

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ – UNIVALI
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PRESSÃO NO SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO CONTRA
INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES**

TÚLIO TARTARI ZANIN

São José

2008

TÚLIO TARTARI ZANIN

PRESSÃO NO SISTEMA HIDRÁULICO
PREVENTIVO CONTRA INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências pela Universidade do Vale de Itajaí, Centro de Educação São José.

Orientador: Prof. Ricardo Monteiro

Co-orientadora: Eng^a. Rozeli de Sousa M. Oliveira

São José

2008

TÚLIO TARTARI ZANIN

PRESSÃO NO SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO CONTRA
INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação São José.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão

São José,..... dede 2008

Prof. MSc. Ricardo Monteiro

UNIVALI – CE de São José

Orientador

Eng^a. Rozeli de Sousa Matos Oliveira

DAT/CBMSC

Coorientadora

2º Ten. BM Zevir Aníbal Cipriano

7º BBM/CBMSC

Membro

Dedico este trabalho a minha família, principalmente aos meus queridos pais João e Eudes, que não mediram esforços para que eu pudesse completar mais uma etapa da minha formação e realização profissional.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Isabel, por estar sempre ao meu lado.

A minha família, por compreender a minha ausência em todo este período de formação.

Aos professores civis e militares, pelas experiências e conhecimentos transmitidos.

Que Deus abençoe a todos.

“A coragem é a primeira qualidade humana, pois garante todas as outras.”

(Aristóteles)

RESUMO

ZANIN, Túlio Tartari. **Pressão no sistema hidráulico preventivo contra incêndio em edificações**. 2008. 138 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2008.

O estudo é direcionado à investigação da presença do excesso de pressão no sistema hidráulico preventivo contra incêndio de edificações verticais. A partir de um edifício de trinta pavimentos, são calculadas as pressões de cada hidrante através do método simplificado – adotado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Posteriormente, serão apresentadas as relações entre as pressões calculadas – relativas a cada hidrante – e as pressões máximas de trabalho suportado pelos seus respectivos dispositivos de combate a incêndio – mangueiras –, conforme as especificações previstas em norma. Verificada a existência de sobrepressão no sistema, são propostas medidas mitigadoras e/ou corretivas para esta incompatibilidade de valores encontrados no presente trabalho.

Palavras-chave: Excesso de Pressão, Sobrepressão, Sistema Hidráulico Preventivo.

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

CBPMSC – Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de São Paulo.

CNTP – Condições normais de temperatura (20°C) e pressão (1 atm).

CoSIP – Código de Segurança contra Incêndio.

m.c.a. – Metros de coluna d'água.

NBR – Norma Brasileira.

NSCI – Normas de Segurança Contra Incêndio.

R_e – Número de Reynolds.

RTI – Reserva técnica de incêndio.

S.I. – Sistema internacional.

SHP – Sistema hidráulico preventivo.

SUSEP – Superintendência de Seguros Privados.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICO

FIGURA 1 – DISPOSITIVO SEMELHANTE AO EMPREGADO POR REYNOLDS	29
FIGURA 2 – ESQUEMA VERTICAL – EDIFICAÇÃO DE 30 PAVIMENTOS	59
FIGURA 3 – DETALHES DO SHP	60
GRÁFICO 1 – RELAÇÃO ENTRE AS PRESSÕES DOS HIDRANTES E A PRESSÃO DE TRABALHO DAS MANGUEIRAS	133

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – VALORES APROXIMADOS DE K (PERDAS LOCALIZADAS)	35
TABELA 2 – VALORES APROXIMADOS DE K - ENTRADA DA CANALIZAÇÃO	35
TABELA 3 – CURVAS DE 90°	36
TABELA 4 – PRESSÃO PARA OS TIPOS DE MANGUEIRA	48
TABELA 5 – PERDA DE CARGA LOCALIZADA E EQUIVALÊNCIA (m)	55
TABELA 6 – RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS PRESSÕES DOS HIDRANTES	132

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DA ÁGUA DOCE COM A TEMPERATURA	24
QUADRO 2 – VARIAÇÃO DO COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE (α) DA ÁGUA DOCE COM A TEMPERATURA	25
QUADRO 3 – VARIAÇÃO DO COEFICIENTE DE VISCOSIDADE (μ) DA ÁGUA DOCE COM A TEMPERATURA	26
QUADRO 4 – VARIAÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL (τ) DA ÁGUA DOCE COM A TEMPERATURA	26
QUADRO 5 – COEFICIENTE DE SOLUBILIDADE DE GASES NA ÁGUA DOCE, EM M ³ DE GÁS POR M ³ DE ÁGUA, AO NÍVEL DO MAR	27
QUADRO 6 – TENSÕES DE VAPOR (PV) DA ÁGUA A VÁRIAS TEMPERATURAS	28
QUADRO 7 – CAPACIDADE DAS CANALIZAÇÕES DE FERRO E AÇO (SEM REVESTIMENTO PERMANENTE INTERNO)	34

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 – HIDRANTE DE PAREDE – ABRIGO	43
FOTO 2 – HIDRANTE DE PAREDE – SAÍDA DUPLA	44
FOTO 3 – HIDRANTE DE PAREDE – REGISTRO ANGULAR	44
FOTO 4 – HIDRANTE DE PAREDE – ADAPTADOR	45
FOTO 5 – MANGUEIRA DE COMBATE A INCÊNDIO TIPO 1 (38 mm)	47
FOTO 6 – ESGUICHO AGULHETA	49
FOTO 7 – ESGUICHO REGULÁVEL	50
FOTO 8 – HIDRANTE DE RECALQUE	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMA	18
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 JUSTIFICATIVA	19
2 SISTEMAS HIDRÁULICOS	21
2.1 MECÂNICA DOS FLUIDOS E HIDRÁULICA	21
2.1.1 Evolução Histórica	21
2.1.2 Conceito de Fluido	23
2.1.3 Propriedades dos fluidos	24
2.1.4 escoamento em tubulações	28
2.1.4.1 Definições	28
2.1.4.2 Experiências de Reynolds: regimes de escoamento laminar e turbulento	29
2.1.4.3 Perdas de carga	31
2.2.1 Conceituação e Objetivos	38
2.2.2 Risco de Incêndio	39
2.2.3 Componentes	39
2.2.3.1 Reservatório	40
2.2.3.2 Reserva Técnica de Incêndio (RTI)	41
2.2.3.3 Canalizações	42
2.2.3.4 Hidrantes	42

2.2.3.5 Mangueiras	46
2.2.3.6 Esguichos	48
2.2.3.7 Hidrantes de Recalque	50
2.2.4 Necessidades do Sistema	51
2.2.4 Dimensionamento	51
2.2.4.1 Vazão	51
2.2.4.2 Pressão	52
2.2.4.3 Perdas de Carga nas Tubulações e Mangueiras	53
2.2.4.4 Desnível A – R	54
3 METODOLOGIA	56
4 CÁLCULO DAS PRESSÕES	58
4.1 PRESSÃO NO PONTO A – HIDRANTE 1	59
4.2 PRESSÃO NO PONTO B – HIDRANTE 2	60
4.3 PRESSÃO NO PONTO C – HIDRANTE 3	62
4.4 PRESSÃO NO PONTO D – HIDRANTE 4	64
4.5 PRESSÃO NO PONTO E – HIDRANTE 5	67
4.6 PRESSÃO NO PONTO F – HIDRANTE 6	71
4.7 PRESSÃO NO PONTO G – HIDRANTE 7	74
4.8 PRESSÃO NO PONTO h – HIDRANTE 8	76
4.9 PRESSÃO NO PONTO I – HIDRANTE 9	78
4.10 PRESSÃO NO PONTO J – HIDRANTE 10	81
4.11 PRESSÃO NO PONTO K – HIDRANTE 11	83
4.12 PRESSÃO NO PONTO L – HIDRANTE 12	85
4.13 PRESSÃO NO PONTO M – HIDRANTE 13	88
4.14 PRESSÃO NO PONTO N – HIDRANTE 14	90

4.15 PRESSÃO NO PONTO O – HIDRANTE 15	93
4.16 PRESSÃO NO PONTO P – HIDRANTE 16	95
4.17 PRESSÃO NO PONTO Q – HIDRANTE 17	97
4.18 PRESSÃO NO PONTO R – HIDRANTE 18	100
4.19 PRESSÃO NO PONTO S – HIDRANTE 19	102
4.20 PRESSÃO NO PONTO T – HIDRANTE 20	104
4.21 PRESSÃO NO PONTO U – HIDRANTE 21	107
4.22 PRESSÃO NO PONTO V – HIDRANTE 22	109
4.23 PRESSÃO NO PONTO X – HIDRANTE 23	111
4.26 PRESSÃO NO PONTO W – HIDRANTE 24	114
4.25 PRESSÃO NO PONTO Y – HIDRANTE 25	116
4.26 PRESSÃO NO PONTO Z – HIDRANTE 26	118
4.27 PRESSÃO NO PONTO α – HIDRANTE 27	121
4.28 PRESSÃO NO PONTO β – HIDRANTE 28	123
4.29 PRESSÃO NO PONTO γ – HIDRANTE 29	125
4.30 PRESSÃO NO PONTO δ – HIDRANTE 30	128
5 COMPARATIVO ENTRE AS PRESSÕES DOS HIDRANTES E A PRESSÃO DE TRABALHO DAS MANGUEIRAS DE INCÊNDIO	131
6 CONCLUSÃO	134

1 INTRODUÇÃO

A atividade de prevenção contra incêndios vem sendo desenvolvida no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), certamente, desde a sua criação em 26 de setembro de 1926, através das primeiras orientações e cuidados repassados pelos profissionais para a população. Destarte, com o decorrer do tempo, a ação se desenvolveu cotidianamente de maneira prática e informal, entre os incêndios aceitos até então como resignadas comiserações (MAUS, 1999).

Os sinistros ocorridos nos edifícios Joelma e Andraus – no início da década de setenta – funcionaram como um estopim para que os Corpos de Bombeiros não mais permanecessem em estado de passividade diante dos fenômenos e causas geradoras dos mesmos. O Estado do Rio de Janeiro lançou o seu primeiro Código de Segurança contra Incêndio (CoSCIP), exigindo canalizações preventivas contra incêndio, portas-corta fogo e escadas para rotas de fuga para edificações com altura superior a trinta metros (ARAÚJO, 2005).

No Estado de Santa Catarina, remontam aos meados da década de setenta os primeiros processos registrados dessa atividade, com base em cópias de normas do Corpo de Bombeiros de São Paulo e da Superintendência dos Seguros Privados (SUSEP). No ano de 1979 houve a edição da primeira norma catarinense sob o título de Normas e Especificações de Prevenção Contra Incêndio. Seqüencialmente, em função de contínuos processos de revisão e atualização, foram elaboradas mais edições, chegando ao Decreto Estadual 4.909 de 18 de outubro de 1994 – Norma de Segurança Contra Incêndio – encontra-se em vigor até a presente data (MAUS, 1999).

Fundamentando legalmente as atividades de prevenção contra incêndio no Estado de Santa Catarina, são atribuídos ao Corpo de Bombeiros Militar os seguintes diplomas legais:

- Constituição Federal, de 05 de outubro de 1988:

Art. 144 – A segurança pública, dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, é exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, através dos seguintes órgãos:

V – Polícias Militares e Corpos de Bombeiros Militares;

Parágrafo 5º – Às polícias Militares cabem a polícia ostensiva e a preservação da ordem pública; aos Corpos de Bombeiros Militares além das atribuições definidas em lei, incumbe a execução de atividades de defesa civil.

Parágrafo 6º – As Polícias Militares e Corpos de Bombeiros Militares, forças auxiliares e reserva do Exército, subordinam-se juntamente com as Polícias Cíveis aos Governadores dos Estados, do Distrito Federal e do território.

- Constituição Estadual de 05 de outubro de 1989, juntamente com sua Emenda Constitucional nº 033 de 13 de junho de 2003:

TÍTULO V – Da Segurança Pública

Capítulo III – Do Corpo de Bombeiros Militar

Art. 108. O Corpo de Bombeiros Militar, órgão permanente, força auxiliar, reserva do Exército, organizado com base na hierarquia e disciplina, subordinado ao Governador do Estado, cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em Lei:

- I – realizar os serviços de prevenção de sinistros ou catástrofes, de combate a incêndio e de busca e salvamento de pessoas e bens e o atendimento pré-hospitalar;
- II – estabelecer normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio, catástrofe ou produtos perigosos;
- III – analisar, previamente, os projetos de segurança contra incêndio em edificações, contra sinistros em áreas de risco e de armazenagem, manipulação e transporte de produtos perigosos, acompanhar e fiscalizar sua execução, e impor sanções administrativas estabelecidas em Lei;
- IV – realizar perícias de incêndio e de áreas sinistradas no limite de sua competência;
- V – colaborar com os órgãos da defesa civil;
- VI – exercer a polícia judiciária militar, nos termos de lei federal;
- VII – estabelecer a prevenção balneária por salva-vidas; e
- VIII – prevenir acidentes e incêndios na orla marítima e fluvial.

§ 1º O Corpo de Bombeiros Militar:

- I – é comandado por oficial da ativa do último posto da corporação; e
- II – disporá de quadro de pessoal civil para a execução de atividades administrativas, auxiliares de apoio e de manutenção.

§ 2º Os cargos não previstos nos quadros de organização da corporação, poderão ser exercidos pelo pessoal do Corpo de Bombeiros Militar, por nomeação do Governador do Estado.

- Decreto Estadual nº 4.909, de 18 de outubro de 1994 – Normas de Segurança contra Incêndios (NSCI):

Art 1º – Ficam aprovadas as Normas de Segurança Contra Incêndios, constantes no anexo único, parte integrante deste Decreto.

Art 2º – As Normas têm por finalidade fixar os requisitos mínimos exigidos nas edificações para a segurança contra incêndios no Estado de Santa Catarina.

Art 3º – Todas as ocupações estarão sujeitas as presentes disposições, excetuando-se as edificações unifamiliares.

Art 4º – O exame e a fiscalização nos sistemas de segurança serão feitos pela Polícia Militar do Estado através do Corpo de Bombeiros.

Art 5º – Este Decreto entra em vigor em data de sua publicação.

Art 6º – Ficam revogados o Decreto nº 1.029, de 03 de dezembro de 1987 e demais disposições em contrário.

Conforme Farias *apud* Neves (2006), a prevenção contra incêndio é definida como o conjunto de atividades designadas a evitar a deflagração do sinistro ou, caso ocorra, extingui-lo em seus momentos iniciais, bem como reduzir os seus efeitos antes da chegada das guarnições de combate ao fogo. Pode-se acrescentar ainda, as atividades relacionadas à educação e preparo da população para as medidas e cuidados a serem tomados antes e após a sua eclosão.

As concretizações das exigências das medidas de segurança contra incêndio se dão através da análise prévia de Projetos de Segurança Contra Incêndios, da realização de vistorias nas edificações e áreas de risco, da distribuição de máquinas, equipamentos e estoques de materiais organizados de acordo com o risco, bem como de atividades básicas, tal como a proibição do consumo do cigarro em locais inadequados para este fim (VIEIRA, 2001).

1.1 PROBLEMA

Até que ponto a pressão de trabalho das mangueiras de combate a incêndio é compatível à pressão dos hidrantes do sistema hidráulico preventivo contra incêndio de uma edificação?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Investigar a presença do excesso de pressão no sistema hidráulico preventivo contra incêndio em edificações verticais.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Obter os valores das pressões dos hidrantes de uma edificação vertical de 30 pavimentos;
- Comparar a pressão calculada nos hidrantes com a pressão de trabalho suportada nas mangueiras de combate a incêndios;
- Definir os pontos de sobrepressão do sistema hidráulico preventivo contra incêndio da edificação em questão.

1.3 JUSTIFICATIVA

Em vários pontos do litoral de Santa Catarina, a população já se encontra bastante adensada. Na temporada de verão, esse contingente é acrescido de uma grande quantidade de turistas, constituindo um fluxo de caráter provisório e responsável por novas pressões sobre o meio natural e social. Conseqüentemente, essas localidades tendem a passar por um intenso processo de verticalização de suas edificações, a fim de ampliar a sua infra-estrutura turística. Este fenômeno pode ser observado facilmente nos municípios de Balneário Camboriú e Itapema (SÉCCA, 2004).

Conforme Santa Catarina (1994), tais edificações devem atentar a determinados critérios no que tange a segurança contra incêndios. Entre eles, encontra-se o sistema hidráulico preventivo, que preconiza uma pressão dinâmica mínima para os hidrantes menos favoráveis, em que estes valores deverão ser de, no mínimo, 4 m.c.a., 15 m.c.a. e 45 m.c.a., para risco leve, médio e elevado, respectivamente.

Porém, percebe-se que a NSCI não estabelece valores de pressão esperados pelos demais hidrantes, ou seja, em uma edificação com grande número de pavimentos, a pressão apresentada pelos hidrantes mais favoráveis (mais próximos ao solo) pode ser exacerbada, causando possíveis prejuízos ao tratado sistema preventivo.

O que se propõe com o presente trabalho é investigar através do cálculo das pressões dos hidrantes de uma edificação vertical de 30 pavimentos, que os valores apresentados poderão causar danos às mangueiras de combate a incêndio, que conforme a NBR 11.861/1998, dispõem sobre a pressão máxima de trabalho destas e, conseqüentemente, dificultar o efetivo combate e extinção de um incêndio.

2 SISTEMAS HIDRÁULICOS

2.1 MECÂNICA DOS FLUIDOS E HIDRÁULICA

A Hidráulica e a Mecânica dos Fluidos representam o ramo da mecânica aplicada que trata do comportamento dos fluidos, sejam eles em repouso ou em movimento (GUILLES, 1996).

A Hidráulica Aplicada é a aplicação concreta ou prática dos conhecimentos científicos da Mecânica dos Fluidos. O significado etimológico da palavra Hidráulica é “condução de água” (do grego *hydor*, água e *aulos*, tubo, condução). Entretanto, o termo Hidráulica assume um significado mais amplo. Pode ser definido como o estudo do comportamento dos líquidos, quer em repouso ou em movimento (AZEVEDO NETO, 1998).

Como exemplo de uma área de atuação da Hidráulica aplicada, pode-se citar o sistema hidráulico preventivo (SHP) contra incêndio presente em instalações prediais. Outros modelos podem ser observados facilmente em sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgotamento sanitário, canais, defesa contra inundações, drenagem em estradas, geração de energia, navegação, obras marítimas e fluviais, entre outros.

2.1.1 Evolução Histórica

As aplicações da hidráulica se fizeram presentes desde a antigüidade. Azevedo Neto (1998) enumera algumas as obras hidráulicas de maior importância:

- 3750 a.C.: existência de canais de irrigação construídos na planície situada entre os rios Tigre e Eufrates (Mesopotâmia) e coletores de esgoto em Nipur (Babilônia);

- 691 a.C.: primeiro sistema público de abastecimento de água, na Assíria;

- 250 a.C.: formulação do “Tratado Sobre Corpos Flutuantes”, de Arquimedes;
- 200 a.C.: idealização da bomba de pistão pelo físico grego Ctesibius;
- 1586 d.C.: publicação de um novo tratado por Stevin. As contribuições de Galileu, Torricelli e Bernoulli constituíram a base para o novo ramo científico;
- Século XVI: deve-se a Euler as primeiras equações gerais para o movimento dos fluidos. Nesta época, os conhecimentos que hoje constituem a mecânica dos fluidos eram separados em dois campos: Hidrodinâmica Teórica, que estudavam os líquidos perfeitos, e a Hidráulica empírica, em que cada problema era investigado isoladamente. A associação desses dois ramos iniciais deve-se principalmente à Aerodinâmica;
- Século XIX: o desenvolvimento da produção de tubos de ferro fundido, capazes de suportar a pressões internas relativamente elevadas, o crescimento das cidades, a importância cada vez maior dos serviços de abastecimento de água e o emprego de novas máquinas hidráulicas desenvolveram um progresso rápido e acentuado da Hidráulica;
- Século XX: construção das primeiras usinas hidrelétricas. O processamento de dados e o auxílio da computação têm contribuído na solução de problemas técnico-econômicos para o projeto e implantação de obras hidráulicas e propiciado a montagem de modelos de simulação. Pode-se, então, prever e analisar fenômenos dinâmicos até então impraticáveis de se proceder ou de confiabilidade e economicidade comprometidos.

