

**FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE ITUVERAVA
FACULDADE DE FILOSOFIA CIÊNCIAS E LETRAS DE ITUVERAVA**

LEANDRO DOS SANTOS RIBEIRO

**CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM UM SISTEMA DE HIDRANTES
UTILIZANDO AS FÓRMULAS DE HAZEN WILLIAMS E DARCY UNIVERSAL**

**ITUVERAVA
2021**

LEANDRO DOS SANTOS RIBEIRO

**CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM UM SISTEMA DE HIDRANTES
UTILIZANDO AS FÓRMULAS DE HAZEN WILLIAMS E DARCY UNIVERSAL**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade DE Filosofia
Ciências e Letras de Ituverava. Fundação
Educativa de Ituverava, para obtenção do
título de Engenharia Mecânica.**

**Orientador: Professor Msc. Tancredo
Martinho de Oliveira**

**ITUVERAVA
2021**

LEANDRO DOS SANTOS RIBEIRO

**CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM UM SISTEMA DE HIDRANTES
UTILIZANDO AS FÓRMULAS DE HAZEN WILLIAMS E DARCY UNIVERSAL**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Filosofia Ciências
e Letras de Ituverava. Fundação Educacional
de Ituverava, para obtenção do título de
Engenharia Mecânica**

Ituverava, 19 de Novembro de 2021.

Orientador: _____
Msc. Tancredo Martinho De Oliveira Castro

Examinador: _____
Dr. Tadeu Tomio Sudo

Orientador: _____
Dr. Raul Sebastião Figueiredo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e amigos, pelo apoio. Especialmente a minha mãe, Silmara Cristina Dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Tancredo, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio, especialmente a minha mãe Silmara Cristina Dos Santos.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para essa conquista

“A sorte favorece os audaciosos.” (Vergílio, 15ac)

RESUMO

De acordo com as leis e normas existentes é necessário um sistema de hidrantes em todas as edificações e áreas de riscos, excluindo as residências unifamiliares, para segurança de pessoas e também das edificações, sendo necessários responsáveis profissionais ou empresas, legalmente habilitados, sendo obrigatória à comprovação da capacitação de prevenção e combate a incêndios para o projeto, a instalação, os ensaios e a manutenção dos sistemas, para instalação do sistema de hidrantes de forma correta, respeitando as normas, sendo assim o trabalho tem como objetivo analisar e comparar as fórmulas de perda de carga em um sistema de hidrantes entre as fórmulas de Hazen Williams e Darcy universal.

O projeto consiste em respeitar todas as recomendações para um projeto seguro, com um baixo custo benefício e grande eficiência.

No desenvolvimento das fórmulas, nota-se a necessidade de um maior número de variáveis para a fórmula de Darcy em quanto a fórmula de Hazen Williams é mais ágil para seu desenvolvimento.

No resultado dos cálculos, nota-se que apesar das fórmulas citadas serem aprovadas pela instrução técnica, existe uma sutil diferença nos resultados obtidos sendo o resultado da fórmula de Darcy é aproximadamente 14,39% menor que o resultado obtido pela fórmula de Hazen Williams. Concluímos que apesar da diferença entre os resultados obtidos, podemos afirmar que é seguro usar as fórmulas analisadas pelo trabalho, pois as diferenças entre os resultados são mínimas.

Palavra chaves: Perda de Carga, Hidrante, Corpo de bombeiro.

SUMMARY

According to existing laws and regulations, a fire hydrant system is required in all buildings and risk areas, excluding single-family homes, for the safety of people and also of buildings, being held responsible for legally qualified companies or companies, being mandatory the proof of training in fire prevention and firefighting for the design, installation, testing and maintenance of the systems, for the installation of the hydrant system correctly, respecting the standards, so the work aims to analyze and compare how charge-loss formulas in a hydrant system between Hazen Williams and Darcy Universal formulas.

The project consists of respecting all the recommendations for a safe project, with a low cost-benefit and great efficiency.

In the development of formulas, the need for a greater number of variables is noted for Darcy's formula, while Hazen Williams' formula is more agile for its development.

In the results of the calculations, it can be noted that despite the mentioned formulas approved by the technical instruction, there is a subtle difference in the results obtained, the results of Darcy's formula is approximately 14.39% lower than the result of the Hazen Williams formula. We conclude that despite the difference between the results obtained, we can say that it is safe to use the formulas analyzed in the work, as the differences between the results are minimal.

Keywords: Loss of Charge, Fire Hydrant, Fire Department.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Suporte para mangueira tipo “Rack”.....	15
Figura 2	Sistema de mangontinho com válvula globo angular na prumada.....	16
Figura 3	Tabela da IT22 para determinação do tipo de sistema.....	20
Figura 4	Tabela de requisitos para sistema de hidrantes.....	21
Figura 5	Visão isométrica sistema de hidrantes.....	21
Figura 6	Comprimento equivalente 1.....	22
Figura 7	Comprimento equivalente 2.....	23
Figura 8	Coefficiente de Rugosidade.....	26
Figura 9	Grau de rugosidade relativa.....	35
Figura 10	Ábaco Moody.....	36
Figura 11	Bomba.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Acidentes na linha do Hidrante 01 até Ponto A.....	24
Tabela 2	Acidentes na linha do Hidrante 02 até Ponto A.....	24
Tabela 3	Acidentes na linha Ponto A até a bomba.....	24
Tabela 4	Acidentes na linha da bomba até o reservatório.....	25
Tabela 5	Título da tabela.....	1

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4. METODOLOGIA.....	18
5. DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS.....	21
5.1 Cálculos da Perda de carga por Hazen Williams.....	28
5.2 Cálculos da Perda de carga por Darcy Universal	33
6. CONCLUSÃO	45
7. REFERÊNCIAS	46
8. ANEXO A	47

1. INTRODUÇÃO

O mundo atual está seguindo junto com a tecnologia para desenvolver sistemas de segurança cada vez mais eficaz, respeitando os limites, os sistemas de prevenção e combate a incêndio é de muita importância, cujo objetivo é proteger a vida. Sendo assim devendo ter um sistema de prevenção em todo local público, comercial, industrial e se possível em todas as casas residenciais. Estabelecendo meios de extinção de incêndio, evitando sua propagação e facilitando o acesso do corpo de bombeiros às localidades com focos de incêndio. A implantação de um sistema de prevenção e combate à incêndios requer um investimento inicial de capital, garantindo adequada funcionalidade que poderá fazer uma grande diferença na ocasião de um incêndio, visto que um pequeno foco pode levar a um incêndio de grandes proporções e graves consequências, podendo até gerar acidentes como mortes, queimaduras, intoxicação pela fumaça, lesões, acidentes com a instabilidade ou colapso da estruturas, perda de materiais, produção, encerramento das atividades além dos danos causados ao meio ambiente. O dimensionamento de um sistema de hidrantes envolve um processo interativo e exige um trabalho de consulta em tabelas de cálculo, como a classificação da edificação e recomendações de projeto de acordo com a legislação específica do corpo de bombeiros.

