID C-D	

Exemplo prático 04: identificando os ramais de uma área de operação.



3ª Etapa de Dimensionamento: Identificação dos trechos

3º Passo: Identificação do recalque

Após a identificação de toda área de operação mais desfavorável do sistema de chuveiro automáticos analisada, será realizado a identificação do trecho de recalque do sistema.

Para isso, seleciona todas as tubulações e conexões que saem da bomba de incêndio e vão até a entrada da área de operação analisada e identifica no parâmetro '(SPK) Trecho-ID' nomeando para 'Recalque '. Exemplo prático 05: verifica-se o trecho destacado como todo o Recalque do sistema.

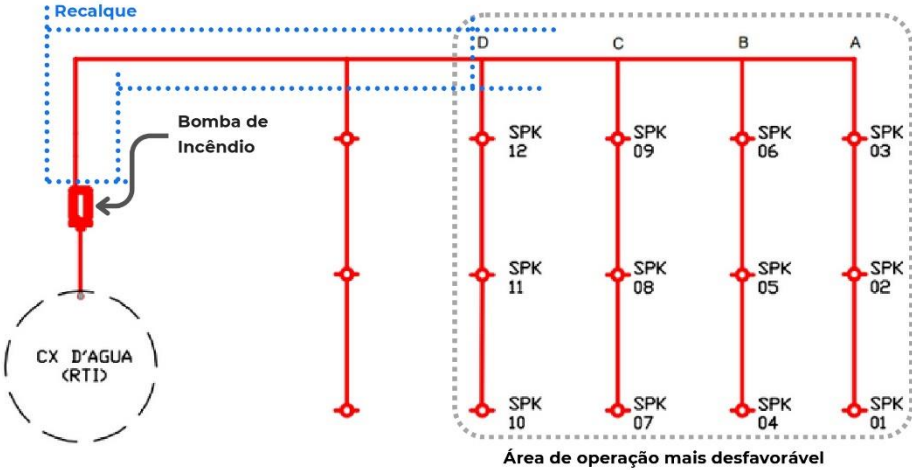
Importante

A bomba de incêndio NÃO deve ser identificada como trecho de recalque. Nos próximos passos, será demonstrado as identificações necessárias para este.

Figura: Exemplo de parametrização no Revit do trecho de Recalque

Texto	
(SPK) Acc	
(SPK) Bico-ID	
(SPK) D	
(SPK) Fator-K	
(SPK) Rendim...	
(SPK) t-BI	
(SPK) Trecho-ID Recalque	

Exemplo prático 05: identificando o trecho de recalque do sistema



APÊNDICE T – PÁGINA DA CARTLHA COM CONTINUAÇÃO DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS TRECHOS E IDENTIFICAÇÃO DA BOMBA DE INCÊNDIO

3ª Etapa de Dimensionamento: Identificação dos trechos

4º Passo: Identificação da sucção

Após a identificação do trecho de recalque do sistema, identifica-se o trecho de sucção;

Para isso, seleciona todas as tubulações e conexões que saem do reservatório de incêndio destinado ao sistema de SPK e vai até a entrada da bomba de incêndio identifica no parâmetro '(SPK) Trecho-ID' nomeando para 'Sucção'. Exemplo prático 06: verifica-se o trecho destacado como todo o Sucção do sistema.

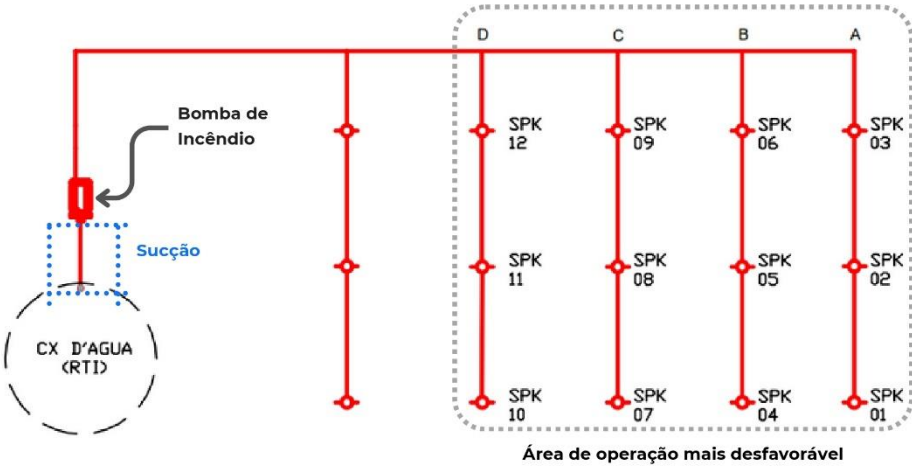
Importante

O reservatório de incêndio NÃO deve ser identificada como trecho de sucção. Nos próximos passos, será demonstrado as identificações necessárias para este.