Até meados do século XX, a compreensão dos fluidos foi efetuada por basicamente dois grupos: os hidráulicos e os matemáticos. Os primeiros trabalhavam de maneira empírica, realizando muitas experiências e fornecendo informações de valor inestimável aos engenheiros práticos da época. No entanto, por falta de proveitos generalizados da teoria existente, esses resultados eram restritos e de valor limitado a situações novas. Já o segundo grupo se concentrava na forma analítica e, por sua vez, devido à não-obtenção das informações experimentais, eram forçados a simplificar, ficando seus resultados à margem da realidade (SHAMES, 1973).

Claramente, alguns pesquisadores, como Reynolds, perceberam a importância do estudo dos fluidos consistirem em combinação entre teoria e prática. Este foi o começo da ciência da mecânica dos fluidos (SHAMES, 1973).

2.1.2 Conceito de Fluido

Conforme Guiles (1996), fluido é definido como uma substância capaz de escoar e tomar a forma de seu recipiente. Todos os fluidos oferecem baixa resistência à mudança de forma e possuem algum grau de compressibilidade.

De acordo com Shames (1973), o fluido é definido como uma substância que, enquanto existir uma força de cisalhamento, muda constantemente de forma. De modo contrário, um corpo elástico começa um deslocamento definido (ou se quebra completamente) quando submetido a uma tensão cisalhante.

Pode-se definir um fluido como sendo uma substância ou corpo cujas moléculas ou partículas movem-se, umas em relação às outras, sob a ação de forças de grandeza mínima (AZEVEDO NETO, 1998).

Os fluidos compreendem as fases líquidas e de vapor (ou gasosas) das formas físicas nas quais existe a matéria. Ao comparar seus comportamentos, torna-se evidente a distinção entre um fluido e o estado sólido da matéria. No sólido ocorre uma deformação quando uma tensão de cisalhamento lhe é aplicada, mas não de forma contínua (FOX; McDONALD, 1998).

Os líquidos e os gases apresentam algumas diferenças, tais como: os líquidos são praticamente incompressíveis enquanto os gases são compressíveis e normalmente devem ser tratados assim, e os líquidos ocupam volumes definidos e têm superfícies livres enquanto uma dada massa de gás se expande até ocupar todas as partes de qualquer recipiente (GUILLES, 1996).

De maneira semelhante, Azevedo Neto (1998) subdivide os fluidos em líquidos e aeriformes (gases e vapores). Os líquidos têm uma superfície livre, e uma determinada massa a uma

mesma temperatura, ocupa apenas um determinado volume de qualquer recipiente em que caiba sem sobras. Têm pouca compressibilidade e resistem pouco a trações e muito pouco a esforços cortantes, movendo-se facilmente. Já os gases, ocupam todo o volume do recipiente em que são acomodados, independente da sua massa ou do tamanho do recipiente. São altamente compreensíveis e de pequena densidade, relativamente aos líquidos.

2.1.3 Propriedades dos fluidos

Os fluidos possuem diversas propriedades, conforme Azevedo Neto (1998) relaciona:

- Massa específica: é a massa de um fluido em uma unidade de volume. Também pode ser chamada de densidade absoluta. Sua unidade é o $[\text{Kg/m}^3]$;

Quadro 1 – Variação da massa específica da água doce com a temperatura

Temperatura (°C)	Massa específica (kg/m³)	Temperatura (°C)	Massa específica (kg/m³)
0	999,87	50	988,00
5	999,99	60	983,00
10	999,73	70	978,00
20	998,23	80	972,00
30	995,67	90	965,00
40	992,24	100	958,00

Fonte: Azevedo Neto (1998)

- Peso específico: é o peso da unidade de volume desse fluido. Sua unidade é o $[\text{N/m}^3]$;

- Densidade: chama-se densidade relativa à relação entre a massa específica do material estudado e a massa específica de outro material tomado como base. No caso dos líquidos, essa substância base normalmente é a água a uma temperatura de $3,98^\circ\text{C}$. Tratando-se de aeriformes, geralmente adota-se o ar nas CNTP. Deste modo, a densidade relativa é adimensional;

- Compressibilidade: é a propriedade dos corpos de reduzir seus volumes sob a ação de forças externas. Para a água, a compressibilidade é considerada, em termos práticos, apenas nos problemas de cálculo de golpe de aríete. No S.I. sua unidade é dada por (N/m^2 ou Pa);

Quadro 2 – Variação do coeficiente de compressibilidade (α) da água doce com a temperatura

Temperatura (°C)	α (m^2/N) 10^{-10}
0	5,13
10	4,93
20	4,75
30	4,66

Fonte: Azevedo Neto (1998)

- Elasticidade: é a propriedade do fluido de aumentar seu volume quando se é diminuída a pressão. O aumento de volume, devido a certa depressão, tem o mesmo valor absoluto que a diminuição do volume, para uma compressão de igual valor absoluto. Ou seja, os módulos de elasticidade são iguais à depressão e à compressão;

- Viscosidade: ao escoar, verifica-se um movimento relativo entre as suas partículas, resultando em um atrito entre elas. Viscosidade é a propriedade dos fluidos responsável pela sua resistência à deformação. Também pode ser chamada de atrito interno. Outras definições podem ser adotadas a esta propriedade, como a capacidade do fluido em converter energia cinética em calor, ou capacidade do fluido em resistir à esforços cortantes (cisalhamento). Como a viscosidade está diretamente relacionada com a coesão entre as partículas do fluido, alguns líquidos apresentam essa propriedade com maior intensidade que outros. Portanto, a água escoar mais rapidamente que os óleos pesados. A unidade adotada no SI é o ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$);

Quadro 3 – Variação do coeficiente de viscosidade (μ) da água doce com a temperatura

Temperatura (°C)	μ (N.s/m ²)	Temperatura (°C)	μ (N.s/m ²)
0	1791	50	549
5	1517	60	469
10	1308	70	407
20	1008	80	357
30	799	90	317
40	653	100	284

Fonte: Azevedo Neto (1998)

- Coesão: propriedade que permite às partícula fluidas resistirem a pequenos esforços de tensão. A formação da gota d'água é um exemplo clássico.

- Adesão: ocorre quando um líquido está em contato com um sólido. A atração exercida pelas moléculas do sólido pode superar a atração existente entre as moléculas do próprio líquido.

- Tensão superficial: acontece na superfície de um líquido em contato com o ar, formando uma espécie de película elástica. Este fenômeno ocorre, pois a atração entre as moléculas do líquido é maior do que a atração exercida pelo ar e o fato das moléculas superficiais atraídas para o interior do líquido tender a tornar a área da superfície um mínimo. A unidade adotada no SI é o (N/m) e varia com a temperatura;

Quadro 4 – Variação da tensão superficial (τ) da água doce com a temperatura

Temperatura (°C)	τ (N/m) 10 ⁻²	Temperatura (°C)	τ (N/m) 10 ⁻²
0	7,513	50	6,778
10	7,375	60	6,622
20	7,230	70	6,453
30	7,069	80	6,260
40	6,911	90	6,070

Fonte: Azevedo Neto (1998)

- Solubilidade dos gases: o volume de gás dissolvido em um determinado volume de água é constante se não houver variação de temperatura. Um acréscimo de pressão acarreta na diminuição do volume de gás dissolvido e passa a ser possível dissolver mais gás. Ao realizar uma depressão, ocorre o inverso, liberando-se gás. É devido a esta propriedade que ocorrem o desprendimento de ar e o aparecimento de bolhas de ar nos pontos altos das tubulações. Nas CNTP, a água dissolve o ar em até cerca de 2% de seu volume;

Quadro 5 – Coeficiente de solubilidade de gases na água doce, em m³ de gás por m³ de água, ao nível do mar

GASES	0 °C	20 °C
Ar	0,03	
Ácido clorídrico	5,60	
Ácido sulfúrico	5,00	
Cloro	5,00	
Dióxido de carbono	1,87	0,92
Hidrogênio	0,023	0,020
Monóxido de carbono	0,04	
Oxigênio	0,053	0,033
Nitrogênio	0,026	0,017

Fonte: Azevedo Neto (1998)

- Tensão de vapor: ocorre quando um líquido entra em ebulição. Dependendo da pressão a que está submetido, o líquido varia sua temperatura de ebulição, podendo ferver a temperaturas mais baixas se a pressão também for menor. Portanto, essa temperatura de saturação de vapor (t_v) – ao entrar em ebulição – corresponde a tensão de vapor. Também pode ser chamada de pressão de saturação de vapor. É de fundamental importância para a análise do fenômeno de cavitação.

Quadro 6 – Tensões de vapor (p_v) da água a várias temperaturas (t_v)

t_v (°C)	p_v (kgf/cm ²)	t_v (°C)	p_v (kgf/cm ²)
0	0,00669	50	0,1258
5	0,00889	60	0,2031
10	0,01251	70	0,3178
20	0,02383	80	0,4829
30	0,04580	90	0,7149
40	0,07520	100	1,0332

Fonte: Azevedo Neto (1998)

2.1.4 Escoamento em tubulações

2.1.4.1 Definições

A maior parte das aplicações da Hidráulica na Engenharia se deve à utilização de tubos. Os tubos são condutos utilizados para o transporte de fluidos. Ao funcionar com a seção plena (cheia), em geral estão com a pressão superior à atmosférica, caso contrário, funcionam como canais com superfície livre (AZEVEDO NETO, 1998).

Os condutos forçados, ou sob pressão, são aqueles que o líquido escoar sob uma pressão diferente da pressão atmosférica. Possuem seções fechadas e em geral, circulares, porém em casos especiais, como nos grandes aquedutos, são usadas outras formas (NEVES, 1986).

Os condutos forçados incluem encanamentos, canalizações ou tubulações sob pressão, canalizações ou tubulações de recalque, canalizações ou tubulações de sucção, sifões, canalizações forçadas das usinas hidrelétricas, barriletes de sucção ou descarga, entre outros.

Os condutos livres apresentam pressão igual à atmosférica e funcionam sempre por gravidade. São executados com declividades preestabelecidas, exigindo nivelamento criterioso. Os

exemplos mais claros de condutos livres são os rios e canais, bem como a maior parte dos coletores de esgoto. Complementarmente, os condutos livres podem compreender: calhas, drenos, pontes e galerias (AZEVEDO NETO, 1998).

No caso de escoamentos reais, conforme Fox e McDonald (1998), a preocupação principal são os efeitos do atrito. O atrito provoca a queda da pressão, causando uma perda, quando comparado a um caso real, ou seja, desprezando o atrito.

2.1.4.2 Experiências de Reynolds: regimes de escoamento laminar e turbulento

A fim de observar o comportamento do escoamento dos líquidos, Osborne Reynolds, por volta de 1883, empregou um equipamento semelhante à figura 5. O dispositivo era composto de um tubo transparente inserido em um recipiente com paredes de vidro. Na entrada do tubo – alargada em forma de sino para evitar turbulências parasitas - localiza-se um ponto de introdução de um corante. Através da torneira existente na extremidade, é possível obter a regulagem da vazão (AZEVEDO NETO, 1998).

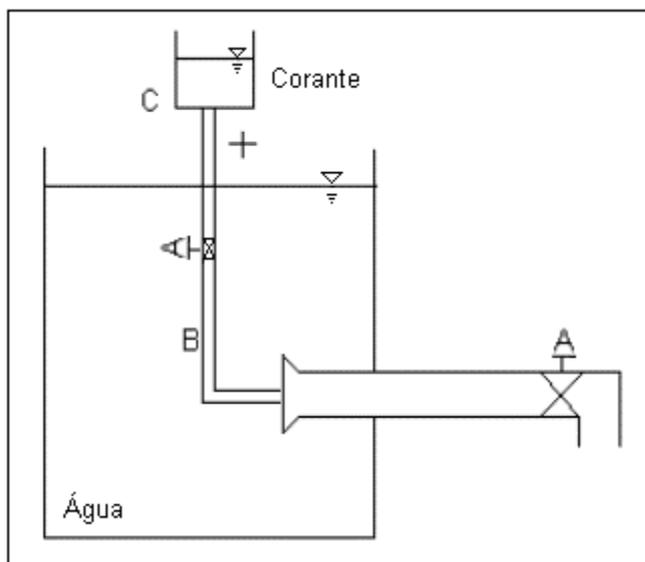


Figura 1 – Dispositivo semelhante ao empregado por Reynolds

Fonte: Do autor

Abrindo-se lentamente a torneira, pode-se observar inicialmente a formação de um filamento retilíneo. Nesta situação, as partículas fluidas movem-se com trajetórias bem definidas e não se cruzam. Este regime de escoamento é definido como laminar ou lamelar, pois no interior do líquido podem ser imaginadas lâminas ou lamelas em movimento (AZEVEDO NETO, 1998).

Posteriormente, ao abrir mais o obturador, a descarga e a velocidade do líquido aumentam. O que antes se assemelhava a uma lamela, agora pode chegar a difundir-se no líquido, devido ao movimento desordenado de suas partículas. Em qualquer instante, a velocidade apresenta uma componente transversal. Este regime de escoamento é definido como turbulento (AZEVEDO NETO, 1998).

Ao fechar gradualmente o obturador, Azevedo Neto (1998) afirma que o processo é revertido, isto é, sua velocidade reduz-se gradativamente, passando do regime de escoamento turbulento para o regime de escoamento lamelar. Existe certo valor de velocidade do fluido para ocorrer esta mudança de movimento. Este valor de velocidade denomina-se velocidade crítica inferior, sendo menor do que o valor de velocidade na qual o escoamento passa de laminar para turbulento.

Conforme Giles (1978), escoamento laminar é aquele nas quais as partículas do fluido movem-se em camadas segundo uma trajetória retilínea e paralela. A magnitude das velocidades adjacentes não é a mesma.

O escoamento turbulento é caracterizado pela movimentação confusa das partículas do fluido em todas as direções. É impossível traçar o movimento de uma partícula individual (GILES, 1978).

A partir daí, Reynolds investigou teórica e experimentalmente, diversos diâmetros e temperaturas e concluiu que para se determinar o tipo de movimento em uma canalização deve-se considerar o valor de uma expressão sem dimensões, conforme a equação 1, que é o número de Reynolds (R_e):

$$R_e = \frac{vD}{\nu}$$

(1)

onde v = velocidade do fluido (m/s);
 D = diâmetro da canalização (m);
 ν = viscosidade cinemática (m²/s).

Para um regime turbulento (em tubos comerciais), o R_e é superior a 4000. Em condições ideais (laboratório) já se tem observado movimentos laminares com valores de R_e superiores a 40000. Para um regime lamelar em encanamentos, este é estável para valores de R_e inferiores a 2000. Entre os valores de 2000 e 4000 encontra-se uma zona crítica, onde não se pode determinar com precisão os valores para perda de carga (AZEVEDO NETO, 1998).

O número de Reynolds é adimensional e representa a razão das forças de inércia pelas forças de viscosidade (GILES, 1978).

2.1.4.3 Perdas de carga

A perda de carga representa a energia mecânica por unidade de massa numa seção. A sua interpretação física é uma perda de energia mecânica por unidade de massa de fluido em escoamento (FOX; McDONALD, 1998).

Devido às flutuações aleatórias das componentes da velocidade e imprevisibilidade destes movimentos ocasionais, Massey (2002) assegura que ainda não foi possível desenvolver uma teoria completa para análise do escoamento turbulento. O cálculo da dissipação de energia mecânica em tubulações – perda por atrito – é utilizado para se obter uma investigação mais detalhada deste tipo de movimento do fluido.

No regime laminar, a resistência ao escoamento é dividida inteiramente à viscosidade. Embora a perda de energia seja comumente designada como perda por fricção ou por atrito, não se deve compará-la com o que acontece aos sólidos. Nas paredes dos tubos, não há o movimento do fluido, ou seja, a velocidade se eleva até o seu valor máximo junto ao eixo do tubo. Deste modo, imagina-se uma série de camadas em movimento, com velocidades diferentes e responsáveis pela dissipação de energia. Já em regime turbulento, a resistência é o efeito combinado das forças devidas à viscosidade e à inércia. Portanto, a distribuição de

velocidades na canalização depende da turbulência, que é influenciada pelas condições das paredes da tubulação. Quanto mais rugosa a parede do tubo, maior a turbulência (AZEVEDO NETO, 1998).

Usualmente, as instalações hidráulicas são constituídas por tubos não retilíneos e de diâmetros diferentes. Não obstante, incluem ainda peças especiais e conexões que, pelo posicionamento, elevam a turbulência, provocam atritos e causam o choque entre as partículas do próprio fluido em escoamento, dando origem a perdas de carga. Válvulas, registros e medidores são outras singularidades responsáveis por perdas dessa natureza. Azevedo Neto (1998) considera as seguintes perdas:

- Perda por resistência ao longo dos condutos: ocasionada pelo movimento da água na própria tubulação. É admitido que esta perda seja uniforme em qualquer porção da canalização. São comumente chamadas de perdas contínuas;

- Perdas locais, localizadas ou acidentais: ocasionadas pelos dispositivos especiais e demais singularidades da instalação. São relativamente importantes no caso de canalizações curtas com peças especiais. Frequentemente, para canalizações longas, seu valor é praticamente desprezível, levando em conta a perda pela resistência ao escoamento.

Frente a inúmeras dificuldades, Darcy e outros investigadores conduziram inúmeras investigações com tubos de seção circular, concluindo que a resistência ao escoamento da água é:

- Diretamente proporcional ao comprimento da canalização (πDL);

- Inversamente proporcional a uma potência do diâmetro ($1/D^m$);

- Função de uma potência da velocidade média (v^n);

- Variável com a natureza das paredes dos tubos (rugosidade), no caso de regime turbulento (k');

- Independente da posição do tubo;

- Independente da pressão interna sob a qual o líquido escoar;
- Função de uma potência da relação entre a viscosidade e a densidade do fluido $(\mu/\rho)^r$.

Portanto, para uma tubulação, a perda de carga pode ser expressa conforme a equação 2:

$$h_f = k' \times \pi D L \times \frac{1}{D^m} \times v^n \times \left(\frac{\mu}{\rho} \right)^r \quad (2)$$

Após realizar alguns aprimoramentos, por volta de 1850, Darcy e Weisbach obtiveram a fórmula de cálculo de perda de carga em tubulações (equação 3) conhecida como fórmula de Darcy-Weisbach ou ainda “fórmula Universal”:

$$h_f = f \frac{Lv^2}{D2g} \quad (3)$$

- onde
- f = coeficiente de atrito;
 - L = comprimento da canalização (m);
 - v = velocidade média do fluido (m/s);
 - D = diâmetro da canalização (m);
 - g = aceleração da gravidade (m/s^2).

Ao analisar a rugosidade das paredes dos tubos, devem ser considerados os seguintes itens: material empregado, o processo de fabricação, comprimento de cada peça, número de juntas, técnica de assentamento, estado de conservação das suas paredes, existência de revestimentos especiais e o emprego de medidas protetoras durante o funcionamento. Assim, um tubo de vidro é mais liso e oferece melhores condições de escoamento que um tubo de ferro fundido. Por outro lado, os tubos de ferro e de aço, quando novos, oferecem menor resistência ao escoamento que quando usados. Conforme o tempo de uso, minerais presentes na água atacam a superfície interna dos equipamentos, surgindo reentrâncias ou protuberâncias, ocasionando o fenômeno de natureza química chamado corrosão (AZEVEDO NETO, 1998).

Outro fenômeno corriqueiro em canalizações, apresentado por Azevedo Neto (1998), é a incrustação. Caracteriza-se pela deposição progressiva de substâncias contidas na água, formando camadas aderentes que reduzem o diâmetro útil dos tubos e alteram sua rugosidade. Um exemplo prático é a deposição progressiva de cálcio em tubulações.