Segundo a legislação do estado de São Paulo, em especial a instrução técnica nº22 do corpo de bombeiros do estado de SP o cálculo da perda de carga nos sistemas de hidrantes devem satisfazer as equações do Hazen Willians ou Darcy, sendo assim será realizado uma comparação através do cálculo passo a passo para um sistema de hidrantes classificado como II de acordo com o decreto 63.911 de 10 dezembro de 2018 que constitui o regulamento de segurança contra incêndios das edificações e áreas de risco no estado de São Paulo e da providencias correlatas

Nos Sistemas de Prevenção e Combate a Incêndios o projeto, a instalação, os ensaios e a manutenção dos sistemas devem ser executados por empresas ou por responsáveis profissionais, legalmente habilitados, sendo obrigatória à comprovação da capacitação. No projeto o instalador é obrigado a destacar todas as eventuais alterações introduzidas, com relação a materiais e equipamentos utilizados, caminhamentos e traçados da tubulação, bem como as demais prescrições do projeto, apresentando ao projetista para verificação da adequação dos parâmetros de funcionamento e segurança do sistema. Não é admitida a referência a outro projeto para justificar a aplicação de qualquer informação no memorial descritivo. Alguns aspectos devem ser considerados no projeto de uma edificação, visando à

segurança contra incêndio, tais como o tipo de materiais que compõem a estrutura. A contenção do avanço do fogo através compartimentos, caminhos de evacuação e saídas de emergência, refúgios temporários, dispositivos para ventilação, dispositivos para o controle da fumaça, sistemas de sinalização, instalações elétricas prediais que compreendem a iluminação de emergência, alarme com acionamento manual ou automático, instalações hidráulicas prediais que compreendem os hidrantes, mangotinhos e chuveiros automáticos e os dispositivos portáteis incluindo os extintores. Os comandos elétricos dos sistemas de combate a incêndio devem ter um quadro de distribuição de energia elétrica isolado das instalações de energia elétrica da edificação.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo analisar e comparar a perda de carga em um sistema de hidrantes utilizando as fórmulas de Hazen Williams e Darcy Universal que são recomendadas pela Instrução Técnica nº23 do Corpo de Bombeiros do Estado de São para a realização dos cálculos da perda de carga e dimensionamento do sistema propriamente dito.

A comparação das formulas de Hazen Williams e Darcy objetiva determinar a variação da perda de carga após a realização dos cálculos entre ambas as equações em um sistema de hidrantes projetado para uma edificação Industrial do ramo de laticínios.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No decorrer do sistema de tubulações até no hidrante existe uma grande perda de carga, sendo assim necessário que calcule para saber qual será a potência da bomba para a instalação, respeitando a legislação.

Perda de carga distribuída à parede dos tubos retilíneos causa uma perda de pressão distribuída ao decorrer do comprimento do tubo, fazendo com que a pressão inicial vá diminuindo até o final da tubulação e a perda de carga localizada é aquela perda de carga causada pelos acidentes que geralmente provocam uma grande variação na velocidade, em modulo ou direção do fluido, os acidentes são as conexões como válvulas, emendas, curvas, reduções e etc.

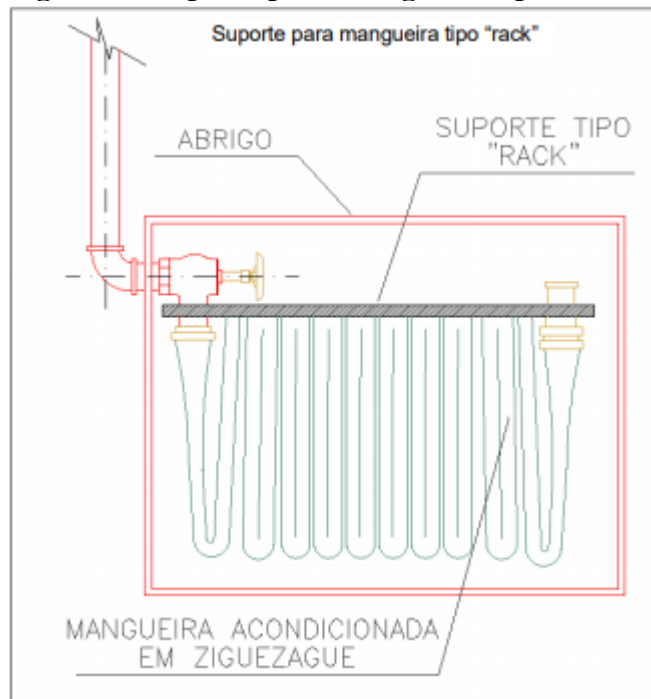
Para os cálculos para perda de carga, o dimensionamento hidrantes devemos sempre consultar o regulamento de segurança contra incêndio de cada estado, para dimensionar o projeto com as normas de segurança sendo vazão mínima de saída dos hidrantes e etc.

Para distribuir os hidrantes, bombas de incêndio e reservatório, pode variar de acordo com os critérios de cada estados, porém alguns pontos são universais, como sempre instalar hidrantes próximos as entradas principais, instalar bomba de incêndio em local adequado, considerar sempre que possível o reservatório em local de maior elevação e etc. Para traçar o caminho da tubulação até os hidrantes é necessário sempre acompanhar a construção com arquiteto para que não atrapalhe o modelo arquitetônico do projeto ou se já é um local pronto devemos requerer a planta e fazer visitas ao local para que não haja imprevisto na hora da instalação, sendo assim, para nosso projeto o melhor local para hidrantes, reservatório, caminhamento da tubulação.

A Instrução Técnica tem como objetivo fixar parâmetros para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e/ou de mangotinhos para uso exclusivo no combate a incêndio em edificações.

As mangueiras de incêndio dos hidrantes internos podem ser acondicionadas, alternativamente, em ziguezague, por meio de suportes tipo “rack”, com acoplamento tipo “engate rápido” nas válvulas dos hidrantes, conforme Figura abaixo, representando o suporte para mangueira tipo “rack”.

Figura 1 - Suporte para mangueira tipo "rack".



Fonte: Instrução Técnica N°22/2019

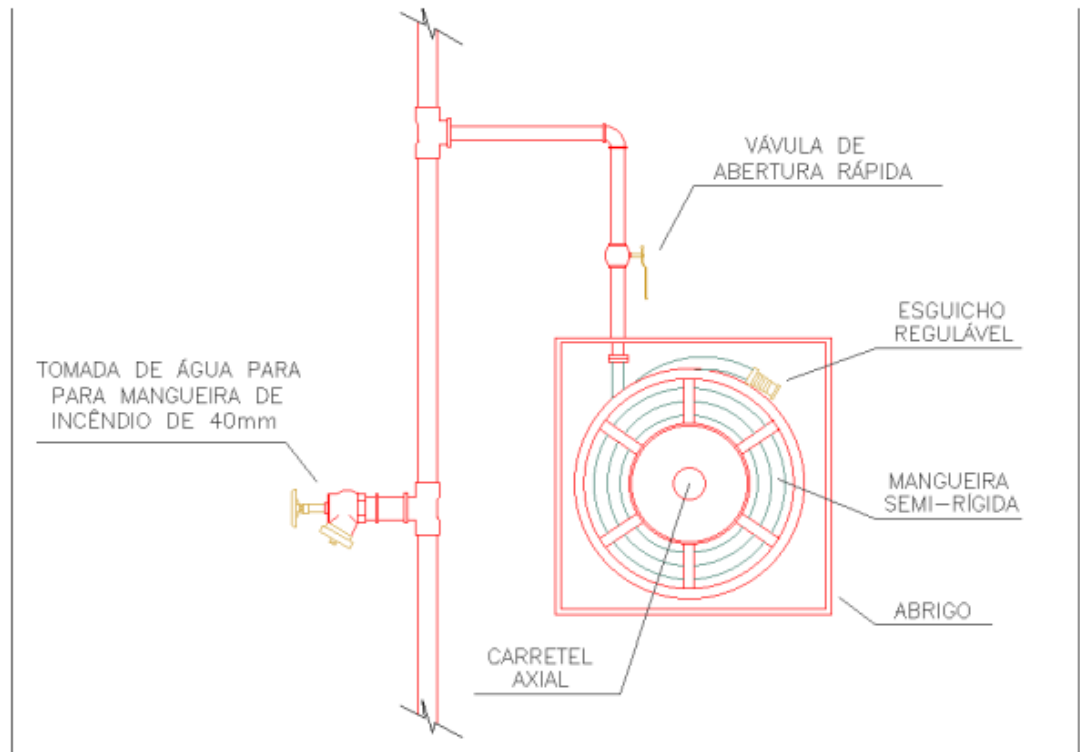
Toda norma tem como objetivo pesquisar um padrão para que tenha um mínimo de segurança por isso temos que seguir toda norma para o projeto seguro. Como sempre diz a norma O dimensionamento deve consistir na determinação do caminhamento das tubulações, dos diâmetros dos acessórios e dos suportes, necessários e suficientes para garantir o funcionamento dos sistemas previstos nesta IT. Os hidrantes ou mangotinhos devem ser distribuídos de tal forma que qualquer ponto da área a ser protegida seja alcançado por um esguicho (sistemas tipo 1, 2, 3, ou 4) ou dois esguichos (sistema tipo 5), considerando-se o comprimento da (s) mangueira(s) de incêndio por meio de seu trajeto real e o alcance mínimo do jato de água igual a 10 m, devendo ter contato visual sem barreiras físicas a qualquer parte do ambiente, após adentrar pelo menos 1 m em qualquer compartimento. No dimensionamento de sistemas com mais de um hidrante simples deve ser considerado o uso simultâneo dos dois jatos de água mais desfavoráveis considerados nos cálculos, para qualquer tipo de sistema especificado, considerando-se, em cada jato de água, no mínimo as vazões obtidas conforme a Tabela 2 e condições, O local mais desfavorável considerado nos cálculos deve ser aquele que proporciona menor pressão dinâmica na saída do hidrante.