Figura: Exemplo de parametrização no Revit do trecho de Sucção.

Texto	
(SPK) Acc	
(SPK) Bico-ID	
(SPK) D	
(SPK) Fator-K	
(SPK) Rendim...	
(SPK) t-BI	
(SPK) Trecho-ID	Sucção

Exemplo prático 06: identificando o trecho de sucção do sistema



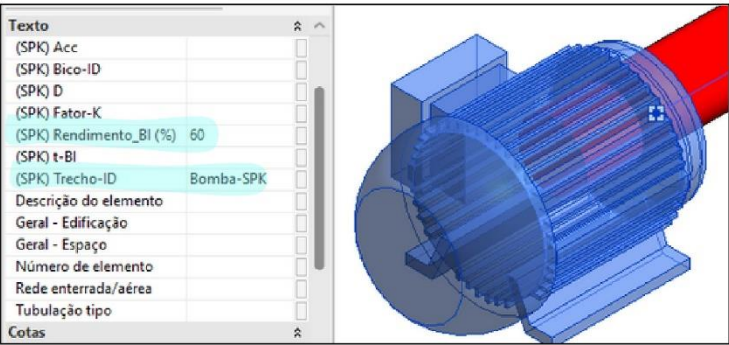
4ª Etapa de Dimensionamento: Identificação da bomba de incêndio

1º Passo: Identificação da bomba de incêndio

Após a identificação todos os trechos necessários do sistema, identifica-se a bomba de incêndio utilizada no projeto.

- Para isso, seleciona o elemento de bomba de incêndio inserido dentro do Revit e identifica no parâmetro '(SPK) Trecho-ID' nomeando para 'Bomba-SPK'.
- Ainda, com a bomba de incêndio ainda selecionada insere o rendimento, em porcentagem (%), da bomba de incêndio no parâmetro '(SPK) Rendimento_BI (%)'

Figura: Exemplo de parametrização no Revit da bomba de incêndio.



APÊNDICE U – PÁGINA DA CARTLHA DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DE IDENTIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE INCÊNDIO E PASSOS DA EXECUÇÃO DA ROTINA

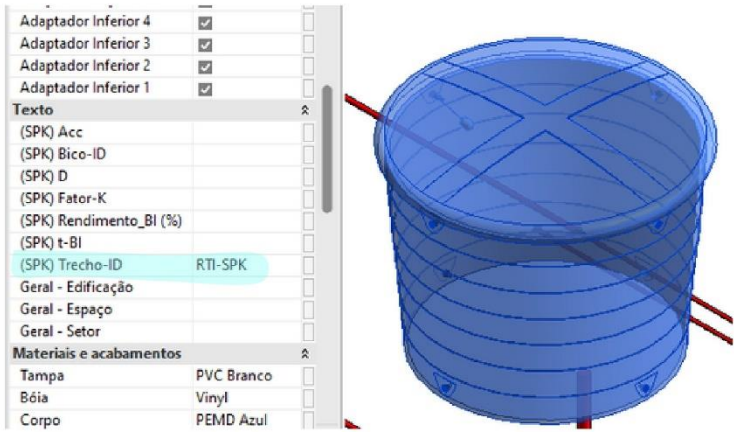
5ª Etapa de Dimensionamento: Identificação do reservatório de incêndio

1º Passo: Identificação do reservatório de incêndio

Após a identificação da bomba de incêndio, identifica-se o reservatório que será utilizado como reserva de incêndio no projeto.

- Para isso, seleciona o elemento de reservatório inserido dentro do Revit e identifica-o no parâmetro '(SPK) Trecho-ID' nomeando para ' RTI-SPK '.

Figura: Exemplo de parametrização no Revit do reservatório de incêndio.



Atenção

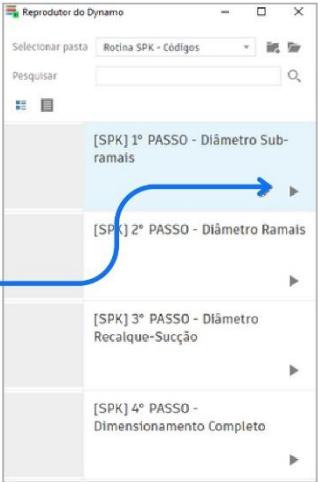
Pronto! Agora o sistema já está totalmente identificado e apto para execução das rotinas que serão explicadas na próxima etapa.

6ª Etapa de Dimensionamento: Execução das rotinas

1º Passo: Dimensionamento do diâmetro mínimo aplicado aos sub-ramais

A rotina é dividida em 4 passos, onde, é necessário realizar o dimensionamento do diâmetro mínimo das tubulações. Iniciando pelos sub-ramais da área de operação.