Quadro 7 – Capacidade das canalizações de ferro e aço (sem revestimento permanente interno)

Idade (anos)	D = 4" (100mm)	D = 6" (150mm)	D = 10" (250mm)	D = 16" (400mm)	D = 20" (500mm)	D = 30" (750mm)
Novos	Q=100%	100	100	100	100	100
Após 10	Q=81%	83	85	86	86	87
Após 20	Q=68%	72	74	75	76	77
Após 30	Q=58%	65	67	68	69	
Após 40	Q=50%	58	61	62	63	

Fonte: Azevedo Neto (1998)

Para perdas de carga devida ao alargamento brusco da seção, usa-se a equação 4:

$$h_f = \frac{v_1 - v_2}{2g} \quad (4)$$

onde v_1 = velocidade na seção menor;

v_2 = velocidade na seção maior.

Para perdas localizadas, a expressão geral pode ser expressa sob a forma (equação 5):

$$h_f = K \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

onde K = coeficiente de perda de carga localizada.

A tabela 1 apresenta os valores aproximados de K para peças e perdas mais comuns na prática.

Tabela 1 – Valores aproximados de K (perdas localizadas)

PEÇA	K	PEÇA	K
Ampliação gradual	0,30	Junção	0,40
Bocais	2,75	Medidor Venturi	2,50
Comporta aberta	1,00	Redução gradual	0,15
Controlador de vazão	2,50	Saída de canalização	1,00
Cotovelo de 90°	0,90	Tê, passagem direta	0,60
Cotovelo de 45°	0,40	Tê, saída de lado	1,30
Crivo	0,75	Tê, saída bilateral	1,80
Curva de 90°	0,40	Válvula de ângulo aberto	5,00
Curva de 45°	0,20	Válvula de gaveta aberta	0,20
Curva de 22,5°	0,10	Válvula borboleta aberta	0,30
Entrada normal em canalização	0,50	Válvula-de-pé	1,75
Entrada de borda	1,00	Válvula de retenção	2,50
Existência de pequena derivação	0,03	Válvula globo aberta	10,00

Fonte: Azevedo Neto (1998)

A perda de carga na entrada de uma canalização (saída de reservatório) dependerá das condições que caracterizam o tipo de entrada, conforme mostra a tabela 2:

Tabela 2 – Valores aproximados de K na entrada de uma canalização

TIPO DE ENTRADA	K
Normal (90°)	0,50
Reentrante (Borda)	1,00
Arredondada (forma de sino)	0,05
Concordância com redução	0,10

Fonte: Azevedo Neto (1998)

A perda de carga na saída de uma canalização (entrada de reservatório) pode ocorrer em duas situações: ao ar livre ($K = 1$) e se a canalização entrar em um reservatório, caixa ou tanque (K compreendido entre 0,9 e 1).

A perda de carga em curvas obedece à tabela 3.

Tabela 3 – Curvas de 90°

Relação R/D	1	1 ½	2	4	6	8
Valores de K	0,48	0,36	0,27	0,21	0,27	0,36

Fonte: Azevedo Neto (1998)

Para as válvulas de gaveta totalmente abertas, sempre haverá uma perda de carga sensível devido à sua própria construção. Portanto, o valor de K pode variar desde 0,1 até 0,4, conforme suas características de fabricação. 0,2 é um dado médio representativo (AZEVEDO NETO, 1998).

A perda de carga devida ao estreitamento da seção é decorrente da redução brusca de diâmetro, de uma seção A_1 para uma seção A_2 , conforme a equação 6 mostra:

$$h_f = K \frac{v_2^2}{2g} \quad (6)$$

Sendo K calculado pela equação 7:

$$K = \frac{4}{9} \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)^2 \quad (7)$$

onde A_1 = velocidade na seção maior;

A_2 = velocidade na seção menor.

Da mesma forma, para o alargamento gradual de seção, a perda de carga é calculada conforme a equação 8:

$$h_f = K \frac{v_1 - v_2}{2g} \quad (8)$$

onde v_1 = velocidade na seção menor;

v_1 = velocidade na seção maior.

Um método relativamente recente para o cálculo de perdas de carga localizadas é o método dos cumprimentos virtuais. Segundo Azevedo Neto (1998), uma canalização que compreende

diversas peças especiais e outras singularidades – no que diz respeito as perdas de carga – equivale a um encanamento retilíneo de comprimento maior. O método consiste em se adicionarem à extensão da canalização, para efeito de cálculo, comprimentos tais que correspondam à mesma perda de carga que causariam os dispositivos especiais da instalação. Levando-se em conta todos os componentes especiais e demais causas de perda, chega-se a um comprimento virtual da canalização, conforme a equação 9:

$$L = \frac{KD}{f} \quad (9)$$

onde L = comprimento virtual da canalização.

As perdas de carga localizadas podem ser desprezadas no caso de tubulações muito longas. São ainda desprezíveis nas canalizações em que a velocidade é baixa e o número de peças especiais não é grande. Porém, em canalizações curtas, estas parcelas são preponderantes e substanciais. Exemplos típicos onde esta parcela não é levada em conta são as linhas adutoras e redes de distribuição (MASSEY, 2002).

Portanto – em encanamentos de recalque, instalações prediais e industriais –, é de suma importância considerar as perdas acidentais, pois se tratam de canalizações curtas e com grande número de peças especiais.

Segundo Neves (1986), uma fórmula muito utilizada nos Estados Unidos para o cálculo de condutos de pequeno diâmetro das instalações domiciliárias, é a fórmula de Hazen-Williams. Possui inúmeras vantagens, entre elas a aplicabilidade a condutos de diversos materiais e em diferentes condições. A fórmula de Hazen-Williams é descrita na equação 10:

$$\frac{J}{Q^{1,85}} = \frac{10,641}{C^{1,85}} D^{-4,87} \quad (10)$$

onde J = declividade piezométrica;

C = coeficiente de Chézy;

Q = vazão.

2.2 SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO

O sistema hidráulico preventivo (SHP) deverá ser locado em planta baixa, apresentado os detalhes e especificações do sistema, bem como o esquema vertical ou isométrico, numerando os hidrantes em ordem crescente, de tal forma que o hidrante de número um (H1) esteja localizado no último pavimento, sendo este o mais desfavorável hidraulicamente, quando se tratar de abastecimento por reservatório superior (SANTA CATARINA, 1994).

2.2.1 Conceituação e Objetivos

De acordo com Tanaka (1986), a instalação hidráulica para o combate a incêndios pode ser efetuada através de sistemas de acionamento automático ou sob comando. O primeiro é acionável independentemente de atuação do operador. Como exemplo, pode-se destacar os aspersores *sprincklers* – pequenos chuveiros instalados no teto e obturados com materiais de baixo ponto de fusão, os quais se fundem, jorrando água quando submetidos à elevação de temperatura, dentro de limites convenientes. Já o sistema sob comando funciona mediante a intervenção e o acionamento de um operador, seja ele um profissional bombeiro militar, seja um usuário da edificação. Face ao seu menor custo de implantação, é o mais comumente utilizado.

O sistema hidráulico preventivo de edificações pode ser conceituado como um conjunto de dispositivos de combate a incêndios que utiliza a água como agente extintor e que constitui uma medida básica de proteção contra este tipo de sinistro. É destinado a princípios de incêndio e dimensionado para armazenar e descarregar uma quantidade de água tal qual a magnitude do risco que visa proteger (CBMSC, 2005).

Para o presente trabalho, o enfoque principal dar-se-á sobre o sistema sob comando, ou seja, o sistema de combate a incêndio por meio de hidrantes.

2.2.2 Risco de Incêndio

Para efeito de determinação dos níveis de exigências dos sistemas de segurança, Santa Catarina (1994) classifica as edificações conforme o risco de incêndio levando em conta a ocupação, localização ou a carga de fogo, conforme segue:

- Risco Leve: residencial, comercial, pública, reunião de público (cinemas, teatros, entre outros), mista (residencial e comercial) e escolar. Fazem parte desta classe as edificações comerciais quando em um único pavimento ou, quando mistas, com via de circulação independente daquela que serve para o fluxo residencial, e que comportem carga de fogo média estimada menor que 60 kg/m^2 ;
- Risco Médio: hospitalar/laboratorial, garagens, comercial, industrial, mista e especial. As comerciais, industriais e mistas, quando instaladas em mais de um pavimento, com acessos dando em vias de circulação comum (nas mistas quando houver a sobreposição de fluxo comercial e residencial) e com carga de fogo estimada entre 60 e 120 kg/m^2 ;
- Risco Elevado: comercial, mista, industrial, e especial, quando o somatório das unidades comerciais da edificação mista e as demais comportarem carga de fogo estimada maior do que 120 kg/m^2 .

2.2.3 Componentes

Basicamente, o sistema hidráulico preventivo compõe-se de: reservatório, reserva técnica de incêndio, canalizações, hidrantes, hidrante de recalque, linhas de mangueira e esguichos.

2.2.3.1 Reservatório

Os reservatórios são compartimentos construídos ou instalados destinados ao armazenamento de água da edificação, seja ela para o consumo, seja para a reserva técnica de incêndio (CBMSC, 2005).

Segundo Brentano (2006), os reservatórios devem ser de concreto armado ou de metal, de preferência, e hermeticamente fechados. Além destes, podem ser constituídos de outros materiais desde que tenham resistência garantida ao fogo ou ao calor, a choques mecânicos e às intempéries. Componentes não resistentes ao fogo ou ao calor podem ser utilizados para reservatórios subterrâneos ou para aqueles localizados em lugares afastados da projeção da edificação e devidamente protegidos por paredes resistentes ao calor por, pelo menos, duas horas.

O reservatório é o responsável pelo abastecimento da rede de hidrantes. De acordo com o CBMSC (2005), o mesmo pode ser: elevado, subterrâneo, castelo de água ou manancial natural.

Nos reservatórios elevados, a adução é feita por gravidade, devendo este estar à altura suficiente para atender às necessidades do projeto. A canalização do sistema deve ter sua tomada de admissão pelo fundo do compartimento, enquanto a canalização de consumo predial deve ser instalada com saída lateral para assegurar a reserva técnica de incêndio. Estes reservatórios devem ser dotados de dispositivos para acesso a vistorias internas.

Inversamente, os reservatórios subterrâneos utilizam bombas para a adução do sistema de hidrantes, podendo ser de acionamento automático ou manual. Para o seu funcionamento, pode-se utilizar moto-geradores ou bombas de combustão interna, instaladas em compartimentos próprios (casa de bombas), que permitam fácil acesso, espaço interno para manutenção, ventilação adequada e ofereça proteção contra a ação das chamas.

Os reservatórios do tipo castelo de água podem ser instalados aproveitando o desnível topográfico do terreno (morros e encostas) ou construídos especialmente (torres isoladas da edificação). Têm as mesmas características de adução dos reservatórios elevados – gravidade

– podendo alimentar a rede de hidrantes internos e/ou externos, observando-se as condições mínimas de pressão e vazão. Assim como os reservatórios elevados, admite-se o emprego de Booster Pump (interposição de bombas para o aumento da pressão).

Já os mananciais naturais são constituídos por rios, lagos, açudes ou represas. Deverão atender o risco, segundo a necessidade da edificação, e devem assegurar a permanência do sistema. Neste caso, são instaladas bombas contendo um sistema de ralos e filtros para evitar a entrada de detritos sólidos que possam causar eventuais danos à estrutura dos componentes.

2.2.3.2 Reserva Técnica de Incêndio (RTI)

A reserva técnica de incêndio (RTI) é o volume de água reservado para ser utilizado no combate a incêndios através do SHP. Pode ser armazenado em reservatório exclusivo ou conjugado com o volume da água de consumo. Além destas duas formas de armazenagem, pode ser usada água diretamente de fontes naturais (mananciais naturais) ou, até, de piscinas, desde que possua um sistema de bombas exclusivo para este fim (BRENTANO, 2006).

De maneira complementar, a ABNT (2000) recomenda que as edificações devam possuir, ao menos, duas fontes de abastecimento de água independentes. Inicialmente, usa-se a fonte principal (reservatório) que deve ser capaz de alimentar as primeiras necessidades. Secundariamente, pode ser utilizado o hidrante de recalque – que será tratado no item 2.2.3.4 –, para o suprimento de água fornecido pelo Corpo de Bombeiros Militar.

Para edificações de risco leve, Santa Catarina (1994) – através das Normas de Segurança Contra Incêndio (NSCI) – estabelece um dimensionamento de maneira que a RTI forneça uma autonomia mínima de água de 30 (trinta) minutos. Independentemente da classe de risco da edificação. Para uma edificação de risco leve, será considerada a vazão do hidrante mais favorável acrescido de 2 (dois) minutos por hidrante excedente a 4 (quatro). Deve-se observar que, para essa classe de risco, a RTI mínima é de 5.000 (cinco mil) litros. Para as demais classes de risco, deverão ser consideradas as vazões nos hidrantes mais desfavoráveis levando em conta a simultaneidade prevista no Art. 81, itens 1, 2, 3 e 4. Para reservatórios subterrâneos, a RTI terá o dobro de previsão em relação ao reservatório elevado.

No que diz respeito a capacidade mínima da RTI, Tanaka (1986) corrobora, afirmando que o volume não pode ser inferior a 5 (cinco) m³.

2.2.3.3 Canalizações

Conforme o CBMSC (2005), as canalizações do SHP são formadas pelo conjunto de tubos, conexões, acessórios e outros materiais destinados a conduzir a água, desde o armazenamento até os pontos de hidrantes. A tubulação do sistema pode ser constituída de ferro fundido, ferro galvanizado, aço preto ou cobre, e as redes subterrâneas – exteriores à edificação –, poderão ser constituídas de tubos de fibro-cimento, cloreto de polivinila (PVC) ou categoria equivalente, desde que, quando de PVC, enterrados a pelo menos 1,20 metros de profundidade.

A canalização deve ser exclusiva para as instalações de combate a incêndio.

Complementarmente, a canalização de alimentação dos hidrantes deverá ser independente da de consumo normal e o diâmetro poderá diminuir somente na direção do fluxo de água, observando o valor mínimo de 63 milímetros (TANAKA, 1986).

A fim de caracterizar o sistema, CBMSC (2007) exige que, quando expostas, aéreas ou não, as canalizações deverão ser pintadas de vermelho. Outra ressalva importante que a NSCI faz menção é que as canalizações do SHP devem terminar no hidrante de recalque.

2.2.3.4 Hidrantes

Os hidrantes consistem em tomadas de água para alimentar as mangueiras do SHP. Podem possuir uma ou duas saídas de água, conforme a classe de risco. Brentano (2006) elenca alguns dos constituintes para este dispositivo:

- Abrigo: destinado a acondicionar os equipamentos (mangueira, esguicho), bem como o próprio hidrante. Pode ser fabricado em aço, alvenaria ou fibra de vidro e deve possuir dimensões máximas de 0,90 metros de altura, 0,70 metros de largura e 0,20 metros de profundidade;



Foto 1 – Hidrante de parede - abrigo

Fonte: Do autor



Foto 2 – Hidrante de parede – saída dupla

Fonte: Do autor

- Registro angular: responsável pelo controle de vazão de água. Normalmente, em instalações prediais, possuem 65 mm (2 ½”) de diâmetro nominal, montada com saída voltada para baixo, em ângulo de 45° ou 90°;



Foto 3 – Hidrante de parede – registro angular

Fonte: Do autor

- Adaptador: peça metálica que tem numa extremidade uma rosca (tipo fêmea ou macho) para ser conectada à válvula angular do hidrante, e na outra um engate rápido do tipo *storz* na qual é acoplada a mangueira de hidrante. Se o diâmetro da mangueira for inferior ao do registro angular, deve-se utilizar um adaptador com redução de diâmetro.



Foto 4 – Hidrante de parede – adaptador

Fonte: Do autor

De maneira sucinta, os hidrantes são classificados como: hidrante de parede, quando instalado junto a uma parede, com tubulação embutida ou aparente; e hidrante de coluna, normalmente instalado no lado externo dos edifícios, longe de paredes, emergindo do solo, ligado a uma rede subterrânea de alimentação pública. Analogamente, são denominados hidrantes simples quando possuem apenas uma saída de água – em edificações de risco leve – e hidrantes duplos quando possuem duas saídas – risco médio e elevado (CBMSC, 2005).

Nas edificações, os hidrantes deverão ser instalados, preferencialmente, dentro do abrigo de mangueiras, de modo que seja permitida a manobra e a substituição de qualquer peça. A sua distribuição ao longo da edificação deve ser realizada de maneira uniforme e estratégico, de modo que toda a área protegida fique ao alcance dos jatos de água (CBPMSP, 2004).

De forma semelhante, Tanaka (1986) afirma que os hidrantes deverão ser distribuídos de tal forma que qualquer ponto da área possa ser alcançado por um jato de água, considerando-se no máximo 30 (trinta) metros de mangueira. Para edificações de razão vertical, haverá em cada pavimento pelo menos um hidrante.

De acordo com Santa Catarina (1994), os hidrantes devem ter o centro geométrico da tomada de água variando entre cotas de 1,20 m e 1.50 m, além de estarem situados em locais de fácil visualização e fácil acesso.

Outra ressalva importante da Norma de Segurança Contra Incêndios, diz respeito à proibição de instalação de hidrantes em rampas, escadas e nem em seus patamares.

2.2.3.5 Mangueiras

Mangueiras de incêndio são equipamentos de combate, constituídos de um duto flexível dotado de juntas de união de engate rápido – tipo *storz* –, destinado a conduzir água sob pressão nas operações de combate e extinção de incêndios. O revestimento interno do duto é um tubo de borracha que impermeabiliza a mangueira, evitando que a água saia do seu interior. A capa do duto flexível é uma lona, confeccionada em fibras naturais ou sintéticas, que permite à mangueira suportar alta pressão de trabalho, tração e as difíceis condições de trabalho do Bombeiro (CBMSC, 2006).

Normalmente, são utilizadas para prevenção e combate a incêndio as mangueiras de diâmetro de 38 mm (1 ½”) para risco leve e de 63 mm (2 ½”) para riscos médio e elevado. Ao se utilizar uma mangueira de 38 mm, deve-se utilizar no hidrante uma redução de 63 mm para 38 mm (CBMSC, 2005)

As linhas de mangueiras, dotadas de juntas de união do tipo *storz*, não poderão ultrapassar o comprimento máximo de trinta metros. Neste caso, as mangueiras deverão ser em dois lances de tamanhos iguais, ou seja, ambos de quinze metros (SANTA CATARINA, 1994).

A ABNT (1998) apresenta os tipos de mangueiras de combate a incêndio, bem como suas respectivas aplicações, conforme segue:

- Mangueira Tipo 1: construída com um reforço têxtil e para pressão de trabalho de 980 kPa (10 kgf/cm²). Destina-se a edifícios de ocupação residencial;

- Mangueira Tipo 2: construída com um reforço têxtil e para pressão de trabalho de 1.370 kPa (14 kgf/cm²). Destina-se a edifícios comerciais e industriais ou Corpo de Bombeiros;
- Mangueira Tipo 3: construída com dois reforços têxteis sobrepostos e para pressão de trabalho de 1.470 kPa (15 kgf/cm²). Destina-se à área naval e industrial ou Corpo de Bombeiros;
- Mangueira Tipo 4: construída com um reforço têxtil, acrescida de uma película externa de plástico e para pressão de trabalho de 1.370 kPa (14 kgf/cm²). Destina-se à área industrial, onde é desejável uma maior resistência à abrasão;
- Mangueira Tipo 5: construída com um reforço têxtil acrescida de um revestimento externo de borracha para pressão de trabalho de 1.370 kPa (14 kgf/cm²). Destina-se à área industrial, onde é desejável uma alta resistência à abrasão e a superfícies quentes.



Foto 5 – Mangueira de combate a incêndio tipo 1 (38 mm)

Fonte: Do autor

As pressões para os diversos tipos de mangueira estão estabelecidas na tabela 4.

Tabela 4 – Pressão para os tipos de mangueira

Tipo	Pressão de Trabalho (m.c.a.)	Pressão de Prova kPa (kgf/cm²)	Pressão de Ruptura kPa (kgf/cm²)
1	98,0	206,0	343,0
2,4,5	137,0	207,5	412,0
3	147,0	294,0	490,0

Fonte: ABNT (1998)

2.2.3.6 Esguichos

Os dispositivos colocados nas extremidades das mangueiras de incêndio são denominados esguichos, tendo como função primordial o controle da direção do jato de água para as atividades de controle de incêndios (CBMDF, 2000).