Sendo necessária material indicada na norma, com tubulações que suporte altas calorias.

Mais exemplo de instalação.

Figura 2 - Sistema de mangotinho com válvula globo angular na prumada
Sistema de mangotinho com válvula globo angular na prumada

Exemplo de instalação de sistema de mangotinho com válvula globo angular na prumada, para emprego pelo Corpo de Bombeiros Militar, em caso de uso do dispositivo de recalque da edificação.



Fonte 1 - Instrução Técnica N°22/2019

Para escolher a melhor bomba, precisamos colocar no papel o melhor custo-benefício, sendo assim é preciso analisar, por exemplo, o diâmetro, a profundidade, vazão do reservatório, potencia, capacidade de bombeamento.

O trecho será direto do ponto A até o bocal de descarga da bomba de incêndio, sem nenhuma necessidade de trechos intermediários, pois o material e diâmetro da tubulação são os mesmos e não há alteração de diâmetro ou vazão.

4. METODOLOGIA

Segundo a NBR 13714, o cálculo hidráulico das tubulações deve satisfazer a equação de Hazen Williams. Antes de começar o cálculo de Hazen Williams devemos visitar o local com a planta em mãos para que não haja imprevisto e mudanças de cálculos na hora da instalação e para definir algumas variáveis de acordo com a tabela que a NBR 13714 apresenta.

Uma das variáveis é definir o tipo do sistema e volume de reserva de incêndio mínima, para a edificação, baseando conforme sua ocupação, risco, área construída, pela tabela da IT22 CBMESP, continuando pela norma em outra tabela IT14 trata de carga de incêndio, pela tabela definimos pelo tipo, a pressão mínima, vazão mínima, diâmetro. Segundo o livro Silva Telles (1999).

O dimensionamento do diâmetro das tubulações é resolvido em função da vazão necessária do fluido, das diferenças de cota existentes, das pressões disponíveis, das velocidades e perdas de carga admissíveis, da natureza do fluido e do material e tipo da tubulação. (PEDRO C. SILVA TELLES, 1999, p.03)

A IT 22-CB/SP recomenda que a pressão dinâmica dos hidrantes não deve ultrapassar a duas vezes a pressão obtida no cálculo do hidrante mais desfavorável hidráulicamente e que a pressão máxima de trabalho não ultrapasse a 100 mca. O diâmetro aqui já está definido pela tabela da norma do corpo de bombeiro.

Depois de definirmos alguns parâmetros pelas tabelas das normas, calculamos o fator K que é necessário para o equilíbrio hidráulico entre os hidrantes para que o hidrante menos favorável receba a vazão mínima estabelecida pela norma, lembrando que a tolerância máxima permitida é de 0,50mca entre o hidrante mais favorável e o hidrante menos favorável. Seguindo os cálculos devemos somar o comprimento real da tubulação (CR), depois contamos quantos acidentes (conexões, tes, curvas, registros e etc), contem no sistema, depois com as tabelas achamos o comprimento equivalente (CE) de cada acidente, comprimento equivalente é a dificuldade proporcional do fluido em passar no acidente se fosse retilíneo, dessa forma apenas somamos o comprimento equivalente com comprimento real assim conseguimos o comprimento real (CR), com todas essas variáveis já definidas como vazão, diâmetro interno, deve se definir o fator C que é o coeficiente de rugosidades dos tubos que já consta no IT22 e assim, conseguimos desenvolver a perda de carga lembrando que.

“As resistências externas serão tanto maiores quanto maiores forem a velocidade do fluido e a rugosidade das paredes, e quanto menor for o diâmetro da tubulação. Essas resistências dependerão também da quantidade e da natureza dos acidentes na tubulação (curva, derivações, reduções. Válvulas etc.) que resultam nas chamadas “perdas secundárias”.

As resistências internas serão tanto maiores quanto maiores forem a velocidade e a viscosidade do fluido.”(PEDRO C. SILVA TELLES, 1999, p.04

Dessa forma com a equação de Hazen Williams definimos a perda de carga por metro sendo assim precisamos apenas multiplicar pelo comprimento virtual que conseguimos a perda de carga total do sistema, com os resultados dentro das normas o projeto está seguro. Lembrando que a velocidade máxima da água no tubo não deve ser superior a 5 m/s, segundo a NBR 13714.

Desenvolvendo a formula de Darcy de acordo com as informações adquirida pelas normas como vazão, diâmetro e etc., do mesmo modo precisamos definir o comprimento virtual e depois dessas informações já definidas,

O escoamento dos líquidos em uma tubulação pode se dar de duas maneiras diferentes, chamadas de “escoamento laminar” e de “escoamento turbilhonar”. No escoamento laminar, todos os filetes líquidos são paralelos entre se, e as velocidades em cada ponto, são invariáveis em direção e em grandeza. No escoamento turbilhonar, as partículas liquido movem-se em as direções, com velocidades variáveis em direção e em grandeza de um ponto para outro, e no mesmo ponto, de um instante para o outro. (PEDRO C. SILVA TELLES, 1999, p.05)

Então devemos calcular o Número de Reynolds para definir se o nosso regime é laminar ou turbulento onde:

Se $Re \leq 2.000$ - regime laminar
 Se $Re \geq 4.000$ - regime turbulento
 Se $2.000 < Re < 4.000$ - zona de transição
 (PEDRO C. SILVA TELLES, 1999, p.05)

Antes de definir o Re devemos calcular velocidade do escoamento, viscosidade e o diâmetro interno.

Para definir a velocidade do escoamento são necessários, calcular as variáveis de vazão e área interna da tubulação que já temos definidos pelas normas a vazão e a área, precisamos do diâmetro que já temos definimos também pela norma.

De acordo com o livro Silva Telles, como está sendo projetada uma tubulação para água vale destacar que, “De modo geral, por causa da pequena viscosidade da água e pelo fato da velocidade de escoamento ser sempre superior a 0,4 ou 0,5 m/s, o regime dos escoamentos, na prática, é turbulento”.

Para calcular a Rugosidade Relativa, precisamos da rugosidade pelo diâmetro interno com a tabela do livro Silva Telles conseguimos definir o grau de rugosidade relativa, com o grau de rugosidade relativa e o número de Reynolds definimos o fator de atrito pelo ábaco de Moody, com essas variáveis definidas conseguimos a perda de carga pela fórmula de Darcy.

O cálculo de NPSH deve sempre nos atentar com a cavitação para que não ocorram danos aos equipamentos, como bombas e tubulação por excesso de vibrações.

Em um conduto onde a pressão de entrada é superior a pressão que se observa no seu interior ou no seu extremo ocorre a liberação de bolhas de ar contidas na massa líquida que se desprendem do líquido, quando a pressão é reduzida a pressão de vapor. Ocorre a separação da coluna líquida e a obstrução do escoamento. Quando estas bolhas são carregadas para uma região de alta pressão ocorre a implosão causando choques entre as partículas fluidas e danificam as paredes do conduto através de golpes (golpe de aríete), reduzindo a sua capacidade de escoamento. O fenômeno acima é denominado de cavitação, devida a formação de cavas ou bolhas no líquido.