- Para isso, abra o reprodutor do Dynamo e execute a rotina '[SPK] 1º Passo - Diâmetro Sub-ramais', conforme indicado na figura ao lado.



Execução da rotina - Dimensionamento Sub-ramais

Ao executar a rotina, irá abrir os resultados em planilha do Excel (conforme figura abaixo), onde será apresentado o diâmetro mínimo e o diâmetro real que está aplicado no projeto a cada trecho identificado, em mm. Assim, caso o diâmetro aplicado seja menor que o diâmetro mínimo necessário, deve-se corrigir para o diâmetro adequado dentro do projeto no Revit.

VERIFICAÇÃO DO(S) DIÂMETRO DO(S) SUB-RAMAL(S)										
Trecho:	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	7_8	8_9	9_10	10_11
Diâmetro mínimo (mm):	11,89	17,11	21,94	26,26						
Diâmetro aplicado (mm):	25	25	32							
Desconsiderar dados de trechos acima do real aplicado										

Importante

Deve-se desconsiderar trecho em que é exibido somente diâmetro mínimo, pois não foi identificado e não pertence ao sistema projetado.

Atenção

É necessário fazer a verificação dos diâmetros mínimos de trecho a trecho. Então, a cada nova adequação de diâmetro do trecho, deve-se executar novamente a rotina para verificar o diâmetro do trecho posterior.

Exemplo: Supondo que o trecho '1_2' necessita de um diâmetro maior, e seja alterado dentro do Revit, deverá ser executado o passo da rotina novamente, pois será recalculado os diâmetros mínimos dos trechos posteriores. Em resumo, a cada trecho alterado, deve-se executar novamente a rotina para nova verificação.

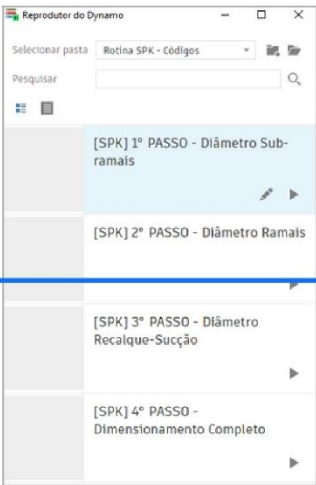
APÊNDICE V – PÁGINA DA CARTLHA COM CONTINUAÇÃO DAS INSTRUÇÕES DOS PASSOS DA EXECUÇÃO DA ROTINA

6ª Etapa de Dimensionamento: Execução das rotinas

2º Passo: Dimensionamento do diâmetro mínimo aplicado aos ramais

Após verificar e adequar os diâmetros dos trechos dos sub-ramais, é necessário executar a rotina de verificação dos diâmetros do ramais, que possui a mesma ideia do passo anterior, dos sub-ramais.

- Para isso, abra o reprodutor do Dynamo e execute a rotina '[SPK] 2º Passo - Diâmetro Ramais', conforme indicado na figura ao lado.



Execução da rotina - Diâmetro Ramais

Ao executar a rotina, irá abrir os resultados em planilha do Excel (conforme figura abaixo), onde será apresentado o diâmetro mínimo e o diâmetro real que está aplicado no projeto a cada trecho identificado, em mm. Assim, caso o diâmetro aplicado seja menor que o diâmetro mínimo necessário, deve-se corrigir para o diâmetro adequado dentro do projeto no Revit.

VERIFICAÇÃO DO(S) DIÂMETRO DO(S) RAMAL(S)										
Trecho:	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	I-J	J-L
Diâmetro mínimo (mm):	21,94	31,45	39,09	46,17						
Diâmetro aplicado (mm):	32	50	50							
Desconsiderar dados de trechos acima do real aplicado										

Importante

Deve-se desconsiderar trecho em que é exibido somente diâmetro mínimo, pois não foi identificado e não pertence ao sistema projetado.

Atenção

É necessário fazer a verificação dos diâmetros mínimos de trecho a trecho. Então, a cada nova adequação de diâmetro do trecho, deve-se executar novamente a rotina para verificar o diâmetro do trecho posterior.

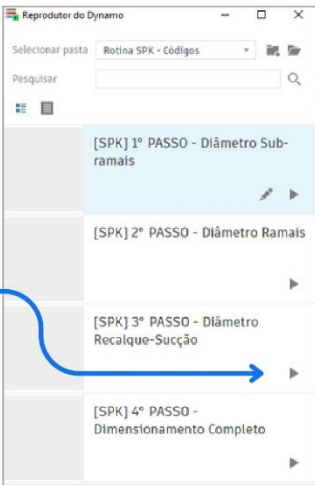
Exemplo: Supondo que o trecho 'A-B' necessita de um diâmetro maior, e seja alterado dentro do Revit, deverá ser executado o passo da rotina novamente, pois será recalculado os diâmetros mínimos dos trechos posteriores. Em resumo, a cada trecho alterado, deve-se executar novamente a rotina para nova verificação.