Os esguichos são dispositivos acoplados numa das extremidades das mangueiras de hidrantes ou de mangotinhos, destinados a controlar e dar forma, direção e alcance aos jatos de água. São fabricados, freqüentemente, em ligas de latão ou de bronze, podendo ser, ainda, de outros materiais, como plástico de alta resistência, desde que comprovada a sua adequação técnica por órgão competente. Devem ser indeformáveis e não sujeitos à corrosão (BRENTANO, 2006).

Há esguichos de vários tipos e tamanhos, conforme a forma do jato desejado, a vazão e o diâmetro das mangueiras de incêndio utilizadas.

Conforme o CBMSC (2006), os esguichos podem ser encontrados no mercado nos seguintes tipos: esguicho canhão, esguicho pescoço de ganso (protetor de linhas), esguicho universal, esguicho regulável, esguicho agulheta, esguicho proporcionador de espuma, esguicho lançador de espuma, esguicho especial, entre outros. Para este trabalho, serão abordados o esguicho agulheta e o esguicho regulável, devido serem os mais usualmente utilizados em edificações.

O esguicho agulheta é o mais comum e que emite somente o jato compacto ou jato sólido. Este jato tem um maior alcance e exerce uma grande pressão no local que atinge, sendo interessante em algumas situações de combate a incêndio. É formado por um corpo tronco-cônico ou cilíndrico, cuja extremidade de diâmetro maior tem uma junta de união de engate rápido tipo “*storz*” para acoplamento à mangueira de hidrante, e na extremidade oposta, tem o diâmetro efetivo para o jato d’água (BRENTANO, 2006).



Foto 6 – Esguicho agulheta

Fonte: Do autor

Já o esguicho regulável permite a rápida e gradual modulação da emissão e da vazão da água, da forma de jato de neblina de alta velocidade até o jato compacto, além do seu fechamento total. De acordo com Brentano (2006), o esguicho regulável permite o fechamento e a abertura de água no momento desejado ou oportuno, sem ter que recorrer ao fechamento nas válvulas globo, localizadas no bocal do hidrante.



Foto 7 – Esguicho regulável

Fonte: Do autor

2.2.3.7 Hidrantes de Recalque

O hidrante de recalque ou hidrante de calçada consiste num prolongamento da rede de canalização até a entrada principal do risco protegido, onde são montados dispositivos de recalque, destinado a receber água de fonte externa através da utilização de viaturas do Corpo de Bombeiros (CBMSC, 2005).

De maneira análoga, o CBMDF (2000) apresenta o hidrante de recalque como um dispositivo de uso exclusivo dos profissionais bombeiros militares. Sua função principal é o recalque de água para o SHP da respectiva edificação.

Para Brentano (2006) a coluna de incêndio deve ser prolongada até o térreo, e daí até um ponto à frente da edificação ou até o passeio, onde na sua extremidade deve ser instalado o hidrante de recalque, de passeio ou de fachada.



Foto 8 – Hidrante de recalque

Fonte: Do autor

2.2.4 Necessidades do Sistema

Conforme Santa Catarina (1994), para as edificações com quatro ou mais pavimentos ou área total construída igual ou superior a 750 m² será exigido a instalação do sistema hidráulico preventivo. Para o caso de conjunto de unidades isoladas, agrupadas ou em blocos independentes, será computada a área do conjunto para efeito desta exigência.

2.2.4 Dimensionamento

Para o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo (SHP) do tipo gravitacional, o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina utiliza o método simplificado, conforme descrito abaixo (CBMSC, 2005):

2.2.4.1 Vazão

As vazões dos hidrantes são consideradas no bocal do esguicho acoplado à mangueira, podendo ser determinada por:

$$Q = C_d \times S \times \sqrt{2gH} \quad (11)$$

onde Q = vazão no bocal, em m^3/s ;
 C_d = coeficiente de descarga;
 S = área do bocal, em m^2 ;
 g = aceleração da gravidade, em m/s^2 ;
 H = pressão dinâmica mínima, em m.c.a.

De acordo com o Art. 67 da NSCI, adota-se para o cálculo da vazão o coeficiente de descarga (C_d) igual a 0,98.

Adotando-se o $C_d = 0,98$ e o diâmetro do requinte em mm, a vazão resultará em l/min, conforme a expressão modificada:

$$Q = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H} \quad (12)$$

onde Q = vazão no bocal, em l/min;
 d = diâmetro do requinte, em mm;
 H = pressão dinâmica mínima, em m.c.a.

Para o cálculo da vazão no hidrante “n” da edificação, pode-se utilizar a expressão:

$$Q_n = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível} (H_1 - H_n)} \quad (12)$$

onde Q_n = vazão no bocal do hidrante n, em l/min;
 d = diâmetro do requinte, em mm;
 H = pressão dinâmica mínima, em m.c.a.;

desnível ($H_1 - H_n$) = altura entre o hidrante 1 e o hidrante n, em m.

2.2.4.2 Pressão

Para efeitos deste trabalho de conclusão de curso, o excesso de pressão – ou sobrepressão – é caracterizado pelo valor de pressão superior ao valor da pressão de trabalho de quaisquer pontos ou dispositivos do sistema hidráulico preventivo da edificação em estudo.

Para determinar a pressão no primeiro hidrante, é usada a seguinte fórmula:

$$\boxed{PA = H_1 + \Delta ht_{H1-A} + \Delta hm_1} \quad (13)$$

onde PA = pressão no ponto A da tubulação, em m.c.a.;

H_1 = pressão dinâmica mínima no hidrante mais desfavorável, em m.c.a.;

Δht_{H1-A} = perda de carga total na tubulação no trecho H1 até o ponto A, em m;

Δhm_1 = perda de carga total na mangueira do H1, em m.

De maneira análoga, esta mesma equação é utilizada para calcular a pressão de qualquer hidrante da edificação, sendo necessária apenas a substituição dos valores de PA , H_1 , Δht_{H1-A} e Δhm_1 , pelos valores correspondentes de cada pavimento (PB , H_2 , Δht_{H2-B} e Δhm_2 para o hidrante do pavimento subsequente e assim sucessivamente para os demais hidrantes da edificação).

O cálculo da pressão hidráulica mínima dos demais hidrantes pode ser obtido pela seguinte dedução a partir da equação 12:

$$Q_n = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H_n}$$

$$Q_n = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H_n}$$

$$Q_n^2 = 0,2046^2 \times d^4 \times H_n$$

$$\boxed{H_n = \frac{Q_n^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

2.2.4.3 Perdas de Carga nas Tubulações e Mangueiras

A perda de carga total na tubulação é calculada do seguinte modo:

$$\boxed{\Delta h_{H1-A} = L_t \times J_1} \quad (15)$$

onde L_t = comprimento total da canalização no trecho H1 até o ponto A, em m;

J_1 = perda de carga unitária (em cada metro da tubulação), em m/m.

O comprimento total da canalização do trecho é dado por:

$$\boxed{L_t = L_r + L_{eq}} \quad (16)$$

onde L_r = comprimento real da canalização no trecho, em m;

L_{eq} = comprimento equivalente em conexões, em m.

Para a equivalência em metros das perdas de cargas localizadas em tubulações de PVC rígido ou cobre, utiliza-se a tabela 5.

Tabela 5 – Perdas de cargas localizadas e equivalência em metros

PEÇA (diâmetro)	EQUIVALÊNCIA (m)
redução (63 mm x 38 mm)	0,60
registro de angular (2 ½")	19,0
tê bilateral (2 ½")	7,80

Fonte: ABNT (1998)

A perda de carga unitária para a tubulação de 2 ½" é definida pela substituição dos valores de C e D na fórmula de Hazen-Williams (equação 10). Os valores são de 120 (Art. 68 da NSCI) e de 0,063 m (Art. 73 da NSCI), respectivamente, resultando na seguinte equação reduzida:

$$J_1 = 1065,88 \times Q_1^{1,85} \quad (17)$$

A perda de carga total na mangueira é dimensionada conforme a fórmula:

$$\Delta h_{m_1} = L_{m_1} \times J_{m_1} \quad (18)$$

onde L_{m_1} = comprimento total da mangueira do H1, em m;

J_{m_1} = perda de carga unitária (em cada metro da mangueira), em m/m.

O comprimento total da mangueira do H1 (L_{m_1}) pode ser verificado no detalhamento dos hidrantes (Figura 3).

A obtenção da equação de perda de carga unitária da mangueira se dá de forma semelhante ao cálculo de perda de carga unitária para a tubulação de 2 ½". Destarte, os únicos diferenciais são em relação aos valores de C (140), conforme o Art. 68 da NSCI, e D (0,038 m), conforme o Art. 73 da NSCI.

$$J_{m_1} = 9399,38 \times Q_1^{1,85} \quad (19)$$

Semelhante ao já mencionado anteriormente no item 2.2.4.2 (cálculo das pressões dos hidrantes da edificação), o mesmo pode ser aplicado aos cálculos de perdas de carga totais nas

tubulações e mangueiras para todos os demais pavimentos da edificação efetuando a substituição pelos valores correspondentes de cada hidrante.

2.2.4.4 Desnível A – R

O desnível A – R é definido como a altura entre o fundo do reservatório e a tomada de água do hidrante mais desfavorável no (eixo da canalização). Essa medida é feita verificar a pressão dinâmica mínima no hidrante hidráulicamente menos favorável, pela seguinte expressão:

$$\boxed{X = PA + \Delta ht_{A-R}} \quad (20)$$

onde X = desnível entre o fundo do reservatório e a tomada de água do hidrante mais desfavorável hidráulicamente, em m;

PA = pressão dinâmica no ponto A, em m.c.a.;

Δht_{A-R} = perda de carga total na tubulação no trecho entre o ponto A e o fundo do reservatório, em m.

Para calcular Δht_{A-R} , utiliza-se:

$$\boxed{\Delta ht_{A-R} = Lt_{A-R} \times J_{A-R}} \quad (21)$$

onde Lt_{A-R} = comprimento total da canalização no trecho do ponto A até o fundo do reservatório, em m;

J_{A-R} = perda de carga unitária (em cada metro da tubulação), em m/m.

Para obter o Lt_{A-R} pode-se utilizar a equação 16.

Já a J_{A-R} pode-se obter substituindo os valores de C e D na equação 10. Adota-se $C = 120$ e $D = 0,0762$ m, obtendo a seguinte fórmula reduzida:

$$\text{Lt}_{\text{A-R}} = 455,98 \times Q^{1,85}$$

(22)

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada envolveu, primeiramente, uma pesquisa bibliográfica acerca do tema a ser abordado. Em seguida, o autor realizou um levantamento de informações junto a Diretoria de Atividades Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, com referência ao dimensionamento do sistema hidráulico preventivo contra incêndio de edificações verticais.

O CBMSC preconiza o método simplificado para o dimensionamento do SHP. Tal procedimento se dá devido ao baixo número de profissionais da corporação empregados nas Seções de Atividades Técnicas nas Organizações de Bombeiro Militar do Estado, tendo em vista à crescente demanda deste serviço.

4 CÁLCULO DAS PRESSÕES

O método utilizado para efetuar o cálculo das pressões dos hidrantes do SHP é o mesmo preconizado pela Diretoria de Atividades Técnicas (DAT) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, conforme tratado no item 2.2.4.

Utilizar-se-á o esquema vertical conforme a figura 2. O pé-direito de todos os pavimentos é igual a 2,70 m.

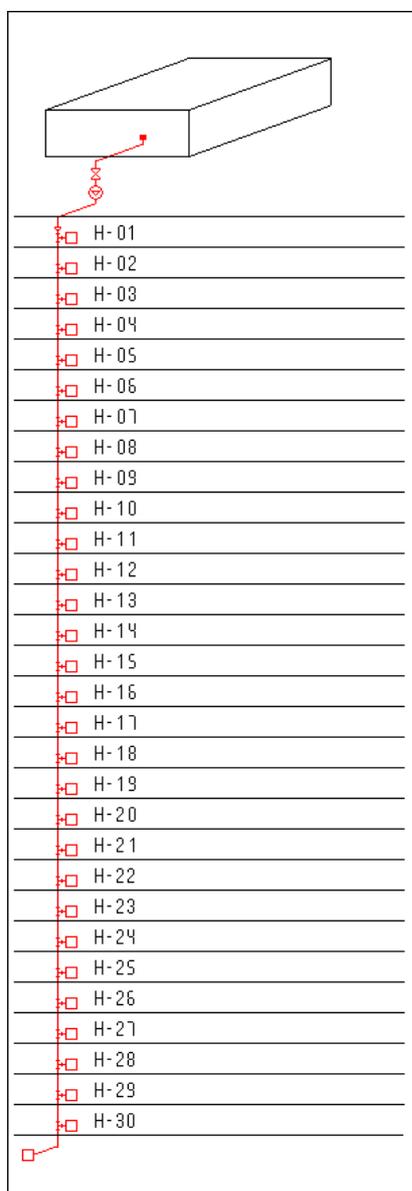


Figura 2 – Esquema vertical – edificação de 30 pavimentos

Fonte: Do autor

Os detalhes do SHP podem ser observados na figura 03.

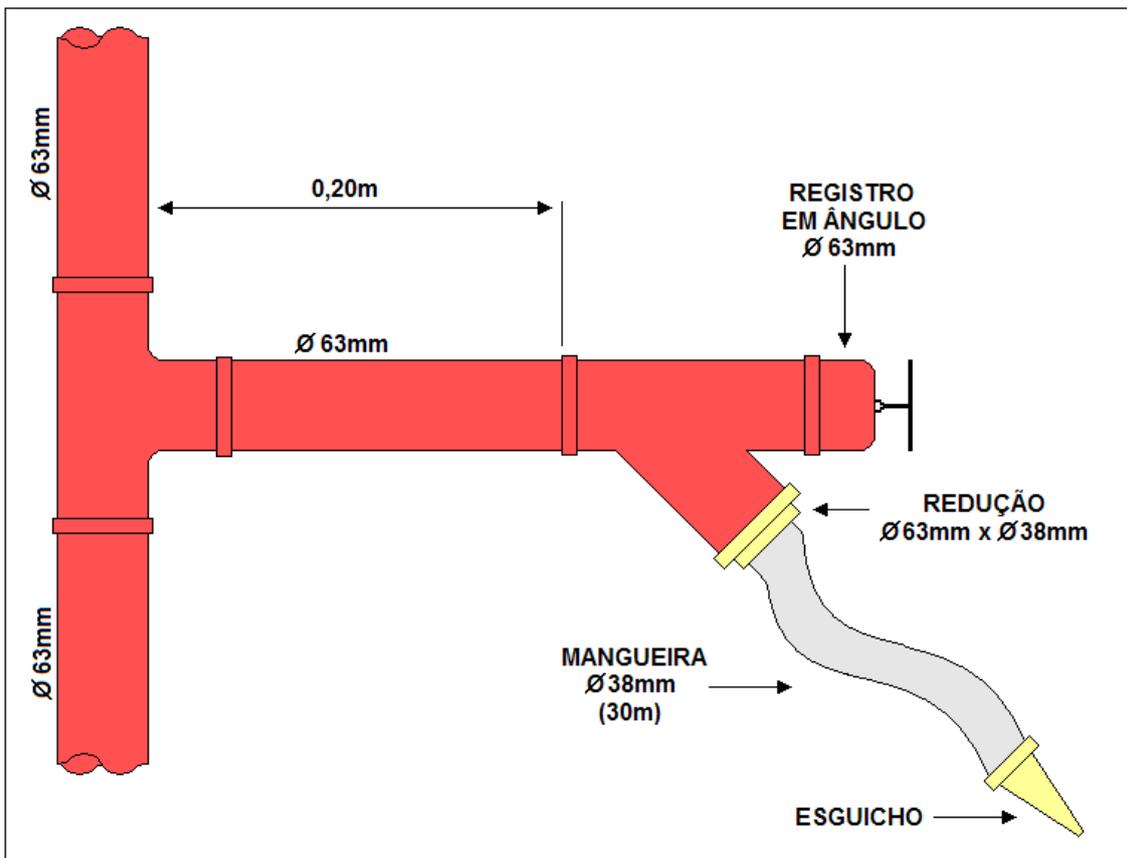


Figura 3 – Detalhes do SHP

Fonte: Do autor

4.1 PRESSÃO NO PONTO A – HIDRANTE 1

$$PA = H_1 + \Delta ht_{HI-A} + \Delta hm_1 \quad (13)$$

$$H_1 = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta ht_{HI-A} = ?$$

$$\Delta hm_1 = ?$$

$$\Delta ht_{HI-A} = Lt \times J1 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J1 = ?$$

$$\boxed{Lt = Lr + Leq} \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$\boxed{J1 = 1065,88 \times Q_1^{1,85}} \quad (17)$$

$$Q_1 = ?$$

$$\boxed{Q_1 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H}} \quad (12)$$

$$Q = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4}$$

$$Q_1 = 69,15 \frac{l}{\text{min}} = 0,0012 \frac{m^3}{s}$$

A partir da vazão, pode-se calcular J1:

$$\boxed{J1 = 1065,88 \times Q_1^{1,85}} \quad (17)$$

$$J1 = 1065,88 \times 0,0012^{1,85}$$

$$J1 = 0,0042 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J1, é possível obter-se Δht_{H1-A} :

$$\boxed{\Delta ht_{H1-A} = Lt \times J1} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H1-A} = 27,60 \times 0,0042$$

$$\Delta ht_{H1-A} = 0,1159 \text{ m}$$

$$\boxed{\Delta hm_1 = Lm_1 \times Jm_1} \quad (18)$$

$$Lm_1 = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_1 = ?$$

$$\boxed{Jm_1 = 9399,38 \times Q_1^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_1 = 9399,38 \times 0,0012^{1,85}$$

$$Jm_1 = 0,0371 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_1 e Jm_1 , pode-se obter Δhm_1 :

$$\boxed{\Delta hm_1 = Lm_1 \times Jm_1} \quad (18)$$

$$\Delta hm_1 = 30 \times 0,0371$$

$$\Delta hm_1 = 1,11 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PA pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PA = H_1 + \Delta ht_{H1-A} + \Delta hm_1} \quad (13)$$

$$PA = 4 + 0,1159 + 1,11$$

$$\mathbf{PA = 5,23 \text{ m.c.a.}}$$

4.2 PRESSÃO NO PONTO B – HIDRANTE 2

$$\boxed{PB = H_2 + \Delta ht_{H2-B} + \Delta hm_2} \quad (13)$$

$$H_2 = ?$$

$$\Delta ht_{H2-B} = ?$$

$$\Delta hm_2 = ?$$

$$\boxed{H_2 = \frac{Q_2^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_2 = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_2 = ?$$

$$Q_2 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_2)} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_2) = 2,80 \text{ m}$$

$$Q_2 = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 2,80}$$

$$Q_2 = 90,17 \frac{l}{\text{min}} = 0,0015 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_2 pode-se calcular H_2 :

$$H_2 = \frac{Q_2^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_2 = \frac{90,17^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_2 = 6,80 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta h_{H_2-B} = L_t \times J_2 \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_2 = ?$$

$$L_t = L_r + L_{eq} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular } (2 \frac{1}{2}'') = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral } (2 \frac{1}{2}'') = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$L_t = 0,20 + 27,40$$

$$L_t = 27,60 \text{ m}$$

$$J_2 = 1065,88 \times Q_2^{1,85} \quad (17)$$

$$J_2 = 1065,88 \times 0,0015^{1,85}$$

$$J_2 = 0,0064 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de L_t e J_2 , é possível obter-se Δh_{H2-B} :

$$\Delta h_{H2-B} = L_t \times J_2 \quad (15)$$

$$\Delta h_{H2-B} = 27,60 \times 0,0064$$

$$\Delta h_{H2-B} = 0,1766m$$

$$\Delta h m_2 = L m_2 \times J m_2 \quad (18)$$

$$L m_2 = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$J m_2 = ?$$

$$J m_2 = 9399,38 \times Q_2^{1,85} \quad (19)$$

$$J m_2 = 9399,38 \times 0,0015^{1,85}$$

$$J m_2 = 0,0561m$$

Com os valores de $L m_2$ e $J m_2$, pode-se obter $\Delta h m_2$:

$$\Delta h m_2 = L m_2 \times J m_2 \quad (18)$$

$$\Delta h m_2 = 30 \times 0,0561$$

$$\Delta h m_2 = 1,68m$$

Finalmente, o valor de PB pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PB = H_2 + \Delta h_{H2-B} + \Delta h m_2 \quad (13)$$

$$PB = 6,80 + 0,1766 + 1,68$$

$$PB = 8,66 \text{ m.c.a.}$$

4.3 PRESSÃO NO PONTO C – HIDRANTE 3

$$PC = H_3 + \Delta h_{H3-C} + \Delta h m_3 \quad (13)$$

$$H_3 = ?$$

$$\Delta h_{H_3-C} = ?$$

$$\Delta h_{m_3} = ?$$

$$\boxed{H_3 = \frac{Q_3^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_3 = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_3 = ?$$

$$\boxed{Q_3 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_3)}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_3) = 5,60 \text{ m}$$

$$Q_3 = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 5,60}$$

$$Q_3 = 107,13 \frac{l}{\text{min}} = 0,0018 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_3 pode-se calcular H_3 :

$$\boxed{H_3 = \frac{Q_3^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_3 = \frac{107,13^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_3 = 9,60 \text{ m.c.a.}$$

$$\boxed{\Delta h_{H_3-C} = L_t \times J_3} \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_3 = ?$$

$$\boxed{L_t = L_r + L_{eq}} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