Com todos os cálculos respeitando normas técnicas, NBR13714, ITCBMESP, NBR5580/2015 e livros como Silva Telles.

Lembrando que o volume da reserva de incêndio deve ser determinado através da seguinte equação, conforme a NBR 13714:

$$V_{ri} = Q * t$$

V_{ri} = volume de reserva de incêndio, em litros;

Q = vazão de duas saídas do sistema aplicado, em litros por minuto;

t = tempo de 60 minutos para Sistemas dos Tipos 1 e 2, e de 30 minutos para Sistema do Tipo 3, em segundos.

5. DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

Para realizar os cálculos referente a perda de carga, inicialmente deve ser realizado a classificação da edificação, conforme Decreto nº63.911/2018 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo e suas Instruções Técnicas.

Para classificação do sistema para a edificação, é conforme sua ocupação, risco e área construída, verificar na tabela de aplicação qual o sistema de hidrantes adequado ao projeto. Aqui em São Paulo a instrução técnica que trata sobre isso é a de número 22, aplicação conforme o risco.

O projeto é em uma Indústria de Laticínios com área construída de aproximadamente 5.780,39m².

De acordo com a IT 14 CBMESP, que é a instrução que trata de carga de incêndio nas edificações, essa ocupação é classificada como I-1 com carga de incêndio de 200MJ/M² e, portanto, chegamos ao sistema de hidrantes tipo 2, altura térrea, com volume da reserva técnica de incêndio (RTI) de 18m³.

Figura 3 - Tabela da IT22 para determinação do tipo de sistema

Aplicabilidade dos tipos de sistemas e volume de reserva de incêndio mínima (m³)

Área das edificações e áreas de risco	CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO CONFORME TABELA 1 DO REGULAMENTO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO				
	A-2, A-3, C-1, D-1(até 300 MJ/m ²), D-2, D-3 (até 300 MJ/m ²), D-4 (até 300 MJ/m ²), E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, F-1 (até 300 MJ/m ²), F-2, F-3, F-4, F-8, G-1, G-2, G-3, G-4, H1, H-2, H-3, H-5, H-6; I-1, J-1, J-2 e M-3	D-1 (acima de 300 MJ/m ²), D-3 (acima de 300 MJ/m ²), D-4 (acima de 300 MJ/m ²), B-1, B-2, C-2 (acima de 300 até 1000 MJ/m ²), C-3, F-1 (acima de 300 MJ/m ²), F-5, F-6, F-7, F-9, F-10, F-11, H-4, I-2 (acima de 300 até 800 MJ/m ²), J-2 e J-3 (acima de 300 até 800 MJ/m ²) e K-1	C-2 (acima de 1000 MJ/m ²), I-2 (acima de 800 MJ/m ²), J-3 (acima de 800 MJ/m ²), L-1 e M-1	G-5, I-3, J-4, L-2, L-3 e M-7	
Até 2.500 m ²	Tipo 1 RTI 5 m ³	Tipo 2 RTI 8 m ³	Tipo 3 RTI 12 m ³	Tipo 4 RTI 28 m ³	Tipo 4 RTI 32 m ³
Acima de 2.500 até 5.000 m ²	Tipo 1 RTI 8 m ³	Tipo 2 RTI 12 m ³	Tipo 3 RTI 18 m ³	Tipo 4 RTI 32 m ³	Tipo 4 RTI 48 m ³
Acima de 5.000 até 10.000 m ²	Tipo 1 RTI 12 m ³	Tipo 2 RTI 18 m ³	Tipo 3 RTI 25 m ³	Tipo 4 RTI 48 m ³	Tipo 5 RTI 64 m ³
Acima de 10.000 até 20.000 m ²	Tipo 1 RTI 18 m ³	Tipo 2 RTI 25 m ³	Tipo 3 RTI 35 m ³	Tipo 4 RTI 64 m ³	Tipo 5 RT. 96 m ³

Tabela da IT 22 para determinação do tipo de sistema

Fonte: Instrução Técnica 22

Figura 4 - Tabela de requisitos para sistema de hidrantes

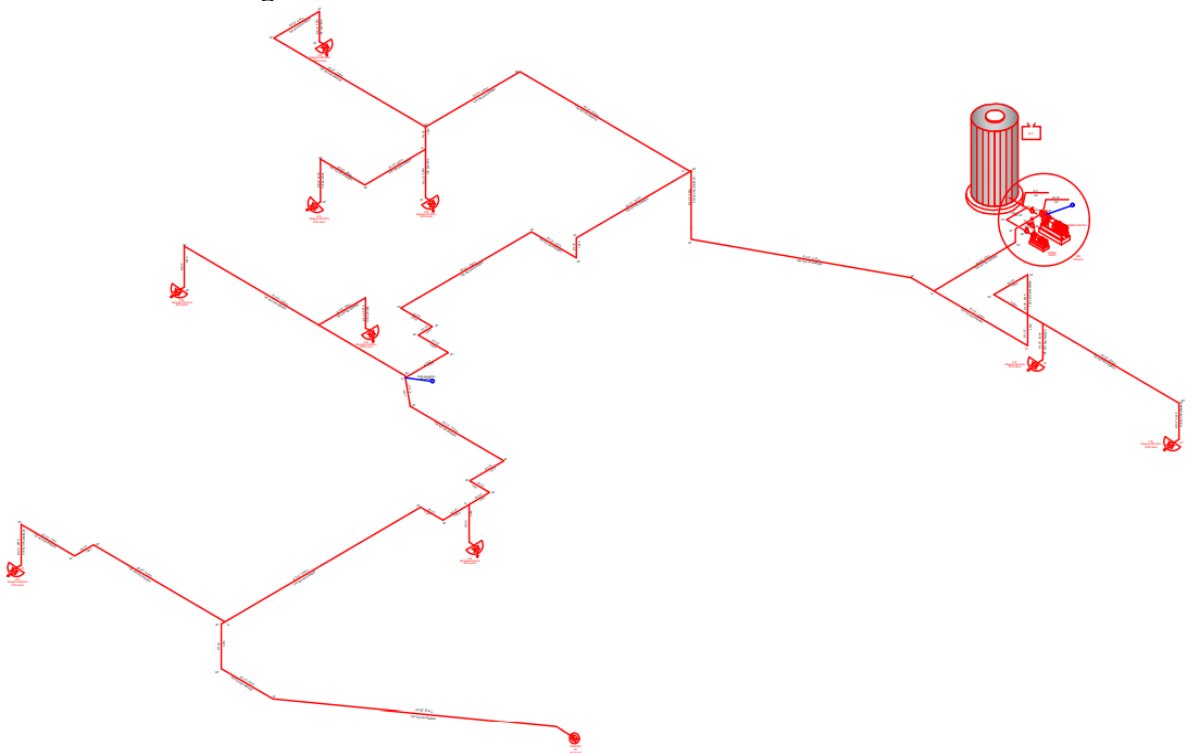
Tipos de sistemas de proteção por hidrante ou mangotinho

Tipo	Esgulho regulável (DN)	Mangueiras de incêndio		Número de expedições	Vazão mínima na válvula do hidrante mais desfavorável (L/min)	Pressão mínima na válvula do hidrante mais desfavorável (mca)
		DN (mm)	Comprimento (m)			
1	25	25	30	simples	100	80
2	40	40	30	simples	150	30
3	40	40	30	simples	200	40
4	40	40	30	simples	300	65
	65	65	30	simples	300	30
5	65	65	30	duplo	600	60

Tabela de requisitos para sistema de hidrantes

Fonte: Instrução Técnica 22

A figura abaixo demonstra o isométrico dos pontos de hidrantes, com cotas, dimensões, conexões, bombas e reversa técnica de incêndio.

Figura 5 - Visão isométrica sistema de hidrantes**Fonte: Autor**

O Diâmetro Interno mínimo a ser utilizado para o sistema de hidrantes é de 63mm de acordo com NBR 5580/2015 e a Instrução Técnica nº22 do Corpo de Bombeiros.





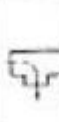





Perdas de carga localizadas sua equivalência em metros de tubulação de aço galvanizado ou ferro fundido.