6ª Etapa de Dimensionamento: Execução das rotinas

3º Passo: Dimensionamento do diâmetro mínimo aplicado ao trecho de recalque e sucção

Após verificar os sub-ramais e ramais da área de operação analisada, verifica-se os diâmetros mínimo aplicados ao trecho de recalque e sucção.

- Para isso, abra o reprodutor do Dynamo e execute a rotina '[SPK] 3º Passo - Diâmetro Recalque-Sucção', conforme indicado na figura ao lado.



Execução da rotina - Diâmetro Recalque-Sucção

Ao executar a rotina, irá abrir os resultados em planilha do Excel (conforme figura abaixo), onde será apresentado o diâmetro mínimo e o diâmetro real que está aplicado no projeto a cada trecho identificado, em mm. Assim, caso o diâmetro aplicado seja menor que o diâmetro mínimo necessário, deve-se corrigir para o diâmetro adequado dentro do projeto no Revit.

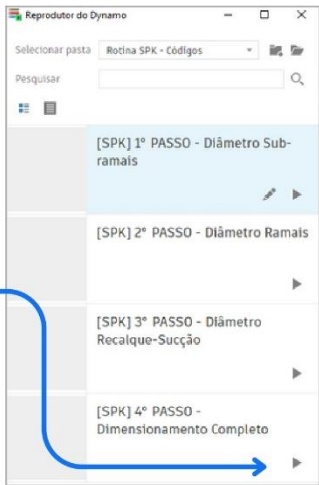
VERIFICAÇÃO DO(S) DIÂMETRO DO RECALQUE E SUCÇÃO		
Trecho:	Recalque	Sucção
Diâmetro mínimo (mm):	46,17	Diâmetro c/ bitola superior ao recalque
Diâmetro aplicado (mm):	80	100

APÊNDICE W – PÁGINA DA CARTLHA COM CONTINUAÇÃO DOS PASSOS DE EXECUÇÃO DA ROTINA E FLUXOGRAMA DE DEMONSTRAÇÃO DAS ETAPAS

6ª Etapa de Dimensionamento: Execução das rotinas

3º Passo: Dimensionamento completo do sistema
Após verificar todos os diâmetros dos trechos do sistema, executa o dimensionamento completo do sistema, verificando as perdas de cargas, vazões e pressões requeridas do sistema.

- Para isso, abra o reprodutor do Dynamo e execute a rotina '[SPK] 4º Passo - Dimensionamento Completo', conforme indicado na figura ao lado.



Execução da rotina - Diâmetro Recalque-Sucção

Ao executar a rotina, irá abrir os resultados em planilha do Excel (conforme figura abaixo), onde apresenta as vazões e pressões requeridas dos chuveiros (bicos), sub-ramais, ramais, recalque e sucção. Além disso, apresenta-se as especificações exigidas para bomba e reservatório de incêndio.

1. PARÂMETROS DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS										
Chuveiro:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vazão requerida (LPM):	49,20	52,62	65,60	72,41						
Pressão requerida (mca):	3,86	4,41	6,86	8,35						
Obs.: Desconsiderar os dados do bico acima do número real de bicos do sub-ramal desfavorável!										
2. PARÂMETROS DOS RAMAIS DA ÁREA DE OPERAÇÃO										
Ponto:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Vazão requerida (LPM):	167,42	344,17	531,53	741,49						
Pressão requerida (mca):	8,35	9,31	10,46	13,14						
3. PARÂMETROS DO DEMAIS TRECHOS										
Trecho:	Entrada da Área Desfavorável	Saída da Bomba (Recalque)	Entrada da Bomba (Sucção)							
Vazão requerida (LPM):	741,49	741,49	741,49							
Pressão requerida (mca):	13,14	24,05	-3,42							
4. BOMBA DE INCÊNDIO SPK										
Potência (cv)	Vazão requerida (LPM):	Pressão requerida (mca):								
5,55	741,49	20,63								
5. RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO SPK										
Volume (l):	Volume (m³):									
11122,41	11,12									

Os parâmetros dos chuveiros apresentados são aqueles do sub-ramal mais desfavorável, entretanto, se aplica os mesmos para os demais chuveiros de acordo com a simetria entre si dos demais sub-ramais presentes na área de operação.

Anexo A: Fluxograma de execução da rotina de dimensionamento