1 registro de angular (2 ½'')	=	19,0 m
1 tê bilateral (2 ½'')	=	7,80 m
Total	=	27,40 m (Tabela 05)

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$\boxed{J3 = 1065,88 \times Q_3^{1,85}} \quad (17)$$

$$J3 = 1065,88 \times 0,0018^{1,85}$$

$$J2 = 0,0089 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J3 é possível obter-se Δht_{H3-C} :

$$\boxed{\Delta ht_{H3-C} = Lt \times J3} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H3-C} = 27,60 \times 0,0089$$

$$\Delta ht_{H3-C} = 0,2456m$$

$$\boxed{\Delta hm_3 = Lm_3 \times Jm_3} \quad (18)$$

$$Lm_3 = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_3 = ?$$

$$\boxed{Jm_3 = 9399,38 \times Q_3^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_3 = 9399,38 \times 0,0018^{1,85}$$

$$Jm_3 = 0,0786m$$

Com os valores de Lm_3 e Jm_3 , pode-se obter Δhm_3 :

$$\boxed{\Delta hm_3 = Lm_3 \times Jm_3} \quad (18)$$

$$\Delta hm_3 = 30 \times 0,0786$$

$$\Delta hm_3 = 2,36 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PC pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PC = H_3 + \Delta ht_{H3-C} + \Delta hm_3} \quad (13)$$

$$PC = 9,60 + 0,2456 + 2,36$$

$$\mathbf{PC = 12,21 \text{ m.c.a.}}$$

4.4 PRESSÃO NO PONTO D – HIDRANTE 4

$$\boxed{PD = H_4 + \Delta ht_{H4-D} + \Delta hm_4} \quad (13)$$

$$H_4 = ?$$

$$\Delta ht_{H4-D} = ?$$

$$\Delta hm_4 = ?$$

$$\boxed{H_4 = \frac{Q_4^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_4 = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_4 = ?$$

$$\boxed{Q_4 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_4)}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_4) = 8,40 \text{ m}$$

$$Q_4 = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 8,40}$$

$$Q_4 = 121,76 \frac{l}{\text{min}} = 0,0020 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_4 pode-se calcular H_4 :

$$\boxed{H_4 = \frac{Q_4^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_4 = \frac{121,76^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_4 = 12,40 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta ht_{H4-D} = Lt \times J4 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J4 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{''}) = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{''}) = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$J4 = 1065,88 \times Q_4^{1,85} \quad (17)$$

$$J4 = 1065,88 \times 0,0020^{1,85}$$

$$J4 = 0,0108 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J4 é possível obter-se Δht_{H4-D} :

$$\Delta ht_{H4-D} = Lt \times J4 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H4-D} = 27,60 \times 0,0108$$

$$\Delta ht_{H4-D} = 0,2981 \text{ m}$$

$$\Delta hm_4 = Lm_4 \times Jm_4 \quad (18)$$

$$Lm_4 = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_4 = ?$$

$$Jm_4 = 9399,38 \times Q_4^{1,85} \quad (19)$$

$$Jm_4 = 9399,38 \times 0,0020^{1,85}$$

$$Jm_4 = 0,0955 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_4 e Jm_4 , pode-se obter Δhm_4 :

$$\Delta hm_4 = Lm_4 \times Jm_4 \quad (18)$$

$$\Delta hm_4 = 30 \times 0,0955$$

$$\Delta hm_4 = 2,86 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PD pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PD = H_4 + \Delta ht_{H4-D} + \Delta hm_4 \quad (13)$$

$$PD = 12,40 + 0,2981 + 2,86$$

$$\mathbf{PD = 15,56 \text{ m.c.a.}}$$

4.5 PRESSÃO NO PONTO E – HIDRANTE 5

$$PE = H_5 + \Delta ht_{H5-E} + \Delta hm_5 \quad (13)$$

$$H_5 = ?$$

$$\Delta ht_{H5-E} = ?$$

$$\Delta hm_5 = ?$$

$$H_5 = \frac{Q_5^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_5 = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_5 = ?$$

$$Q_5 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível} - H_5} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_5) = 11,20 \text{ m}$$

$$Q_5 = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 11,20}$$

$$Q_5 = 134,81 \frac{l}{\text{min}} = 0,0022 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_5 pode-se calcular H_5 :

$$H_5 = \frac{Q_5^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_5 = \frac{134,81^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_5 = 15,20 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_{H_5-E} = L_t \times J_5 \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_5 = ?$$

$$L_t = L_r + L_{eq} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$L_t = 0,20 + 27,40$$

$$L_t = 27,60 \text{ m}$$

$$J_5 = 1065,88 \times Q_5^{1,85} \quad (17)$$

$$J_5 = 1065,88 \times 0,0022^{1,85}$$

$$J_5 = 0,0129 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de L_t e J_5 é possível obter-se Δh_{H5-E} :

$$\Delta h_{H5-E} = L_t \times J_5 \quad (15)$$

$$\Delta h_{H5-E} = 27,60 \times 0,0129$$

$$\Delta h_{H5-E} = 0,3560m$$

$$\Delta h m_5 = L m_5 \times J m_5 \quad (18)$$

$$L m_5 = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$J m_5 = ?$$

$$J m_5 = 9399,38 \times Q_5^{1,85} \quad (19)$$

$$J m_5 = 9399,38 \times 0,0022^{1,85}$$

$$J m_5 = 0,1139m$$

Com os valores de $L m_5$ e $J m_5$, pode-se obter $\Delta h m_5$:

$$\Delta h m_5 = L m_5 \times J m_5 \quad (18)$$

$$\Delta h m_5 = 30 \times 0,1139$$

$$\Delta h m_5 = 3,42 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PE pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PE = H_5 + \Delta h_{H5-E} + \Delta h m_5 \quad (13)$$

$$PE = 15,20 + 0,3560 + 3,42$$

$$PE = 18,98 \text{ m.c.a.}$$

4.6 PRESSÃO NO PONTO F – HIDRANTE 6

$$PF = H_6 + \Delta h_{H6-F} + \Delta h m_6 \quad (13)$$

$$H_6 = ?$$

$$\Delta h_{H_6-F} = ?$$

$$\Delta h_{m_6} = ?$$

$$\boxed{H_6 = \frac{Q_6^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_6 = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_6 = ?$$

$$\boxed{Q_6 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_6)}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_6) = 14,00 \text{ m}$$

$$Q_6 = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 14,00}$$

$$Q_6 = 138,31 \frac{l}{\text{min}} = 0,0023 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_6 pode-se calcular H_6 :

$$\boxed{H_6 = \frac{Q_6^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_6 = \frac{138,31^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_6 = 16,00 \text{ m.c.a.}$$

$$\boxed{\Delta h_{H_6-F} = L_t \times J_6} \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_6 = ?$$

$$\boxed{L_t = L_r + L_{eq}} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

1 registro de angular (2 ½'')	=	19,0 m
1 tê bilateral (2 ½'')	=	7,80 m
Total	=	27,40 m (Tabela 05)

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$\boxed{J6 = 1065,88 \times Q_6^{1,85}} \quad (17)$$

$$J6 = 1065,88 \times 0,0023^{1,85}$$

$$J6 = 0,0140 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J6 é possível obter-se Δht_{H6-F} :

$$\boxed{\Delta ht_{H6-F} = Lt \times J6} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H6-F} = 27,60 \times 0,0140$$

$$\Delta ht_{H6-F} = 0,3864m$$

$$\boxed{\Delta hm_6 = Lm_6 \times Jm_6} \quad (18)$$

$$Lm_6 = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_6 = ?$$

$$\boxed{Jm_6 = 9399,38 \times Q_6^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_6 = 9399,38 \times 0,0023^{1,85}$$

$$Jm_6 = 0,1237m$$

Com os valores de Lm_6 e Jm_6 , pode-se obter Δhm_6 :

$$\boxed{\Delta hm_6 = Lm_6 \times Jm_6} \quad (18)$$

$$\Delta hm_6 = 30 \times 0,1237$$

$$\Delta hm_6 = 3,71m$$

Finalmente, o valor de PF pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PF = H_6 + \Delta ht_{H6-F} + \Delta hm_6} \quad (13)$$

$$PF = 16,00 + 0,3864 + 3,71$$

$$\mathbf{PF = 20,01 \text{ m.c.a.}}$$

4.7 PRESSÃO NO PONTO G – HIDRANTE 7

$$\boxed{PG = H_7 + \Delta ht_{H7-G} + \Delta hm_7} \quad (13)$$

$$H_7 = ?$$

$$\Delta ht_{H7-G} = ?$$

$$\Delta hm_7 = ?$$

$$\boxed{H_7 = \frac{Q_7^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_7 = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_7 = ?$$

$$\boxed{Q_7 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_7)}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_7) = 16,80 \text{ m}$$

$$Q_7 = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 16,80}$$

$$Q_7 = 157,70 \frac{l}{\text{min}} = 0,0026 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_7 pode-se calcular H_7 :

$$\boxed{H_7 = \frac{Q_7^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_7 = \frac{157,70^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_7 = 20,80 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta ht_{H7-G} = Lt \times J7 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J7 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$J7 = 1065,88 \times Q_7^{1,85} \quad (17)$$

$$J7 = 1065,88 \times 0,0026^{1,85}$$

$$J7 = 0,0176 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J7 é possível obter-se Δht_{H7-G} :

$$\Delta ht_{H7-G} = Lt \times J7 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H7-G} = 27,60 \times 0,0176$$

$$\Delta ht_{H7-G} = 0,4858 \text{ m}$$

$$\Delta hm_7 = Lm_7 \times Jm_7 \quad (18)$$

$$Lm_7 = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_7 = ?$$

$$\boxed{Jm_7 = 9399,38 \times Q_7^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_7 = 9399,38 \times 0,0026^{1,85}$$

$$Jm_7 = 0,1552 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_7 e Jm_7 , pode-se obter Δhm_7 :

$$\boxed{\Delta hm_7 = Lm_7 \times Jm_7} \quad (18)$$

$$\Delta hm_7 = 30 \times 0,1552$$

$$\Delta hm_7 = 4,66 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PG pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PG = H_7 + \Delta ht_{H7-G} + \Delta hm_7} \quad (13)$$

$$PG = 20,80 + 0,4858 + 4,66$$

$$\mathbf{PG = 25,95 \text{ m.c.a.}}$$

4.8 PRESSÃO NO PONTO h – HIDRANTE 8

$$\boxed{Ph = H_8 + \Delta ht_{H8-h} + \Delta hm_8} \quad (13)$$

$$H_8 = ?$$

$$\Delta ht_{H8-h} = ?$$

$$\Delta hm_8 = ?$$

$$\boxed{H_8 = \frac{Q_8^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_8 = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_8 = ?$$

$$Q_8 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_8)} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_8) = 19,60 \text{ m}$$

$$Q_8 = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 19,60}$$

$$Q_8 = 167,98 \frac{l}{\text{min}} = 0,0028 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_8 pode-se calcular H_8 :

$$H_8 = \frac{Q_8^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_8 = \frac{167,98^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_8 = 23,60 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_{H_8-h} = Lt \times J_8 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J_8 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$J_8 = 1065,88 \times Q_8^{1,85} \quad (17)$$

$$J_8 = 1065,88 \times 0,0028^{1,85}$$

$$J_8 = 0,0202 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de L_t e J_8 é possível obter-se Δht_{H8-h} :

$$\Delta ht_{H8-h} = L_t \times J_8 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H8-h} = 27,60 \times 0,0202$$

$$\Delta ht_{H8-h} = 0,5575m$$

$$\Delta hm_g = Lm_g \times Jm_g \quad (18)$$

$$Lm_g = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_g = ?$$

$$Jm_g = 9399,38 \times Q_g^{1,85} \quad (19)$$

$$Jm_g = 9399,38 \times 0,0028^{1,85}$$

$$Jm_g = 0,1780m$$

Com os valores de Lm_g e Jm_g , pode-se obter Δhm_g :

$$\Delta hm_g = Lm_g \times Jm_g \quad (18)$$

$$\Delta hm_g = 30 \times 0,1780$$

$$\Delta hm_g = 5,34 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de Ph pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$Ph = H_g + \Delta ht_{H8-h} + \Delta hm_g \quad (13)$$

$$Ph = 23,60 + 0,5575 + 5,34$$

$$\mathbf{Ph = 29,50 \text{ m.c.a.}}$$

4.9 PRESSÃO NO PONTO I – HIDRANTE 9

$$PI = H_9 + \Delta ht_{H9-I} + \Delta hm_9 \quad (13)$$

$$H_9 = ?$$

$$\Delta h_{H9-I} = ?$$

$$\Delta h_{m9} = ?$$

$$\boxed{H_9 = \frac{Q_9^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_9 = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_9 = ?$$

$$\boxed{Q_9 = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_9)}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_9) = 22,40 \text{ m}$$

$$Q_9 = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 22,40}$$

$$Q_9 = 177,66 \frac{l}{\text{min}} = 0,0030 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_9 pode-se calcular H_9 .

$$\boxed{H_9 = \frac{Q_9^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_9 = \frac{177,66^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_9 = 26,40 \text{ m.c.a.}$$

$$\boxed{\Delta h_{H9-I} = L_t \times J_9} \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_9 = ?$$

$$\boxed{L_t = L_r + L_{eq}} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

1 registro de angular (2 ½'')	=	19,0 m
1 tê bilateral (2 ½'')	=	7,80 m
Total	=	27,40 m (Tabela 05)

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$\boxed{J9 = 1065,88 \times Q_9^{1,85}} \quad (17)$$

$$J9 = 1065,88 \times 0,0030^{1,85}$$

$$J9 = 0,0229 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J9 é possível obter-se Δht_{H9-I} :

$$\boxed{\Delta ht_{H9-I} = Lt \times J9} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H9-I} = 27,60 \times 0,0229$$

$$\Delta ht_{H9-I} = 0,6320m$$

$$\boxed{\Delta hm_9 = Lm_9 \times Jm_9} \quad (18)$$

$$Lm_9 = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_9 = ?$$

$$\boxed{Jm_9 = 9399,38 \times Q_9^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_9 = 9399,38 \times 0,0030^{1,85}$$

$$Jm_9 = 0,2022m$$

Com os valores de Lm_9 e Jm_9 , pode-se obter Δhm_9 :

$$\boxed{\Delta hm_9 = Lm_9 \times Jm_9} \quad (18)$$

$$\Delta hm_9 = 30 \times 0,2022$$

$$\Delta hm_9 = 6,07 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PI pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PI = H_9 + \Delta ht_{H9-I} + \Delta hm_9} \quad (13)$$

$$PI = 26,40 + 0,6320 + 6,07$$

$$\mathbf{PI = 33,10 \text{ m.c.a.}}$$

4.10 PRESSÃO NO PONTO J – HIDRANTE 10

$$\boxed{PJ = H_{10} + \Delta ht_{H10-J} + \Delta hm_{10}} \quad (13)$$

$$H_{10} = ?$$

$$\Delta ht_{H10-J} = ?$$

$$\Delta hm_{10} = ?$$

$$\boxed{H_{10} = \frac{Q_{10}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{10} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{10} = ?$$

$$\boxed{Q_{10} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{10})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{10}) = 25,20 \text{ m}$$

$$Q_{10} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 25,20}$$

$$Q_{10} = 186,85 \frac{l}{\text{min}} = 0,0031 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{10} pode-se calcular H_{10} :

$$\boxed{H_{10} = \frac{Q_{10}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{10} = \frac{186,85^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{10} = 29,20m.c.a$$

$$\Delta ht_{H10-J} = Lt \times J10 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J10 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$J10 = 1065,88 \times Q_{10}^{1,85} \quad (17)$$

$$J10 = 1065,88 \times 0,0031^{1,85}$$

$$J10 = 0,0244 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J10 é possível obter-se Δht_{H10-J} :

$$\Delta ht_{H10-J} = Lt \times J10 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H10-J} = 27,60 \times 0,0244$$

$$\Delta ht_{H10-J} = 0,6734m$$

$$\Delta hm_{10} = Lm_{10} \times Jm_{10} \quad (18)$$

$$Lm_{10} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{10} = ?$$

$$\boxed{Jm_{10} = 9399,38 \times Q_{10}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{10} = 9399,38 \times 0,0031^{1,85}$$

$$Jm_{10} = 0,2148 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_{10} e Jm_{10} , pode-se obter Δhm_{10} :

$$\boxed{\Delta hm_{10} = Lm_{10} \times Jm_{10}} \quad (18)$$

$$\Delta hm_{10} = 30 \times 0,2148$$

$$\Delta hm_{10} = 6,44 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PJ pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PJ = H_{10} + \Delta ht_{H10-J} + \Delta hm_{10}} \quad (13)$$

$$PJ = 29,20 + 0,6734 + 6,44$$

$$\mathbf{PJ = 36,31 \text{ m.c.a.}}$$

4.11 PRESSÃO NO PONTO K – HIDRANTE 11

$$\boxed{PK = H_{11} + \Delta ht_{H11-K} + \Delta hm_{11}} \quad (13)$$

$$H_{11} = ?$$

$$\Delta ht_{H11-K} = ?$$

$$\Delta hm_{11} = ?$$

$$\boxed{H_{11} = \frac{Q_{11}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{11} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{11} = ?$$

$$Q_{11} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{11})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{11}) = 28,00 \text{ m}$$

$$Q_{11} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 28,00}$$

$$Q_{11} = 195,60 \frac{l}{\text{min}} = 0,0033 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{11} pode-se calcular H_{11} :

$$H_{11} = \frac{Q_{11}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{11} = \frac{195,60^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{11} = 32,00 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_{H_{11}-K} = L_t \times J_{11} \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_{11} = ?$$

$$L_t = L_r + L_{eq} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$L_t = 0,20 + 27,40$$

$$L_t = 27,60 \text{ m}$$

$$J_{11} = 1065,88 \times Q_{11}^{1,85} \quad (17)$$

$$J_{11} = 1065,88 \times 0,0033^{1,85}$$

$$J_{11} = 0,0274 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J11 é possível obter-se Δht_{H11-K} :

$$\Delta ht_{H11-K} = Lt \times J11 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H11-K} = 27,60 \times 0,0274$$

$$\Delta ht_{H11-K} = 0,7562m$$

$$\Delta hm_{11} = Lm_{11} \times Jm_{11} \quad (18)$$

$$Lm_{11} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{11} = ?$$

$$Jm_{11} = 9399,38 \times Q_{11}^{1,85} \quad (19)$$

$$Jm_{11} = 9399,38 \times 0,0033^{1,85}$$

$$Jm_{11} = 0,2412m$$

Com os valores de Lm_{11} e Jm_{11} , pode-se obter Δhm_{11} :

$$\Delta hm_{11} = Lm_{11} \times Jm_{11} \quad (18)$$

$$\Delta hm_{11} = 30 \times 0,2412$$

$$\Delta hm_{11} = 7,24 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PK pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PK = H_{11} + \Delta ht_{H11-K} + \Delta hm_{11} \quad (13)$$

$$PK = 32,00 + 0,7562 + 7,24$$

$$PK = 40,00 \text{ m.c.a.}$$

4.12 PRESSÃO NO PONTO L – HIDRANTE 12

$$PL = H_{12} + \Delta ht_{H12-L} + \Delta hm_{12} \quad (13)$$

$$H_{12} = ?$$

$$\Delta h_{H_{12}-L} = ?$$

$$\Delta h_{m_{12}} = ?$$

$$H_{12} = \frac{Q_{12}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{12} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{12} = ?$$

$$Q_{12} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{12})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{12}) = 30,80 \text{ m}$$

$$Q_{12} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 30,80}$$

$$Q_{12} = 203,98 \frac{l}{\text{min}} = 0,0034 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{12} pode-se calcular H_{12} :

$$H_{12} = \frac{Q_{12}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{12} = \frac{203,98^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{12} = 34,80 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_{H_{12}-L} = L_t \times J_{12} \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_{12} = ?$$

$$L_t = L_r + L_{eq} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

1 registro de angular (2 ½'')	=	19,0 m
1 tê bilateral (2 ½'')	=	7,80 m
Total	=	27,40 m (Tabela 05)