Figura 6 - Comprimento equivalente.

DIÂMETRO NOMINAL D		CÓT.OV. 90° RAIO LONGO	CÓT.OV. 90° RAIO MÉDIO	CÓT.OV. 90° RAIO CURTO	CÓT.OV. 45°	CURVA 90° R/D = 1 1/2	CURVA 90° R/D = 1	CURVA 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0

Fonte: Hidráulica Azevedo Netto

Figura 7 - Comprimento equivalente.

DIÂMETRO NOMINAL D		REG. DE GAVETA ABERTO 10	REG. DE GLOBO ABERTO 11	REG. DE ÂNGULO ABERTO 12	TÊ PASS. DIRETA 13	TÊ SAÍDA DE LADO 14	TÊ SAÍDA DE TRÁS 15	VÁLVULA DE PÉ E CRITO 16	SAÍDA DA CANALIZAÇÃO 17	VÁLVULA DE RET. TIPO LEVE 18	VÁLVULA DE RET. TIPO PESADO 19
mm	pol										
13	1/2	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,1	6,7	3,8	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4	12,9
125	5	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

Fonte: Hidráulica Azevedo Netto

Comprimento da tubulação do hidrante 01 até o ponto A

Comprimento Real Hidrante 01 (CRH01)= 62,67m

Quadro 1 - Acidentes na linha do Hidrante 01 até Ponto A.

Qtd	Acidentes	K peça	Perda Equivalente	Perda Eq. total
1un	Registro de Ângulo aberto	5,00	10m	10m
6un	Curva 90°(21/2")	0,40	2,00m	12m
1un	Te saída lado (21/2")	1,30	4,3m	4,3m
Comprimento Equivalente Total (CEH01) até o ponto A				26,3m

Somando o comprimento real(CRH01) com comprimento equivalente(CEH01) temos o comprimento virtual.

$$CVH01=62,67+26,3$$

$$CVH01 = 88,97m$$

Comprimento da tubulação do hidrante 02 até o ponto A.

Comprimento Real Hidrante 02 (CRH02)= 3,4m

Quadro 2 - Acidentes na linha do Hidrante 02 até Ponto A.

Qtd	Acidentes	K peça	Perda Equivalente	Perda Eq. total
1un	Registro de Ângulo aberto	5,00	10m	10m
1un	Curva 90°(21/2")	0,40	2m	2m
Comprimento Equivalente Total (CEH02) até o ponto A				12,0m

Somando o comprimento real(CRH02) com comprimento equivalente(CEH02) temos o comprimento virtual.

$$CVH02=3,4 + 12,0$$

$$CVH02 = 15,4m$$

Comprimento da tubulação do ponto A até a bomba.

Comprimento Real Ponto A (CRA-BI):

$$CRA-BI = 112,5m.$$

Quadro 3 - Acidentes na linha Ponto A até a bomba.

Qtd	Acidentes	K peça	Perda Equivalente	Perda Eq. total
1un	Válvula Retenção tipo leve(21/2")	2,50	5,2m	5,2m
1un	Registro Gaveta (21/2")	0,20	0,4m	0,4m
16un	Curva 90° (21/2")	0,40	2m	32m
1un	Curva 45°(21/2")	0,20	0,9m	0,9m
2un	Te direto 90° (21/2")	0,60	1,3m	1,3m
3un	Te saída de lado 90° (21/2")	1,30	4,3m	17,2m
Comprimento Equivalente Total (CEA-BI) até a bomba				57m

Somando o comprimento real(CRPA) com comprimento equivalente(CEA-BI) temos o comprimento virtual abaixo:

$$CVA-BI=112,5+57$$

$$CVA-BI = 169,5m$$

Comprimento da tubulação da bomba até o reservatório.

Comprimento Real Bomba até o reservatório (CRBR)= 1,50m.

Quadro 4 - Acidentes na linha da bomba até o reservatório

Qtd	Acidentes	K peça	Perda Equivalente	Perda Eq. total
1un	Registro gaveta (3")	1,00	0,4m	0,5m
1un	Te direto 90°(3")	0,90	1,6m	1,6m
1un	Entrada normal	0,50	1,1m	1,1m
Comprimento Equivalente Total (CEBR) até o reservatório				3,2m

Somando o comprimento real(CRBR) com comprimento equivalente(CEBR) temos o comprimento virtual.

$$CVBR=1,5+3,2$$

$$CVBR = 4,7m$$

Coeficiente de Rugosidade

Fator “C” de Hazen-Williams, vale observar que os valores de “C” de Hazen Willians são validos para tubos novos. Coeficiente de rugosidade IT 22 CBMESP.

Figura 8 - Coeficiente de Rugosidade IT CBMESP.

Tipo de tubo	Fator “C”
Ferro fundido ou dúctil sem revestimento interno	100
Aço preto (sistema de tubo seco)	100
Aço preto (sistema de tubo molhado)	120
Galvanizado	120
Plástico	150
Ferro fundido ou dúctil com revestimento interno de cimento	140
Cobre	150

Fonte: IT22/01-CB/SP 32

5.1 Cálculos da Perda de carga por Hazen Williams

$$J = 605 * 10^4 * \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} * d^4} \quad (1)$$

Onde:

J – Perda de carga unitária, em m/m

Q – Vazão no trecho, em L/min

C – Coeficiente de Rugosidade, adimensional;

D – Diâmetro interno da tubulação, em mm;

Como já encontramos as variáveis, agora vamos substituir na formula Hazen Williams para encontrar a perda de carga por metro no trecho do hidrante 01 até o ponto A.

$$J_{un} = 605 * 10^4 * \frac{150^{1,85}}{120^{1,85} * 63^{4,87}}$$

$$J_{un} = 0,01579mca/m$$

Encontramos a perda de carga por metro, sendo assim para encontrar a perda de carga total do trecho hidrante 01, agora só multiplicar o comprimento virtual já calculado do trecho do hidrante 01, ficando assim:

$$J = CVH01 * J_{un}$$

$$J = 88,97m * 0,01579mca/m$$

$$J = 1,4044mca$$

Com os dados da variação de nível (ΔH) e o valor da perda de carga total (J) no trecho, podemos calcular a pressão resultante (P), ou seja, a pressão necessária no Ponto A para que a pressão no H01 seja de 30mca.

$$P_{PA} = P_{H01} + J \pm \Delta H \quad (2)$$

$$P_{PA} = 30mca + 1,4044mca - 3,8mca$$

$$P_{PA} = 27,60mca$$

Cálculo da perda de carga no trecho do hidrante 02 (H02), como as variáveis são os mesmos a perda por metro é o mesmo, alterando assim apenas o comprimento virtual do trecho.

$$J = 15,4m * 0,01579mca/m$$

$$J = 0,2430mca$$

A pressão resultante no Ponto A, a partir do Hidrante 2, será:

$$P_{PA} = 30mca + 0,2430mca - 3,40mca$$

$$P_{PA} = 26,84mca$$

A Pressão calculada no primeiro trecho H1-A foi $P_{paH1}=27,60mca$ e a pressão calculada no segundo trecho H2-A foi de $P_{paH2}=26,84mca$; portanto a diferença entre as duas é de apenas $0,76mca$, superior a tolerância máxima permitida, de $0,50mca$, podendo dessa forma deve realizar o cálculo do hidráulico através do Fator K.

Calculo de equilíbrio entre os hidrantes H01 e H02.

Fator K.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} \quad (3)$$

Onde:

K – Coeficiente de escoamento ou de vazão, em L/min/ $\sqrt{\text{bar}}$;

Q – Vazão do hidrante, em L/min

P – Pressão no hidrante, em bar (1 bar = 10,1974mca);

Para desenvolver a formula do fator K, devemos seguir a NBR13714 onde devemos respeitar o diâmetro, vazão, pressão, mínimos.

Sendo assim temos conforme a tabela 2 da IT 22 CBMESP, a vazão de 150L/min e pressão de 30mca.