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$\boxed{J12 = 1065,88 \times Q_{12}^{1,85}} \quad (17)$$

$$J12 = 1065,88 \times 0,0034^{1,85}$$

$$J12 = 0,0289 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J12 é possível obter-se Δht_{H12-L} :

$$\boxed{\Delta ht_{H12-L} = Lt \times J12} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H12-L} = 27,60 \times 0,0289$$

$$\Delta ht_{H12-L} = 0,7976m$$

$$\boxed{\Delta hm_{12} = Lm_{12} \times Jm_{12}} \quad (18)$$

$$Lm_{12} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{12} = ?$$

$$\boxed{Jm_{12} = 9399,38 \times Q_{12}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{12} = 9399,38 \times 0,0034^{1,85}$$

$$Jm_{12} = 0,2549m$$

Com os valores de Lm_{12} e Jm_{12} , pode-se obter Δhm_{12} :

$$\boxed{\Delta hm_{12} = Lm_{12} \times Jm_{12}} \quad (18)$$

$$\Delta hm_{12} = 30 \times 0,2549$$

$$\Delta hm_{12} = 7,64 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PL pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PL = H_{12} + \Delta ht_{H12-L} + \Delta hm_{12}} \quad (13)$$

$$PL = 34,80 + 0,7976 + 7,64$$

$$\mathbf{PL = 43,24 \text{ m.c.a.}}$$

4.13 PRESSÃO NO PONTO M – HIDRANTE 13

$$\boxed{PM = H_{13} + \Delta ht_{H13-M} + \Delta hm_{13}} \quad (13)$$

$$H_{13} = ?$$

$$\Delta ht_{H13-M} = ?$$

$$\Delta hm_{13} = ?$$

$$\boxed{H_{13} = \frac{Q_{13}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{13} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{13} = ?$$

$$\boxed{Q_{13} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{13})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{13}) = 33,60 \text{ m}$$

$$Q_{13} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 33,60}$$

$$Q_{13} = 212,02 \frac{l}{\text{min}} = 0,0035 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{13} pode-se calcular H_{13} :

$$\boxed{H_{13} = \frac{Q_{13}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{13} = \frac{212,02^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{13} = 37,60m.c.a$$

$$\Delta ht_{H13-M} = Lt \times J13 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J13 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$J13 = 1065,88 \times Q_{13}^{1,85} \quad (17)$$

$$J13 = 1065,88 \times 0,0035^{1,85}$$

$$J13 = 0,0305 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J13 é possível obter-se Δht_{H13-M} :

$$\Delta ht_{H13-M} = Lt \times J13 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H13-M} = 27,60 \times 0,0305$$

$$\Delta ht_{H13-M} = 0,8418m$$

$$\Delta hm_{13} = Lm_{13} \times Jm_{13} \quad (18)$$

$$Lm_{13} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{13} = ?$$

$$\boxed{Jm_{13} = 9399,38 \times Q_{13}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{13} = 9399,38 \times 0,0035^{1,85}$$

$$Jm_{13} = 0,2689 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_{13} e Jm_{13} , pode-se obter Δhm_{13} :

$$\boxed{\Delta hm_{13} = Lm_{13} \times Jm_{13}} \quad (18)$$

$$\Delta hm_{13} = 30 \times 0,2689$$

$$\Delta hm_{13} = 8,07 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PM pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PM = H_{13} + \Delta ht_{H13-M} + \Delta hm_{13}} \quad (13)$$

$$PM = 37,60 + 0,8418 + 8,07$$

$$\mathbf{PM = 46,51 \text{ m.c.a.}}$$

4.14 PRESSÃO NO PONTO N – HIDRANTE 14

$$\boxed{PN = H_{14} + \Delta ht_{H14-N} + \Delta hm_{14}} \quad (13)$$

$$H_{14} = ?$$

$$\Delta ht_{H14-N} = ?$$

$$\Delta hm_{14} = ?$$

$$\boxed{H_{14} = \frac{Q_{14}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{14} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{14} = ?$$

$$Q_{14} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}} (H_1 - H_{14}) \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{14}) = 36,40 \text{ m}$$

$$Q_{14} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 36,40}$$

$$Q_{14} = 219,78 \frac{l}{\text{min}} = 0,0037 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{14} pode-se calcular H_{14} :

$$H_{14} = \frac{Q_{14}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{14} = \frac{219,78^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{14} = 40,40 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_{H_{14}-N} = L_t \times J_{14} \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_{14} = ?$$

$$L_t = L_r + L_{eq} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$L_t = 0,20 + 27,40$$

$$L_t = 27,60 \text{ m}$$

$$J_{14} = 1065,88 \times Q_{14}^{1,85} \quad (17)$$

$$J_{14} = 1065,88 \times 0,0037^{1,85}$$

$$J_{14} = 0,0338 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de L_t e J_{14} é possível obter-se $\Delta h_{H_{14}-N}$:

$$\Delta h_{H_{14}-N} = L_t \times J_{14} \quad (15)$$

$$\Delta h_{H_{14}-N} = 27,60 \times 0,0338$$

$$\Delta h_{H_{14}-N} = 0,9329m$$

$$\Delta h_{m_{14}} = L_{m_{14}} \times J_{m_{14}} \quad (18)$$

$$L_{m_{14}} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$J_{m_{14}} = ?$$

$$J_{m_{14}} = 9399,38 \times Q_{14}^{1,85} \quad (19)$$

$$J_{m_{14}} = 9399,38 \times 0,0037^{1,85}$$

$$J_{m_{14}} = 0,2980m$$

Com os valores de $L_{m_{14}}$ e $J_{m_{14}}$, pode-se obter $\Delta h_{m_{14}}$:

$$\Delta h_{m_{14}} = L_{m_{14}} \times J_{m_{14}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{14}} = 30 \times 0,2980$$

$$\Delta h_{m_{14}} = 8,94m$$

Finalmente, o valor de PN pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PN = H_{14} + \Delta h_{H_{14}-N} + \Delta h_{m_{14}} \quad (13)$$

$$PN = 40,40 + 0,9329 + 8,94$$

$$PN = 50,27 \text{ m.c.a.}$$

4.15 PRESSÃO NO PONTO O – HIDRANTE 15

$$\boxed{PO = H_{15} + \Delta ht_{H15-O} + \Delta hm_{15}} \quad (13)$$

$$H_{15} = ?$$

$$\Delta ht_{H15-O} = ?$$

$$\Delta hm_{15} = ?$$

$$\boxed{H_{15} = \frac{Q_{15}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{15} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{15} = ?$$

$$\boxed{Q_{15} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{15})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{15}) = 39,20 \text{ m}$$

$$Q_{15} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 39,20}$$

$$Q_{15} = 227,27 \frac{l}{\text{min}} = 0,0038 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{15} pode-se calcular H_{15} :

$$\boxed{H_{15} = \frac{Q_{15}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{15} = \frac{227,27^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{15} = 43,20 \text{ m.c.a}$$

$$\boxed{\Delta ht_{H15-O} = Lt \times J15} \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J15 = ?$$

$$\boxed{Lt = Lr + Leq} \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm x } 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$\boxed{J15 = 1065,88 \times Q_{15}^{1,85}} \quad (17)$$

$$J15 = 1065,88 \times 0,0038^{1,85}$$

$$J15 = 0,0355 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J15$ é possível obter-se Δht_{H15-O} :

$$\boxed{\Delta ht_{H15-O} = Lt \times J15} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H15-O} = 27,60 \times 0,0355$$

$$\Delta ht_{H15-O} = 0,9798 \text{ m}$$

$$\boxed{\Delta hm_{15} = Lm_{15} \times Jm_{15}} \quad (18)$$

$$Lm_{15} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{15} = ?$$

$$\boxed{Jm_{15} = 9399,38 \times Q_{15}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{15} = 9399,38 \times 0,0038^{1,85}$$

$$Jm_{15} = 0,3131 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_{15} e Jm_{15} , pode-se obter Δhm_{15} :

$$\boxed{\Delta hm_{15} = Lm_{15} \times Jm_{15}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{15}} = 30 \times 0,3131$$

$$\Delta h_{m_{15}} = 9,39 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PO pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PO = H_{15} + \Delta h_{H15-O} + \Delta h_{m_{15}}} \quad (13)$$

$$PO = 43,20 + 0,9798 + 9,39$$

$$\mathbf{PO = 53,57 \text{ m.c.a.}}$$

4.16 PRESSÃO NO PONTO P – HIDRANTE 16

$$\boxed{PP = H_{16} + \Delta h_{H16-P} + \Delta h_{m_{16}}} \quad (13)$$

$$H_{16} = ?$$

$$\Delta h_{H16-P} = ?$$

$$\Delta h_{m_{16}} = ?$$

$$\boxed{H_{16} = \frac{Q_{16}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{16} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{16} = ?$$

$$\boxed{Q_{16} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{16})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{16}) = 42,00 \text{ m}$$

$$Q_{16} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 42,00}$$

$$Q_{16} = 234,52 \frac{l}{\text{min}} = 0,0039 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{16} pode-se calcular H_{16} :

$$H_{16} = \frac{Q_{16}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{16} = \frac{234,52^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{16} = 46,00m.c.a$$

$$\Delta ht_{H16-P} = Lt \times J16 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J16 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$J16 = 1065,88 \times Q_{16}^{1,85} \quad (17)$$

$$J16 = 1065,88 \times 0,0039^{1,85}$$

$$J16 = 0,0372 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J16$ é possível obter-se Δht_{H16-P} :

$$\Delta ht_{H16-P} = Lt \times J16 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H16-P} = 27,60 \times 0,0372$$

$$\Delta ht_{H16-P} = 1,0267m$$

$$\Delta hm_{16} = Lm_{16} \times Jm_{16} \quad (18)$$

$$L_{m_{16}} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$J_{m_{16}} = ?$$

$$\boxed{J_{m_{16}} = 9399,38 \times Q_{16}^{1,85}} \quad (19)$$

$$J_{m_{16}} = 9399,38 \times 0,0039^{1,85}$$

$$J_{m_{16}} = 0,3285 \text{ m}$$

Com os valores de $L_{m_{16}}$ e $J_{m_{16}}$, pode-se obter $\Delta h_{m_{16}}$:

$$\boxed{\Delta h_{m_{16}} = L_{m_{16}} \times J_{m_{16}}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{16}} = 30 \times 0,3285$$

$$\Delta h_{m_{16}} = 9,86 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PP pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PP = H_{16} + \Delta h_{H_{16}-P} + \Delta h_{m_{16}}} \quad (13)$$

$$PP = 46,00 + 1,0267 + 9,86$$

$$\mathbf{PP = 56,89 \text{ m.c.a.}}$$

4.17 PRESSÃO NO PONTO Q – HIDRANTE 17

$$\boxed{PQ = H_{17} + \Delta h_{H_{17}-Q} + \Delta h_{m_{17}}} \quad (13)$$

$$H_{17} = ?$$

$$\Delta h_{H_{17}-Q} = ?$$

$$\Delta h_{m_{17}} = ?$$

$$\boxed{H_{17} = \frac{Q_{17}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{17} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{17} = ?$$

$$Q_{17} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{17})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{17}) = 44,80 \text{ m}$$

$$Q_{17} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 44,80}$$

$$Q_{17} = 241,55 \frac{l}{\text{min}} = 0,0040 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{17} pode-se calcular H_{17} :

$$H_{17} = \frac{Q_{17}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{17} = \frac{241,55^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{17} = 48,80 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta h_{H_{17}-Q} = L_t \times J_{17} \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_{17} = ?$$

$$L_t = L_r + L_{eq} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$L_t = 0,20 + 27,40$$

$$L_t = 27,60 \text{ m}$$

$$J_{17} = 1065,88 \times Q_{17}^{1,85} \quad (17)$$

$$J17 = 1065,88 \times 0,0040^{1,85}$$

$$J17 = 0,0390 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J17 é possível obter-se Δht_{H17-Q} :

$$\Delta ht_{H17-Q} = Lt \times J17 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H17-Q} = 27,60 \times 0,0390$$

$$\Delta ht_{H17-Q} = 1,0764m$$

$$\Delta hm_{17} = Lm_{17} \times Jm_{17} \quad (18)$$

$$Lm_{17} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{17} = ?$$

$$Jm_{17} = 9399,38 \times Q_{17}^{1,85} \quad (19)$$

$$Jm_{17} = 9399,38 \times 0,0040^{1,85}$$

$$Jm_{17} = 0,3443m$$

Com os valores de Lm_{17} e Jm_{17} , pode-se obter Δhm_{17} :

$$\Delta hm_{17} = Lm_{17} \times Jm_{17} \quad (18)$$

$$\Delta hm_{17} = 30 \times 0,3443$$

$$\Delta hm_{17} = 10,33m$$

Finalmente, o valor de PQ pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PQ = H_{17} + \Delta ht_{H17-Q} + \Delta hm_{17} \quad (13)$$

$$PQ = 48,80 + 1,0764 + 10,33$$

$$PQ = 60,21 \text{ m.c.a.}$$

4.18 PRESSÃO NO PONTO R – HIDRANTE 18

$$\boxed{PR = H_{18} + \Delta ht_{H18-R} + \Delta hm_{18}} \quad (13)$$

$$H_{18} = ?$$

$$\Delta ht_{H18-R} = ?$$

$$\Delta hm_{18} = ?$$

$$\boxed{H_{18} = \frac{Q_{18}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{18} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{18} = ?$$

$$\boxed{Q_{18} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{18})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{18}) = 47,60 \text{ m}$$

$$Q_{18} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 47,60}$$

$$Q_{18} = 248,38 \frac{l}{\text{min}} = 0,0041 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{18} pode-se calcular H_{18} :

$$\boxed{H_{18} = \frac{Q_{18}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{18} = \frac{248,38^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{18} = 51,60 \text{ m.c.a}$$

$$\boxed{\Delta ht_{H18-R} = Lt \times J18} \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J18 = ?$$

$$\boxed{Lt = Lr + Leq} \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm x } 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$\boxed{J18 = 1065,88 \times Q_{18}^{1,85}} \quad (17)$$

$$J18 = 1065,88 \times 0,0041^{1,85}$$

$$J18 = 0,0409 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J18$ é possível obter-se Δht_{H18-R} :

$$\boxed{\Delta ht_{H18-R} = Lt \times J18} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H18-R} = 27,60 \times 0,0409$$

$$\Delta ht_{H18-R} = 1,1288 \text{ m}$$

$$\boxed{\Delta hm_{18} = Lm_{18} \times Jm_{18}} \quad (18)$$

$$Lm_{18} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{18} = ?$$

$$\boxed{Jm_{18} = 9399,38 \times Q_{18}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{18} = 9399,38 \times 0,0041^{1,85}$$

$$Jm_{18} = 0,3604 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_{18} e Jm_{18} , pode-se obter Δhm_{18} :

$$\boxed{\Delta hm_{18} = Lm_{18} \times Jm_{18}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{18}} = 30 \times 0,3604$$

$$\Delta h_{m_{18}} = 10,81 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PR pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{\text{PR} = H_{18} + \Delta h_{t_{H18-R}} + \Delta h_{m_{18}}} \quad (13)$$

$$\text{PR} = 51,60 + 1,1288 + 10,33$$

$$\text{PR} = \mathbf{63.54 \text{ m.c.a.}}$$

4.19 PRESSÃO NO PONTO S – HIDRANTE 19

$$\boxed{\text{PS} = H_{19} + \Delta h_{t_{H19-S}} + \Delta h_{m_{19}}} \quad (13)$$

$$H_{19} = ?$$

$$\Delta h_{t_{H19-S}} = ?$$

$$\Delta h_{m_{19}} = ?$$

$$\boxed{H_{19} = \frac{Q_{19}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{19} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{19} = ?$$

$$\boxed{Q_{19} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{19})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{19}) = 50,40 \text{ m}$$

$$Q_{19} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 50,40}$$

$$Q_{19} = 255,03 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 0,0042 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Com o valor de Q_{19} pode-se calcular H_{19} :

$$H_{19} = \frac{Q_{19}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{19} = \frac{255,03^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{19} = 54,40 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta ht_{H19-S} = Lt \times J19 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J19 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$J19 = 1065,88 \times Q_{19}^{1,85} \quad (17)$$

$$J19 = 1065,88 \times 0,0042^{1,85}$$

$$J19 = 0,0427 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J19$ é possível obter-se Δht_{H19-S} :

$$\Delta ht_{H19-S} = Lt \times J19 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H19-S} = 27,60 \times 0,0427$$

$$\Delta ht_{H19-S} = 1,1785 \text{ m}$$

$$\Delta hm_{19} = Lm_{19} \times Jm_{19} \quad (18)$$

$$L_{m_{19}} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$J_{m_{19}} = ?$$

$$\boxed{J_{m_{19}} = 9399,38 \times Q_{19}^{1,85}} \quad (19)$$

$$J_{m_{19}} = 9399,38 \times 0,0042^{1,85}$$

$$J_{m_{19}} = 0,3768 \text{ m}$$

Com os valores de $L_{m_{19}}$ e $J_{m_{19}}$, pode-se obter $\Delta h_{m_{19}}$:

$$\boxed{\Delta h_{m_{19}} = L_{m_{19}} \times J_{m_{19}}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{19}} = 30 \times 0,3768$$

$$\Delta h_{m_{19}} = 11,30 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PS pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PS = H_{19} + \Delta h_{t_{H_{19}-S}} + \Delta h_{m_{19}}} \quad (13)$$

$$PS = 54,40 + 1,1785 + 11,30$$

$$\mathbf{PS = 66.88 \text{ m.c.a.}}$$

4.20 PRESSÃO NO PONTO T – HIDRANTE 20

$$\boxed{PT = H_{20} + \Delta h_{t_{H_{20}-T}} + \Delta h_{m_{20}}} \quad (13)$$

$$H_{20} = ?$$

$$\Delta h_{t_{H_{20}-T}} = ?$$

$$\Delta h_{m_{20}} = ?$$

$$\boxed{H_{20} = \frac{Q_{20}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{20} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{20} = ?$$

$$Q_{20} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{20})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{20}) = 53,20 \text{ m}$$

$$Q_{20} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 53,20}$$

$$Q_{20} = 261,51 \frac{l}{\text{min}} = 0,0044 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{20} pode-se calcular H_{20} :

$$H_{20} = \frac{Q_{20}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{20} = \frac{261,51^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{20} = 57,20 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_{H_{20}-T} = Lt \times J20 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J20 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$J20 = 1065,88 \times Q_{20}^{1,85} \quad (17)$$

$$J_{20} = 1065,88 \times 0,0044^{1,85}$$

$$J_{20} = 0,0466 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de L_t e J_{20} é possível obter-se $\Delta h_{H_{20}-T}$:

$$\Delta h_{H_{20}-T} = L_t \times J_{20} \quad (15)$$

$$\Delta h_{H_{20}-T} = 27,60 \times 0,0466$$

$$\Delta h_{H_{20}-T} = 1,2862m$$

$$\Delta h_{m_{20}} = L_{m_{20}} \times J_{m_{20}} \quad (18)$$

$$L_{m_{20}} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$J_{m_{20}} = ?$$

$$J_{m_{20}} = 9399,38 \times Q_{20}^{1,85} \quad (19)$$

$$J_{m_{20}} = 9399,38 \times 0,0044^{1,85}$$

$$J_{m_{20}} = 0,4107m$$

Com os valores de $L_{m_{20}}$ e $J_{m_{20}}$, pode-se obter $\Delta h_{m_{20}}$:

$$\Delta h_{m_{20}} = L_{m_{20}} \times J_{m_{20}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{20}} = 30 \times 0,4107$$

$$\Delta h_{m_{20}} = 12,32m$$

Finalmente, o valor de PT pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PT = H_{20} + \Delta h_{H_{20}-T} + \Delta h_{m_{20}} \quad (13)$$

$$PT = 57,20 + 1,2862 + 12,32$$

$$PT = 70,81 \text{ m.c.a.}$$

4.21 PRESSÃO NO PONTO U – HIDRANTE 21

$$\boxed{PU = H_{21} + \Delta ht_{H21-U} + \Delta hm_{21}} \quad (13)$$

$$H_{21} = ?$$

$$\Delta ht_{H21-U} = ?$$

$$\Delta hm_{21} = ?$$

$$\boxed{H_{21} = \frac{Q_{21}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{21} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{21} = ?$$

$$\boxed{Q_{21} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{21})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{21}) = 56,00 \text{ m}$$

$$Q_{21} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 56,00}$$

$$Q_{21} = 267,84 \frac{l}{\text{min}} = 0,0045 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{21} pode-se calcular H_{21} :

$$\boxed{H_{21} = \frac{Q_{21}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{21} = \frac{267,84^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{21} = 60,00 \text{ m.c.a}$$

$$\boxed{\Delta ht_{H21-U} = Lt \times J21} \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J21 = ?$$

$$\boxed{Lt = Lr + Leq} \quad (16)$$

$Lr = 0,20$ m (Figura 03)