Substituindo os valores na fórmula, Fica.

$$K = \frac{150}{\sqrt{2,94}}$$

$$K = 87,45 \frac{L}{min} / \sqrt{bar}$$

$$87,45 = \frac{Q}{\sqrt{30,76}}$$

$$Q = 152,00l/min$$

Logo a nova vazão do trecho H2 - A = 152L/min

Para definir a pressão necessária para o equilíbrio é necessário calcular novamente a formula de Hazen Willians.

$$J_{un} = 605 * 10^4 * \frac{152,00^{1,85}}{120^{1,85} * 63,5^{4,87}}$$

$$J_{un} = 0,01616mca/m$$

Calculando a perda de carga total no trecho temos:

$$J = CVH02 * Jun$$

$$J = 15,40m * 0,01616mca$$

$$J = 0,2487mca$$

Portanto a nova pressão de equilíbrio no ponto A para o trecho H2 – A será de:

$$Pe = 30mca + 0,76mca + 0,2487mca - 3,4mca$$

$$Pe = 27,61mca$$

A Partir do Ponto A, utiliza-se a soma das vazões do H1 e do H2 e a pressão de 27,61mca calcula para o equilíbrio das pressões.

Sendo assim:

$$Q = 150L/min + 152L/min$$

$$Q = 252L/min$$

Para o cálculo da perda de carga do ponto A até a bomba de incêndio temos:

$$Jun = 605 * 10^4 * \frac{252^{1,85}}{120^{1,85} * 63,5^{4,87}}$$

$$Jun = 0,05757mca/m$$

Logo a perda de carga total será:

$$J = CVA - BI * Jun$$

$$J = 169,5m * 0,05757mca/m$$

$$J = 9,7583m$$

Com os dados da variação de nível (ΔH) e o valor da perda de carga total (J) no trecho, podemos calcular a pressão resultante (P_{PBI}), ou seja, a pressão necessária na bomba de incêndio para que a pressão nos hidrantes mais desfavoráveis seja de 30mca, logo temos:

$$P_{PBI} = Pe + J \pm \Delta H$$

$$P_{PBI} = 27,61mca + 9,7583mca + 1,3mca$$

$$P_{PBI} = 38,67mca$$

Calculando a perda de carga da bomba de incêndio até a reserva técnica de incêndio temos que calcular novamente a perda de carga utilizando formula de Hazen Willians, devido a alteração do diâmetro da tubulação, onde:

$$J_{un} = 605 * 10^4 * \frac{252,00^{1,85}}{120^{1,85} * 75^{4,87}}$$

$$J_{un} = 0,02463mca/m$$

Logo, multiplicando a perda de carga unitária pelo comprimento virtual da bomba de incêndio até o reservatório temos:

$$J = CVRB * J_{un}$$

$$J = 4,7m * 0,02463mca/m$$

$$J = 0,1157mca$$

Com os dados da variação de nível (ΔH) e o valor da perda de carga total (J) no trecho, podemos calcular a pressão resultante total do sistema (P), dada pela seguinte fórmula:

$$P = P_{PBI} + J \pm \Delta H$$

$$P_{PA} = 38,67mca + 0,1157mca + 0mca$$

$$P_{PA} = 38,78mca$$

Contudo, chegamos ao final dos cálculos de pressão e vazão para o sistema de hidrantes, onde, a pressão total é de aproximadamente 39mca e com uma vazão de 252L/min, que serão utilizadas para a escolha da bomba de incêndio através das tabelas de bombas dos fabricantes.

5.2 Cálculos da Perda de carga por Darcy Universal

Antes de começar a calcular Darcy, deve-se definir algumas variáveis, como velocidade de escoamento, vazão, área, diâmetro, viscosidade cinemática, Reynolds, grau de rugosidade, atrito e entre outros.

Velocidade de escoamento.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

Onde:

V – Velocidade, em m/s;

Q – Vazão no trecho, em m³/s;

A – Área interna da tubulação, em m²;

Área da tubulação

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad (5)$$

Onde:

A – Área interna da seção do tubo, em m²

D – Diâmetro interno da tubulação, em m;

Sendo assim, convertendo a vazão temos: 150l/min=0,0025m³/s

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (6)$$

$$V = \frac{4 * 0,0025}{\pi * 0,0635^2}$$

$$V = 0,78941m/s$$

Propriedade da água em temperatura ambiente.

Viscosidade cinemática

$$\nu = \frac{10^{-6} \text{ m}^2}{\text{s}}$$

(SYLVIO R. BISTAFÁ, 2010, p. 08)

Reynolds

O Número de Reynolds irá definir o regime laminar ou turbulento, basta calcular o número de Reynolds e caracterizá-lo pelos limites.

Dado por:

$$Re = \frac{v * D}{\nu} \quad (7)$$

Re = é conhecido como número de Reynolds, adimensional;

v = a velocidade média de escoamento, m/s;

D = o diâmetro da canalização, m;

ν = a viscosidade cinética do fluido, m²/s.

Admitindo os valores para o sistema em estudo temos:

$$Re = \frac{0,78941 \text{ m/s} * 0,0635 \text{ m}}{10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

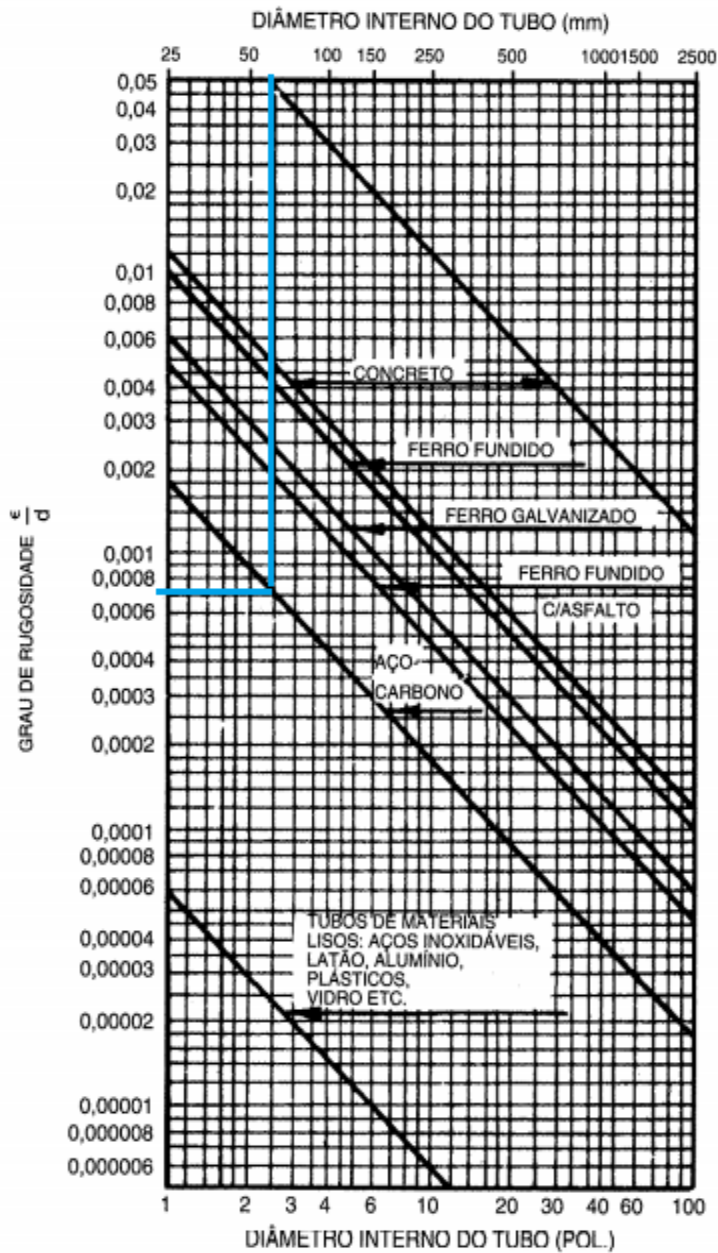
Assim fica:

$$Re = 50.127,535$$

Sendo assim nosso regime é definido como turbulento.