$Leq = 1$ redução 63 mm x 38 mm = 0,60 m

1 registro de angular (2 ½'') = 19,0 m

1 tê bilateral (2 ½'') = 7,80 m

Total = 27,40 m (Tabela 05)

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$\boxed{J21 = 1065,88 \times Q_{21}^{1,85}} \quad (17)$$

$$J21 = 1065,88 \times 0,0045^{1,85}$$

$$J21 = 0,0486 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J21$ é possível obter-se Δht_{H21-U} :

$$\boxed{\Delta ht_{H21-U} = Lt \times J21} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H21-U} = 27,60 \times 0,0486$$

$$\Delta ht_{H21-U} = 1,3414m$$

$$\boxed{\Delta hm_{21} = Lm_{21} \times Jm_{21}} \quad (18)$$

$Lm_{21} = 30$ m (Figura 03)

$Jm_{21} = ?$

$$\boxed{Jm_{21} = 9399,38 \times Q_{21}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{21} = 9399,38 \times 0,0045^{1,85}$$

$$Jm_{21} = 0,4281m$$

Com os valores de Lm_{21} e Jm_{21} , pode-se obter Δhm_{21} :

$$\boxed{\Delta hm_{21} = Lm_{21} \times Jm_{21}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{21}} = 30 \times 0,4281$$

$$\Delta h_{m_{21}} = 12,84 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PU pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PU = H_{21} + \Delta h_{H21-U} + \Delta h_{m_{21}}} \quad (13)$$

$$PU = 60,00 + 1,3414 + 12,84$$

$$\mathbf{PU = 74,18 \text{ m.c.a.}}$$

4.22 PRESSÃO NO PONTO V – HIDRANTE 22

$$\boxed{PV = H_{22} + \Delta h_{H22-V} + \Delta h_{m_{22}}} \quad (13)$$

$$H_{22} = ?$$

$$\Delta h_{H22-V} = ?$$

$$\Delta h_{m_{22}} = ?$$

$$\boxed{H_{22} = \frac{Q_{22}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{22} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{22} = ?$$

$$\boxed{Q_{22} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{22})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{22}) = 58,80 \text{ m}$$

$$Q_{22} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 58,80}$$

$$Q_{22} = 274,01 \frac{l}{\text{min}} = 0,0046 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{22} pode-se calcular H_{22} :

$$H_{22} = \frac{Q_{22}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{22} = \frac{274,01^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{22} = 62,80 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta ht_{H_{22-V}} = Lt \times J22 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J22 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$J22 = 1065,88 \times Q_{22}^{1,85} \quad (17)$$

$$J22 = 1065,88 \times 0,0046^{1,85}$$

$$J22 = 0,0506 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J22$ é possível obter-se $\Delta ht_{H_{22-V}}$:

$$\Delta ht_{H_{22-V}} = Lt \times J22 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H_{22-V}} = 27,60 \times 0,0506$$

$$\Delta ht_{H_{22-V}} = 1,3966 \text{ m}$$

$$\Delta hm_{22} = Lm_{22} \times Jm_{22} \quad (18)$$

$$Lm_{22} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{22} = ?$$

$$Jm_{22} = 9399,38 \times Q_{22}^{1,85} \quad (19)$$

$$Jm_{22} = 9399,38 \times 0,0046^{1,85}$$

$$Jm_{22} = 0,4459 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_{22} e Jm_{22} , pode-se obter Δhm_{22} :

$$\Delta hm_{22} = Lm_{22} \times Jm_{22} \quad (18)$$

$$\Delta hm_{22} = 30 \times 0,4459$$

$$\Delta hm_{22} = 13,38 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PV pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PV = H_{22} + \Delta ht_{H22-V} + \Delta hm_{22} \quad (13)$$

$$PV = 62,80 + 1,3966 + 13,38$$

$$PV = 77,58 \text{ m.c.a.}$$

4.23 PRESSÃO NO PONTO X – HIDRANTE 23

$$PX = H_{23} + \Delta ht_{H23-X} + \Delta hm_{23} \quad (13)$$

$$H_{23} = ?$$

$$\Delta ht_{H23-X} = ?$$

$$\Delta hm_{23} = ?$$

$$H_{23} = \frac{Q_{23}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{23} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{23} = ?$$

$$Q_{23} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{23})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{23}) = 61,60 \text{ m}$$

$$Q_{23} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 61,60}$$

$$Q_{23} = 280,06 \frac{l}{\text{min}} = 0,0047 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{23} pode-se calcular H_{23} :

$$H_{23} = \frac{Q_{23}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{23} = \frac{280,06^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{23} = 65,60 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta h_{H_{23}-X} = Lt \times J_{23} \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J_{23} = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular } (2 \frac{1}{2}'') = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral } (2 \frac{1}{2}'') = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$J_{23} = 1065,88 \times Q_{23}^{1,85} \quad (17)$$

$$J_{23} = 1065,88 \times 0,0047^{1,85}$$

$$J_{23} = 0,0526 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de L_t e J_{23} é possível obter-se $\Delta h_{H_{23-X}}$:

$$\Delta h_{H_{23-X}} = L_t \times J_{23} \quad (15)$$

$$\Delta h_{H_{23-X}} = 27,60 \times 0,0526$$

$$\Delta h_{H_{23-X}} = 1,4518m$$

$$\Delta h_{m_{23}} = L_{m_{23}} \times J_{m_{23}} \quad (18)$$

$$L_{m_{23}} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$J_{m_{23}} = ?$$

$$J_{m_{23}} = 9399,38 \times Q_{23}^{1,85} \quad (19)$$

$$J_{m_{23}} = 9399,38 \times 0,0047^{1,85}$$

$$J_{m_{23}} = 0,4640m$$

Com os valores de $L_{m_{23}}$ e $J_{m_{23}}$, pode-se obter $\Delta h_{m_{23}}$:

$$\Delta h_{m_{23}} = L_{m_{23}} \times J_{m_{23}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{23}} = 30 \times 0,4640$$

$$\Delta h_{m_{23}} = 13,92m$$

Finalmente, o valor de PX pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PX = H_{23} + \Delta h_{H_{23-X}} + \Delta h_{m_{23}} \quad (13)$$

$$PX = 65,60 + 1,4518 + 13,92$$

$$PX = 80,97 \text{ m.c.a.}$$

4.24 PRESSÃO NO PONTO W – HIDRANTE 24

$$\boxed{PW = H_{24} + \Delta ht_{H24-W} + \Delta hm_{24}} \quad (13)$$

$$H_{24} = ?$$

$$\Delta ht_{H24-W} = ?$$

$$\Delta hm_{24} = ?$$

$$\boxed{H_{24} = \frac{Q_{24}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{24} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{24} = ?$$

$$\boxed{Q_{24} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{24})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{24}) = 64,40 \text{ m}$$

$$Q_{24} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 64,40}$$

$$Q_{24} = 285,97 \frac{l}{\text{min}} = 0,0048 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{24} pode-se calcular H_{24} :

$$\boxed{H_{24} = \frac{Q_{24}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{24} = \frac{285,97^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{24} = 68,40 \text{ m.c.a.}$$

$$\boxed{\Delta ht_{H24-W} = Lt \times J24} \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J24 = ?$$

$$\boxed{Lt = Lr + Leq} \quad (16)$$

$Lr = 0,20$ m (Figura 03)

$Leq = 1$ redução 63 mm x 38 mm = 0,60 m

1 registro de angular (2 ½") = 19,0 m

1 tê bilateral (2 ½") = 7,80 m

Total = 27,40 m (Tabela 05)

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$\boxed{J24 = 1065,88 \times Q_{24}^{1,85}} \quad (17)$$

$$J24 = 1065,88 \times 0,0048^{1,85}$$

$$J24 = 0,0547 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J24$ é possível obter-se Δht_{H24-w} :

$$\boxed{\Delta ht_{H24-w} = Lt \times J24} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H24-w} = 27,60 \times 0,0547$$

$$\Delta ht_{H24-w} = 1,5097m$$

$$\boxed{\Delta hm_{24} = Lm_{24} \times Jm_{24}} \quad (18)$$

$Lm_{24} = 30$ m (Figura 03)

$Jm_{24} = ?$

$$\boxed{Jm_{24} = 9399,38 \times Q_{24}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{24} = 9399,38 \times 0,0048^{1,85}$$

$$Jm_{24} = 0,4824m$$

Com os valores de Lm_{24} e Jm_{24} , pode-se obter Δhm_{24} :

$$\boxed{\Delta hm_{24} = Lm_{24} \times Jm_{24}} \quad (18)$$

$$\Delta hm_{24} = 30 \times 0,4824$$

$$\Delta hm_{24} = 14,47 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PW pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PW = H_{24} + \Delta ht_{H24-W} + \Delta hm_{24}} \quad (13)$$

$$PW = 68,40 + 1,5097 + 14,47$$

$$\mathbf{PW = 84,38 \text{ m.c.a.}}$$

4.25 PRESSÃO NO PONTO Y – HIDRANTE 25

$$\boxed{PY = H_{25} + \Delta ht_{H25-Y} + \Delta hm_{25}} \quad (13)$$

$$H_{25} = ?$$

$$\Delta ht_{H25-Y} = ?$$

$$\Delta hm_{25} = ?$$

$$\boxed{H_{25} = \frac{Q_{25}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{25} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{25} = ?$$

$$\boxed{Q_{25} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{25})}} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{25}) = 67,20 \text{ m}$$

$$Q_{25} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 67,20}$$

$$Q_{25} = 291,76 \frac{l}{\text{min}} = 0,0049 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{25} pode-se calcular H_{25} :

$$H_{25} = \frac{Q_{25}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{25} = \frac{291,76^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{25} = 71,20 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta ht_{H_{25}-Y} = Lt \times J_{25} \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J_{25} = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2} \text{") } = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$J_{25} = 1065,88 \times Q_{25}^{1,85} \quad (17)$$

$$J_{25} = 1065,88 \times 0,0049^{1,85}$$

$$J_{25} = 0,0568 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e J_{25} é possível obter-se $\Delta ht_{H_{25}-Y}$:

$$\Delta ht_{H_{25}-Y} = Lt \times J_{25} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H_{25}-Y} = 27,60 \times 0,0568$$

$$\Delta ht_{H_{25}-Y} = 1,5677 \text{ m}$$

$$\Delta hm_{25} = Lm_{25} \times Jm_{25} \quad (18)$$

$$Lm_{25} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{25} = ?$$

$$\boxed{Jm_{25} = 9399,38 \times Q_{25}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{25} = 9399,38 \times 0,0049^{1,85}$$

$$Jm_{25} = 0,5011 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_{25} e Jm_{25} , pode-se obter Δhm_{25} :

$$\boxed{\Delta hm_{25} = Lm_{25} \times Jm_{25}} \quad (18)$$

$$\Delta hm_{25} = 30 \times 0,5011$$

$$\Delta hm_{25} = 15,03 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de PY pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{PY = H_{25} + \Delta ht_{H25-Y} + \Delta hm_{25}} \quad (13)$$

$$PY = 71,20 + 1,5677 + 15,03$$

$$\mathbf{PY = 87,80 \text{ m.c.a.}}$$

4.26 PRESSÃO NO PONTO Z – HIDRANTE 26

$$\boxed{PZ = H_{26} + \Delta ht_{H26-Z} + \Delta hm_{26}} \quad (13)$$

$$H_{26} = ?$$

$$\Delta ht_{H26-Z} = ?$$

$$\Delta hm_{26} = ?$$

$$\boxed{H_{26} = \frac{Q_{26}^2}{0,2046^2 \times d^4}} \quad (14)$$

$$H_{26} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{26} = ?$$

$$Q_{26} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{26})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{26}) = 70,00 \text{ m}$$

$$Q_{26} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 70,00}$$

$$Q_{26} = 297,45 \frac{l}{\text{min}} = 0,0050 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{26} pode-se calcular H_{26} :

$$H_{26} = \frac{Q_{26}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{26} = \frac{297,45^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{26} = 74,00 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta h_{H_{26}-Z} = L_t \times J_{26} \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_{26} = ?$$

$$L_t = L_r + L_{eq} \quad (16)$$

$$L_r = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$L_{eq} = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular } (2 \frac{1}{2}'') = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral } (2 \frac{1}{2}'') = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$L_t = 0,20 + 27,40$$

$$L_t = 27,60 \text{ m}$$

$$J_{26} = 1065,88 \times Q_{26}^{1,85} \quad (17)$$

$$J_{26} = 1065,88 \times 0,0050^{1,85}$$

$$J_{26} = 0,0590 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de L_t e J_{26} é possível obter-se $\Delta h_{H_{26}-Z}$:

$$\Delta h_{H_{26}-Z} = L_t \times J_{26} \quad (15)$$

$$\Delta h_{H_{26}-Z} = 27,60 \times 0,0590$$

$$\Delta h_{H_{26}-Z} = 1,6284m$$

$$\Delta h_{m_{26}} = L_{m_{26}} \times J_{m_{26}} \quad (18)$$

$$L_{m_{26}} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$J_{m_{26}} = ?$$

$$J_{m_{26}} = 9399,38 \times Q_{26}^{1,85} \quad (19)$$

$$J_{m_{26}} = 9399,38 \times 0,0050^{1,85}$$

$$J_{m_{26}} = 0,5202m$$

Com os valores de $L_{m_{26}}$ e $J_{m_{26}}$, pode-se obter $\Delta h_{m_{26}}$:

$$\Delta h_{m_{26}} = L_{m_{26}} \times J_{m_{26}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{26}} = 30 \times 0,5202$$

$$\Delta h_{m_{26}} = 15,61m$$

Finalmente, o valor de PZ pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$PZ = H_{26} + \Delta h_{H_{26}-Z} + \Delta h_{m_{26}} \quad (13)$$

$$PZ = 74,00 + 1,6284 + 15,61$$

$$PZ = 91,24 \text{ m.c.a.}$$

4.27 PRESSÃO NO PONTO α – HIDRANTE 27

$$P_{\alpha} = H_{27} + \Delta h_{H27-\alpha} + \Delta h_{m27} \quad (13)$$

$$H_{27} = ?$$

$$\Delta h_{H27-\alpha} = ?$$

$$\Delta h_{m27} = ?$$

$$H_{27} = \frac{Q_{27}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{27} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{27} = ?$$

$$Q_{27} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{27})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{27}) = 72,80 \text{ m}$$

$$Q_{27} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 72,80}$$

$$Q_{27} = 303,02 \frac{l}{\text{min}} = 0,0051 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{27} pode-se calcular H_{27} :

$$H_{27} = \frac{Q_{27}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{27} = \frac{303,02^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{27} = 76,80 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta h_{H27-\alpha} = L_{t27} \times J_{27} \quad (15)$$

$$L_{t27} = ?$$

$$J_{27} = ?$$

$$\boxed{Lt = Lr + Leq} \quad (16)$$

$Lr = 0,20$ m (Figura 03)

$Leq = 1$ redução 63 mm x 38 mm = 0,60 m

1 registro de angular (2 ½'') = 19,0 m

1 tê bilateral (2 ½'') = 7,80 m

Total = 27,40 m (Tabela 05)

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$\boxed{J27 = 1065,88 \times Q_{27}^{1,85}} \quad (17)$$

$$J27 = 1065,88 \times 0,0051^{1,85}$$

$$J27 = 0,0612 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J27$ é possível obter-se $\Delta ht_{H27-\alpha}$:

$$\boxed{\Delta ht_{H27-\alpha} = Lt \times J27} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H27-\alpha} = 27,60 \times 0,0612$$

$$\Delta ht_{H27-\alpha} = 1,6891m$$

$$\boxed{\Delta hm_{27} = Lm_{27} \times Jm_{27}} \quad (18)$$

$Lm_{27} = 30$ m (Figura 03)