Grau de Rugosidade Relativa

Figura 7 - Rugosidade dos tubos em função dos diâmetros e dos materiais.



rugosidade dos tubos em função dos diâmetros e dos materiais.

Fonte: Tubulações Industriais Pedro C. Silva Telles

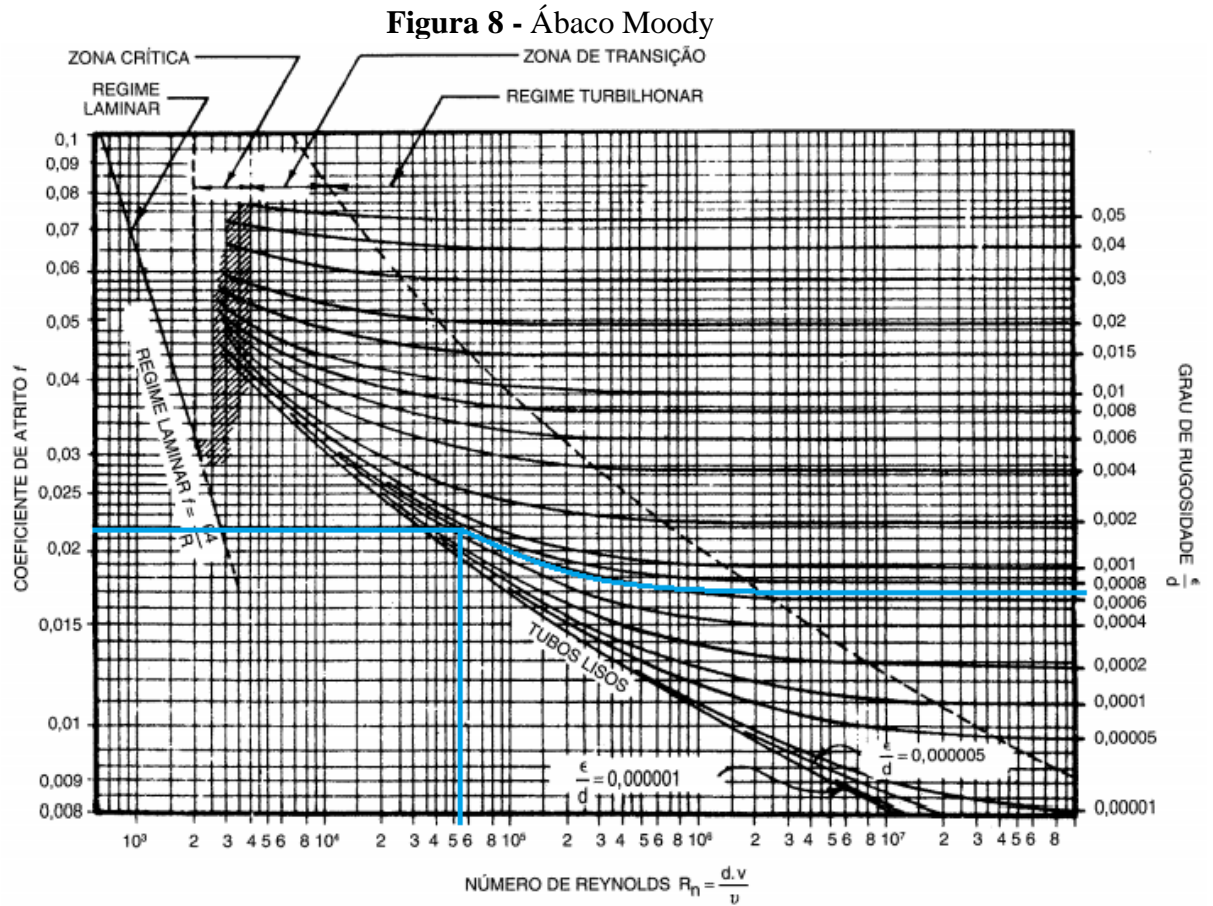
Então de acordo com o diagrama definimos o grau de rugosidade aproximadamente 0,0007, podemos fazer o inverso do cálculo e temos a rugosidade como:

$$RR = \frac{e}{d} \quad (9)$$

$$0,0007 = \frac{e}{63,5}$$

$$e = 0,04445$$

Comparando o resultado com da rugosidade de tabelas existentes na internet, vemos que o valor está bem próximo dos tubos pretos, carbono.



Fonte: Tubulações Industriais Pedro C. Silva Telles

Sendo assim temos o Fator de atrito aproximado a 0,022.

Desenvolvendo a formula de Darcy

$$J = \frac{fLV^2}{2dg} \quad (10)$$

J – é a perda de carga, mca;

V – velocidade (m/s);

d – diâmetro (m);

g – gravidade (m/s²);

f – fator de atrito;

L – comprimento da tubulação em (m).

Para ter a perda de carga total é necessário fazer os cálculos dos componentes.

Formula de Borda-Belanger

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} \quad (11)$$

Δh - perda de carga causada por uma peça especial, m;

K - Coeficiente que depende de cada peça e diâmetro, obtido experimentalmente.

O valor de K depende do regime de escoamento. Para escoamento plenamente turbulento, $Re > 50.000$, o valor de K para as peças especiais é praticamente constante, e são os valores encontrados nas tabelas e ábacos.

Sendo assim para o trecho do Hidrante 01 até o ponto A, formula de Darcy fica:

$$J = \frac{fLV^2}{2dg} + K \frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

$$J = \left(\frac{0,022 * 62,67 * 0,7898^3}{2 * 0,0635 * 9,81} \right) + \left(\left(5,0 * \frac{0,7898^2}{2 * 9,81} \right) + \left(6 * \left(0,40 * \frac{0,7898^2}{2 * 9,81} \right) + \left(1,30 * \frac{0,7898^2}{2 * 9,81} \right) \right) \right)$$

$$J = (0,6903) + (0,1589) + (0,0763) + (0,0413)$$

$$J = 0,9669mca$$

Pressão em MCA

$$P_{PA} = P_{H01} + J \pm \Delta H$$

$$P_{PA} = 30mca + 0,9669mca - 3,80mca$$

$$P_{PA} = 27,16mca$$

Sendo assim para o trecho do Hidrante 02 até o ponto A

$$J = \left(\frac{0,022 * 3,4 * 0,7898^2}{2 * 0,0635 * 9,81} \right) + \left(\left(5,0 * \frac{0,7898^2}{2 * 9,81} \right) + \left(0,40 * \frac{0,7898^2}{2 * 9,81} \right) \right)$$

$$J = (0,0374) + (0,1589) + (0,01271)$$

$$J = 0,3234mca$$

Pressão em MCA

$$P_{PA} = P_{H01} + J \pm \Delta H$$

$$P_{PA} = 30mca + 0,3234mca - 3,40mca$$

$$P_{PA} = 26,92mca$$

Novamente se faz necessário o cálculo de equilíbrio entre os hidrantes H01 e H02.

Fator K.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} \quad (3)$$

Onde:

K – Coeficiente de escoamento ou de vazão, em L/min/ $\sqrt{\text{bar}}$;

Q – Vazão do hidrante, em L/min

P – Pressão no hidrante, em bar (1 bar = 10,1974mca);

Para desenvolver a formula do fator K, devemos seguir a NBR13714 onde devemos respeitar o diâmetro, vazão, pressão, mínimos.

Sendo assim temos conforme a tabela 2 da IT 22 CBMESP, a vazão de 150L/min e pressão de 30mca.

Substituindo os valores na fórmula, Fica.

$$K = \frac{150}{\sqrt{2,94}}$$

$$K = 87,45 \frac{L}{min} / \sqrt{bar}$$

Calculando novamente a vazão utilizando o fator k calculado anteriormente e a pressão de 30mca mais a diferença entre as duas pressões para H1 e H2 temos:

$$87,45 = \frac{Q}{\sqrt{2,97}}$$

$$Q = 150,59l/min$$

Logo a nova vazão do trecho H2 - A = 151L/min = 0,002516m³/s

Para definir a pressão necessária para o equilíbrio é necessário calcular novamente a perda de carga pela formula de Darcy.