$Jm_{27} = ?$

$$\boxed{Jm_{27} = 9399,38 \times Q_{27}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{27} = 9399,38 \times 0,0051^{1,85}$$

$$Jm_{27} = 0,5396m$$

Com os valores de Lm_{27} e Jm_{27} , pode-se obter Δhm_{27} :

$$\boxed{\Delta hm_{27} = Lm_{27} \times Jm_{27}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{27}} = 30 \times 0,5396$$

$$\Delta h_{m_{27}} = 16,19 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de $P\alpha$ pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$P\alpha = H_{27} + \Delta h_{H_{27}-\alpha} + \Delta h_{m_{27}} \quad (13)$$

$$P\alpha = 76,80 + 1,6891 + 16,19$$

$$P\alpha = 94,68 \text{ m.c.a.}$$

4.28 PRESSÃO NO PONTO β – HIDRANTE 28

$$P\beta = H_{28} + \Delta h_{H_{28}-\beta} + \Delta h_{m_{28}} \quad (13)$$

$$H_{28} = ?$$

$$\Delta h_{H_{28}-\beta} = ?$$

$$\Delta h_{m_{28}} = ?$$

$$H_{28} = \frac{Q_{28}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{28} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{28} = ?$$

$$Q_{28} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{28})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{28}) = 75,60 \text{ m}$$

$$Q_{28} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 75,60}$$

$$Q_{28} = 308,50 \frac{l}{\text{min}} = 0,0051 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{28} pode-se calcular H_{28} :

$$H_{28} = \frac{Q_{28}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{28} = \frac{308,50^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{28} = 79,60m.c.a$$

$$\Delta ht_{H28-\beta} = Lt \times J28 \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J28 = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60m$$

$$J28 = 1065,88 \times Q_{28}^{1,85} \quad (17)$$

$$J28 = 1065,88 \times 0,0051^{1,85}$$

$$J28 = 0,0612 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J28$ é possível obter-se $\Delta ht_{H28-\beta}$:

$$\Delta ht_{H28-\beta} = Lt \times J28 \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H28-\beta} = 27,60 \times 0,0612$$

$$\Delta ht_{H28-\beta} = 1,6891m$$

$$\Delta h_{m_{28}} = L_{m_{28}} \times J_{m_{28}} \quad (18)$$

$$L_{m_{28}} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$J_{m_{28}} = ?$$

$$J_{m_{28}} = 9399,38 \times Q_{28}^{1,85} \quad (19)$$

$$J_{m_{28}} = 9399,38 \times 0,0051^{1,85}$$

$$J_{m_{28}} = 0,5396 \text{ m}$$

Com os valores de $L_{m_{28}}$ e $J_{m_{28}}$, pode-se obter $\Delta h_{m_{28}}$:

$$\Delta h_{m_{28}} = L_{m_{28}} \times J_{m_{28}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{28}} = 30 \times 0,5396$$

$$\Delta h_{m_{28}} = 16,19 \text{ m}$$

Finalmente, o valor de $P\beta$ pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$P\beta = H_{28} + \Delta h_{H_{28}-\beta} + \Delta h_{m_{28}} \quad (13)$$

$$P\beta = 79,60 + 1,6891 + 16,19$$

$$P\beta = 97,48 \text{ m.c.a.}$$

4.29 PRESSÃO NO PONTO γ – HIDRANTE 29

$$P\gamma = H_{29} + \Delta h_{H_{29}-\gamma} + \Delta h_{m_{29}} \quad (13)$$

$$H_{29} = ?$$

$$\Delta h_{H_{29}-\gamma} = ?$$

$$\Delta h_{m_{29}} = ?$$

$$H_{29} = \frac{Q_{29}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{29} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{29} = ?$$

$$Q_{29} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{29})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{29}) = 78,40 \text{ m}$$

$$Q_{29} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 78,40}$$

$$Q_{29} = 313,87 \frac{l}{\text{min}} = 0,0052 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{29} pode-se calcular H_{29} :

$$H_{29} = \frac{Q_{29}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{29} = \frac{313,87^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{29} = 82,40 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta ht_{H_{29}-\gamma} = Lt \times J_{29} \quad (15)$$

$$Lt = ?$$

$$J_{29} = ?$$

$$Lt = Lr + Leq \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$\boxed{J29 = 1065,88 \times Q_{29}^{1,85}} \quad (17)$$

$$J29 = 1065,88 \times 0,0052^{1,85}$$

$$J29 = 0,0634 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J29$ é possível obter-se $\Delta ht_{H29-\gamma}$:

$$\boxed{\Delta ht_{H29-\gamma} = Lt \times J29} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H29-\gamma} = 27,60 \times 0,0634$$

$$\Delta ht_{H29-\gamma} = 1,7498m$$

$$\boxed{\Delta hm_{29} = Lm_{29} \times Jm_{29}} \quad (18)$$

$$Lm_{29} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{29} = ?$$

$$\boxed{Jm_{29} = 9399,38 \times Q_{29}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{29} = 9399,38 \times 0,0052^{1,85}$$

$$Jm_{29} = 0,5594m$$

Com os valores de Lm_{29} e Jm_{29} , pode-se obter Δhm_{29} :

$$\boxed{\Delta hm_{29} = Lm_{29} \times Jm_{29}} \quad (18)$$

$$\Delta hm_{29} = 30 \times 0,5594$$

$$\Delta hm_{29} = 16,78m$$

Finalmente, o valor de $P\gamma$ pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{P\gamma = H_{29} + \Delta ht_{H29-\gamma} + \Delta hm_{29}} \quad (13)$$

$$P\gamma = 82,40 + 1,7498 + 16,78$$

$$\mathbf{P\gamma = 100,93 \text{ m.c.a.}}$$

4.30 PRESSÃO NO PONTO δ – HIDRANTE 30

$$P_{\delta} = H_{30} + \Delta h_{H30-\delta} + \Delta h_{m30} \quad (13)$$

$$H_{30} = ?$$

$$\Delta h_{H30-\delta} = ?$$

$$\Delta h_{m30} = ?$$

$$H_{30} = \frac{Q_{30}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{30} = ?$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$Q_{30} = ?$$

$$Q_{30} = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H + \text{desnível}(H_1 - H_{30})} \quad (12)$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

$$H = 4 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{desnível}(H_1 - H_{30}) = 81,20 \text{ m}$$

$$Q_{30} = 0,2046 \times 13^2 \times \sqrt{4 + 81,20}$$

$$Q_{30} = 319,16 \frac{l}{\text{min}} = 0,0053 \frac{m^3}{s}$$

Com o valor de Q_{30} pode-se calcular H_{30} :

$$H_{30} = \frac{Q_{30}^2}{0,2046^2 \times d^4} \quad (14)$$

$$H_{30} = \frac{319,16^2}{0,2046^2 \times 13^4}$$

$$H_{30} = 85,20 \text{ m.c.a}$$

$$\Delta h_{H30-\delta} = L_t \times J_{30} \quad (15)$$

$$L_t = ?$$

$$J_{30} = ?$$

$$\boxed{Lt = Lr + Leq} \quad (16)$$

$$Lr = 0,20 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Leq = 1 \text{ redução } 63 \text{ mm x } 38 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

$$1 \text{ registro de angular (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 19,0 \text{ m}$$

$$1 \text{ tê bilateral (2 } \frac{1}{2}''\text{)} = 7,80 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 27,40 \text{ m (Tabela 05)}$$

$$Lt = 0,20 + 27,40$$

$$Lt = 27,60 \text{ m}$$

$$\boxed{J30 = 1065,88 \times Q_{30}^{1,85}} \quad (17)$$

$$J30 = 1065,88 \times 0,0053^{1,85}$$

$$J30 = 0,0657 \frac{m}{m}$$

Com os resultados de Lt e $J30$ é possível obter-se $\Delta ht_{H30-\delta}$:

$$\boxed{\Delta ht_{H30-\delta} = Lt \times J30} \quad (15)$$

$$\Delta ht_{H30-\delta} = 27,60 \times 0,0657$$

$$\Delta ht_{H30-\delta} = 1,8133 \text{ m}$$

$$\boxed{\Delta hm_{30} = Lm_{30} \times Jm_{30}} \quad (18)$$

$$Lm_{30} = 30 \text{ m (Figura 03)}$$

$$Jm_{30} = ?$$

$$\boxed{Jm_{30} = 9399,38 \times Q_{30}^{1,85}} \quad (19)$$

$$Jm_{30} = 9399,38 \times 0,0053^{1,85}$$

$$Jm_{30} = 0,5794 \text{ m}$$

Com os valores de Lm_{30} e Jm_{30} , pode-se obter Δhm_{30} :

$$\boxed{\Delta hm_{30} = Lm_{30} \times Jm_{30}} \quad (18)$$

$$\Delta h_{m_{30}} = 30 \times 0,5794$$

$$\Delta h_{m_{30}} = 17,38\text{m}$$

Finalmente, o valor de $P\delta$ pode ser determinado, utilizando a equação 13:

$$\boxed{P\delta = H_{30} + \Delta h_{H_{30}-\delta} + \Delta h_{m_{30}}} \quad (13)$$

$$P\delta = 85,20 + 1,8133 + 17,38$$

$$\mathbf{P\delta = 104,39 \text{ m.c.a.}}$$

5 COMPARATIVO ENTRE AS PRESSÕES DOS HIDRANTES E A PRESSÃO DE TRABALHO DAS MANGUEIRAS DE INCÊNDIO

Conforme calculado no capítulo anterior, a tabela 5 apresenta os resultados das pressões de cada hidrante do sistema hidráulico preventivo contra incêndio, bem como a pressão de trabalho das mangueiras de combate a incêndio utilizadas na edificação em estudo. Por se tratar de uma edificação residencial multifamiliar (risco de incêndio leve) as mangueiras de combate utilizadas são do tipo 1 e a pressão de trabalho é de 98 m.c.a. (tabela 04).

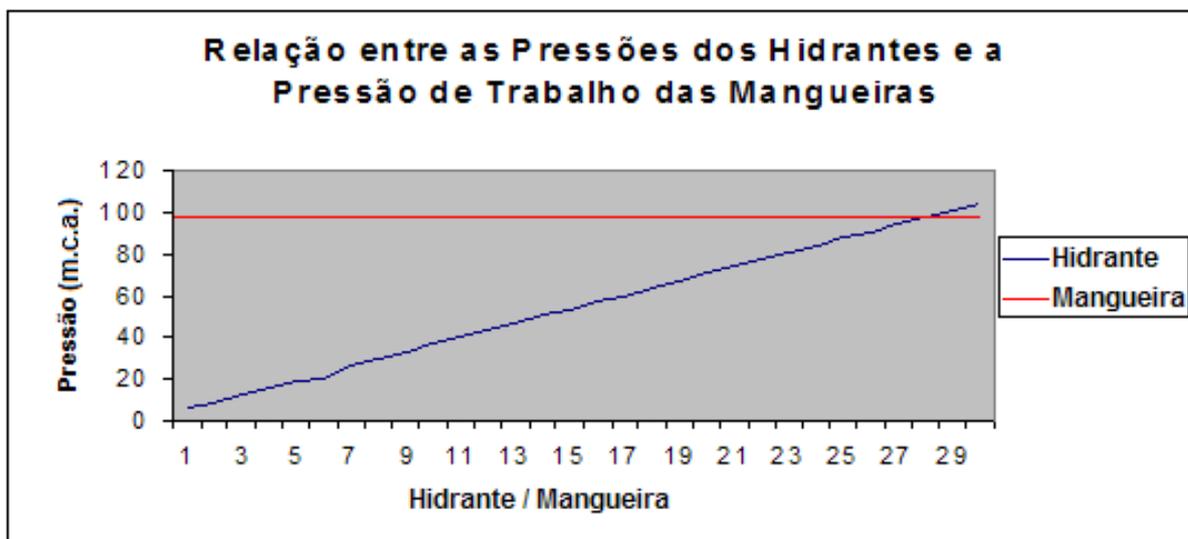
Tabela 6 – Resultados dos cálculos das pressões dos hidrantes

HIDRANTE	PRESSÃO (m.c.a.)	PRESSÃO DE TRABALHO DAS MANGUEIRAS DE INCÊNDIO (m.c.a.)
Hidrante 01 – Ponto A	5,23	98
Hidrante 02 – Ponto B	8,66	98
Hidrante 03 – Ponto C	12,21	98
Hidrante 04 – Ponto D	15,56	98
Hidrante 05 – Ponto E	18,98	98
Hidrante 06 – Ponto F	20,01	98
Hidrante 07 – Ponto G	25,95	98
Hidrante 08 – Ponto H	29,50	98
Hidrante 09 – Ponto I	33,10	98
Hidrante 10 – Ponto J	36,31	98
Hidrante 11 – Ponto K	40,00	98
Hidrante 12 – Ponto L	43,24	98
Hidrante 13 – Ponto M	46,51	98
Hidrante 14 – Ponto N	50,27	98
Hidrante 15 – Ponto O	53,57	98
Hidrante 16 – Ponto P	56,89	98
Hidrante 17 – Ponto Q	60,21	98
Hidrante 18 – Ponto R	63,54	98
Hidrante 19 – Ponto S	66,88	98
Hidrante 20 – Ponto T	70,81	98
Hidrante 21 – Ponto U	74,18	98
Hidrante 22 – Ponto V	77,58	98
Hidrante 23 – Ponto X	80,97	98
Hidrante 24 – Ponto W	84,38	98
Hidrante 25 – Ponto Y	87,80	98
Hidrante 26 – Ponto Z	91,24	98
Hidrante 27 – Ponto α	94,68	98
Hidrante 28 – Ponto β	97,48	98
Hidrante 29 – Ponto γ	100,93	98
Hidrante 30 – Ponto δ	104,39	98

Fonte: Do autor

A partir dos dados apresentados na tabela 5, segue abaixo o gráfico que relaciona as pressões calculadas em cada hidrante com a pressão de trabalho das mangueiras de combate a incêndio (tipo 1 – risco leve).

Gráfico 1 – Relação entre as Pressões dos Hidrantes e a Pressão de Trabalho das Mangueiras



Fonte: Tabela 5

Pode-se observar no gráfico acima a interseção das linhas, ou seja, a partir do hidrante 28 a pressão dos hidrantes ultrapassa a pressão de trabalho das respectivas mangueiras de combate a incêndio.

Portanto, o ponto de interseção das linhas representa um excesso de pressão ou sobrepressão do sistema hidráulico preventivo contra incêndios. Para a edificação em análise, os 2 primeiros andares encontram-se com uma pressão exacerbada nos dispositivos de combate.

6 CONCLUSÃO

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina utiliza o método simplificado de dimensionamento do sistema hidráulico preventivo. Conforme a Diretoria de Atividades Técnicas da corporação trata-se de uma metodologia facilitada que associa a confiabilidade dos resultados ao baixo número de profissionais bombeiros militares disponíveis nesta área, haja vista a grande demanda de serviço gerada pela crescente urbanização das cidades do estado.

Convizinho, a obtenção dos valores das pressões dos hidrantes da edificação em estudo corrobora com o preconizado pelo CBMSC, não sendo um método exaustivo e tampouco dificultoso, relacionando a teoria com o aplicado rotineiramente nos serviços de análise de projetos da Corporação.

Como previsto preliminarmente, observou-se que os valores das pressões dos hidrantes da edificação em questão progrediram proporcionalmente à altura da mesma, até atingirem resultados superiores à pressão de trabalho das mangueiras utilizadas no sistema hidráulico preventivo contra incêndios.

Conseqüentemente, o hidrante 29 e o hidrante 30 apresentaram resultados de pressão exacerbados aos esperados pelos dispositivos de combate, configurando um excesso de pressão ou sobrepressão nesses pontos específicos do edifício estudado. Deste modo, o uso do aludido sistema preventivo acaba prejudicado devido à incompatibilidade de valores apresentados no Capítulo 5.

Por conseguinte, como já esperado antecipadamente à realização do presente trabalho, foi verificada a presença de excesso de pressão (sobrepressão) no sistema hidráulico preventivo contra incêndios.

Mediante esse fato, torna-se conveniente salientar que, com base na experiência prática e operacional do autor, a utilização do SHP com pressões semelhantes às encontradas nos hidrantes 29 e 30 – mesmo se realizadas com mangueiras adequadas – acaba tornando-se

difícil e perigosa, uma vez que demanda grande esforço físico necessário para suportar a reação dos dispositivos frente aos altos valores de pressão. Este efeito dos constituintes do sistema pode ocasionar sérias lesões a quem estiver exercendo a operação, principalmente se nesta função tomar parte a figura do cidadão comum (síndico ou residente do edifício, por exemplo) que, por via de regra, não possui conhecimentos básicos das técnicas adequadas de combate a incêndios.

Outro fator essencial é o caso do esguicho previsto nas NSCI para edificações residenciais privativas multifamiliares. O dispositivo preconizado é o esguicho tipo agulheta, que não possui modulação da emissão e da vazão da água a ser empregada no combate. A aplicação do jato compacto em altas pressões – apesar de interessante em algumas situações – pode contribuir de forma significativa para o aumento dos danos materiais na propriedade decorrentes da deflagração do sinistro.

Frente ao explanado, faz-se conveniente apresentar medidas paliativas e mitigadoras para o excesso de pressão no sistema hidráulico preventivo contra incêndios.

Primeiramente, podem-se adotar válvulas redutoras de pressão nas saídas dos hidrantes que apresentarem sobrepressão. Tal medida deve ser executada com cautela, levando em conta algumas especificidades das atividades de prevenção, combate e extinção de incêndios. Uma das peculiaridades é que a pressão na ponta do esguicho não deve ser inferior à pressão mínima exigida nas NSCI (4 m.c.a.), sob o risco de não atingir um suficiente alcance do jato de água no caso de emprego do sistema. Outra ressalva é que o engenheiro não deve posicionar as válvulas redutoras de pressão ao longo da canalização principal do SHP. Tal ação deve ser observada, pois o CBMSC pode efetuar a pressurização da rede (recalque) em casos de utilização total da RTI. Desta forma, a presença de tais dispositivos na malha principal da canalização pode imprimir uma perda de carga nociva à efetiva alimentação dos hidrantes dos pavimentos superiores da edificação.

De maneira complementar, outra proposta para minimizar o conflito de valores nos hidrantes 29 e 30 é a adoção de mangueiras do tipo 2 e esguichos reguláveis. Deste modo, a pressão de trabalho das mangueiras torna-se compatível à pressão dos hidrantes, bem como o jato compacto pode ser convertido em jato neblinado, desde que o operador do sistema possua

conhecimento técnico acerca do dispositivo. Contudo, tal adoção não elimina as reações supracitadas dos componentes do SHP frente aos altos valores de pressão.

Paralelamente ao descrito no parágrafo anterior, pode-se admitir o uso de mangueiras do tipo 2 e esguichos tipo agulheta com requinte, proporcionando um jato em forma de neblina, porém, sem a possibilidade de regulagem, não necessitando a presença de operador qualificado. Tal medida também não suprime os efeitos decorrentes da sobrepressão.

Com base no supracitado, torna-se oportuno evidenciar a necessidade de constantes atualizações nas NSCI. Pode-se, por exemplo, adotar um valor de pressão máxima na saída dos esguichos e fazer alusão à adoção de quaisquer dispositivos de redução de pressão, desde que comprovadas as suas adequações técnicas.

Por fim, verificou-se a grande escassez de trabalhos científicos na área abordada, caracterizando, por parte do autor, um estudo dificultoso no sentido de obtenção de informações básicas acerca do tema. Espera-se que esta obra possa contribuir significativamente como referencial, tanto para a elaboração de futuros empreendimentos acadêmicos como para subsidiar os constantes processos de revisão das Normas de Segurança Contra Incêndio do Estado de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Sérgio Baptista de. **Informações técnicas**: comparação entre os sistemas europeus e brasileiros de proteção contra incêndio. Artigo. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.cbmerj.rj.gov.br/modules.php?name=Content&file=print&pid=318>>. Acesso em 11 de março de 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.861**: Mangueira de incêndio – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

_____. **NBR 13.714**: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndios. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

_____. **NBR 5.626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

AZEVEDO NETO, José Martiniano; *Et all.* **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. São Paulo: Saraiva, 2005.

BRENTANO, Telmo. **A proteção contra incêndios no projeto de edificações**. Porto Alegre: T Edições, 2006.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DE SÃO PAULO. **Instrução técnica nº 22**: Sistemas de hidrantes e mangotinhos de combate a incêndio. São Paulo: CBPMSP, 2004.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Instrução normativa nº 007**: sistema hidráulico preventivo. Florianópolis: CBMSC, 2007

_____. **Manual de combate a incêndio do curso de formação de soldados**. Florianópolis: CBMSC, 2006.

_____. **Sistema hidráulico preventivo**. Itajaí: CBMSC, 2005

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Norma técnica nº 004**: Sistema de proteção por hidrantes. Brasília: CBMDF, 2000.

FOX, Robert W.; McDONALD, Alan T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

GUILES, Ranald V. **Mecânica dos fluidos e hidráulica**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil: 1978.

GUILES, Ranald V.; EVETT, Jack B.; LIU, Cheng. **Mecânica dos fluidos e hidráulica**. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

MASSEY, B. S. **Mecânica dos fluidos**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 2002.

MAUS, Álvaro. **Proteção contra incêndio**: atividades técnicas no Corpo de Bombeiros – teoria geral. Florianópolis: Editograf, 1999.

NEVES, Eurico Trindade. **Curso de Hidráulica**. 8. ed. Porto Alegre: Globo, 1986.

NEVES, Fabiano Bastos das. **Estudo sobre o uso do controle de materiais de acabamento e revestimento como proteção passiva contra incêndios em edificações**. Monografia (Especialização) – Corpo de Bombeiros Militar. Florianópolis, 2006.

SANTA CATARINA. Decreto nº 4.909, de 18 de outubro de 1994. **Normas de Segurança Contra Incêndio**. 2. ed. Florianópolis: Edeme, 1994.

SÉCCA, Flávia Deucher. **Porto Belo (SC) e suas peculiaridades sócio-espaciais frente ao desenvolvimento turístico regional**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Itajaí. Balneário Camboriú, 2004. Disponível em: <http://www6.univali.br/tede/tde_arquivos/2/TDE-2005-12-07T141308Z-6/Publico/Flavia%20Secca.pdf>. Acesso em 12 de março de 2008.

SHAMES, Irving H. **Mecânica dos fluidos**: princípios básicos. Vol. 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

TANAKA, Takudy. **Instalações prediais hidráulicas e sanitárias**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1986.

VIEIRA, Alexandre. **Pressurização de escadas**. Monografia (Especialização) – Corpo de Bombeiros Militar. Florianópolis, 2001.