Logo com a nova vazão temos uma nova velocidade conforme abaixo:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

$$V = \frac{4 * 0,002516}{\pi * 0,0635^2}$$

$$V = 0,7950m/s$$

Calculando a perda de carga total no trecho temos:

$$J = \left(\frac{0,022 * 3,4 * 0,7950^2}{2 * 0,0635 * 9,81} \right) + \left(5,0 * \frac{0,7950^2}{2 * 9,81} \right) + \left(0,4 * \frac{0,7950^2}{2 * 9,81} \right)$$

$$J = (0,0379) + (0,01610) + (0,0128)$$

$$J = 0,2119mca$$

Portanto a nova pressão de equilíbrio no ponto A para o trecho H2 – A será de:

$$Pe = 30mca + 0,24mca + 0,2119mca - 3,4mca$$

$$Pe = 27,05mca$$

A Partir do Ponto A, utiliza-se a soma das vazões do H1 e do H2 e a pressão de 27,05mca calcula para o equilíbrio das pressões.

Sendo assim:

$$Q = 150L/min + 151L/min$$

$$Q = 251L/min$$

$$Q = 0,004183 m^3/s$$

Sendo assim devemos fazer o cálculo da nova velocidade, e depois o cálculo de perda, para o trecho do ponto A até a bomba de incêndio.

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

$$V = \frac{4 * 0,004183}{\pi * 0,0635^2}$$

$$V = 1,32m/s$$

$$\begin{aligned}
 J &= \left(\frac{0,022 * 112,5 * 1,32^2}{2 * 0,0635 * 9,81} \right) \\
 &+ \left(\left(2,5 * \frac{1,32^2}{2 * 9,81} \right) + \left(0,20 * \frac{1,32^2}{2 * 9,81} \right) + \left(16 * 0,40 * \frac{1,32^2}{2 * 9,81} \right) \right) \\
 &+ \left(\left(0,20 * \frac{1,32^2}{2 * 9,81} \right) + \left(2 * 0,60 * \frac{1,32^2}{2 * 9,81} \right) + \left(3 * 1,30 * \frac{1,32^2}{2 * 9,81} \right) \right) \\
 J &= (3,4698) + (0,2225) + (0,0178) + (0,5697) + (0,0180) + (0,1068) + (0,3471) \\
 J &= 4,7340m
 \end{aligned}$$

Logo a pressão no ponto BI pode ser calculada conforme a equação abaixo:

$$\begin{aligned}
 P_{PBI} &= P_e + J \pm \Delta H \\
 P_{PBI} &= 27,05mca + 4,7340mca + 1,3mca \\
 P_{PBI} &= 33,08mca
 \end{aligned}$$

Calculando a perda de carga da bomba de incêndio até a reserva técnica de incêndio temos que calcular novamente a perda de carga utilizando formula de Darcy, para a nova velocidade devido a alteração do diâmetro da tubulação, onde:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

$$V = \frac{4 * 0,004183}{\pi * 0,075^2}$$

$$V = 0,9473m/s$$

Logo, temos a perda de carga da bomba de incêndio até o reservatório temos:

$$\begin{aligned}
 J &= \left(\frac{0,022 * 1,5 * 0,9473^2}{2 * 0,075 * 9,81} \right) + \left(\left(1,0 * \frac{0,9473^2}{2 * 9,81} \right) + \left(0,9 * \frac{0,9473^2}{2 * 9,81} \right) + \left(0,5 * \frac{0,9473^2}{2 * 9,81} \right) \right) \\
 J &= (0,0201) + (0,0457) + (0,0411) + (0,0228) \\
 J &= 0,1299mca
 \end{aligned}$$

Com os dados da variação de nível (ΔH) e o valor da perda de carga total (J) no trecho, podemos calcular a pressão resultante total do sistema (P), dada pela seguinte fórmula:

$$P = P_{PBI} + J \pm \Delta H$$

$$P_{PA} = 33,08mca + 0,1299mca + 0mca$$

$$P_{PA} = 33,20mca$$

Contudo, chegamos ao final dos cálculos de pressão e vazão para o sistema de hidrantes, onde, a pressão total é de aproximadamente 34mca e com uma vazão de 251L/min, que serão utilizadas para a escolha da bomba de incêndio através das tabelas de bombas dos fabricantes.

6. BOMBA


Para escolher a melhor opção de bomba para o projeto vamos seguir o catalogo da Thebe, pressão total é de aproximadamente 34mca e com uma vazão de 251L/min, que serão utilizadas para a escolha da bomba de incêndio através das tabelas de bombas do fabricante Thebe.

A Tabela utiliza a Vazão em m³/h e Altura manométrica em MCA, sendo assim convertendo a vazão de 251L/min para m³/h fica:

$$\frac{M^3}{h} = \frac{251 \text{ Litros}}{1000} * 60$$

$$V = 15,06m^3/h$$

Figura 11 - Bomba



RL16
SÉRIE

MODELO MODEL MODELO	cv hp	Rotor Impeller Impulsor ∅ (mm)	Sucção Suction Aspiración NPT / BSP	Recalque Discharge Descarga NPT / BSP	Vazão / Flow Rate / Caudal													
					m ³ /h	0,0	6,0	10,0	12,0	15,0	17,0	21,0	25,0	29,0	33,0	34,0	37,0	39,0
					ALTURA MANOMÉTRICA / HEAD / ALTURA DE BOMBEO (mc.à.)													
RL-16	3,0	120	3"	3"	18,1	18,0	17,8	17,6	17,3	17,1	16,4	15,4	14,0					
RL-16	4,0	135	3"	3"	23,9	23,9	23,9	23,8	23,5	23,3	22,6	21,6	20,3	18,5				
RL-16	4,0	140	3"	3"	26,0	25,9	25,8	25,8	25,6	25,4	24,8	24,0	22,7	21,0	20,4			
RL-16	5,5	152	3"	3"	30,9	30,8	30,7	30,7	30,6	30,5	30,2	29,5	28,5	27,0	26,5	25,0		
RL-16	7,5	159	3"	3"	33,8	33,7	33,6	33,6	33,5	33,5	33,2	32,7	31,8	30,4	30,0	28,5	27,2	

Fonte: Catalogo Thebe

Sendo assim a bomba que mais se aproxima é a RL16 7,5 CV de 3"

7. CONCLUSÃO

Concluído a importância da visita até o local para que não ocorra imprevistos no momento da instalação da tubulação, para que não precise de última hora refazer os cálculos de perda de carga.

No trabalho de comparação entre as formulas desenvolvidas, foi constatada uma pequena diferença de perda de carga entre as formulas de Hazen Williams e Darcy Universal, outro detalhe que vale destacar é que a formula de Hazen Williams é mais prática e fácil de desenvolver do que a formula de Darcy, assim podendo garantir a segurança do projeto, mesmo que utilizando qualquer uma das formulas comparadas no trabalho apresentado.

Com esse trabalho podemos concluir a importância de um projeto para o combate de incêndio evitando, perdas materiais e até mesmo salvando vidas.

Assim foi comprovado pelo trabalho que ambas as formulas comparadas no trabalho são seguras para o seu uso no projeto de dimensionamento de hidrantes.

8. REFERÊNCIAS

NBR5580/2015

Sérgio R. Montoro, Fenômenos de Transporte Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de Lorena - EEL

Comitê Brasileiro de Segurança contra incêndio. ABNT NBR 13714. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 25p.

Secretaria da Segurança Pública, polícia militar do estado de São Paulo, corpo de bombeiros militar. Instrução Técnica N°22/2019ITCBMESP. São Paulo:2019. 100p.

Catalogo de Bombas Thebe Bombas Hidráulicas, Versão 1137.02.00608-2018A São Paulo: 2018. 12p.

PEDRO C. SILVA TELLES. Tubulações Industriais. Cálculo. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e científicos editora S.A 1999. 05p. 08.p

SYLVIO R. BISTAFA. **Mecânica dos fluidos**. Noções e aplicações. São Paulo: Blucher, 2010. 08p.

9. ANEXO A

Isométrico do projeto