



**FAPAC – FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO
LTDA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DANIELA AIRES DE SOUZA
JOE-RAN MENDES FERREIRA**

**AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA HIDRÁULICA EM TUBULAÇÕES
RESIDÊNCIAIS**

PORTO NACIONAL – TO

2017

DANIELA AIRES DE SOUZA
JOE-RAN MENDES FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA HIDRÁULICA EM TUBULAÇÕES
RESIDÊNCIAIS**

Monografia submetida ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda.

Como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil, junto à faculdade de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Leonardo Alves
Lopes

PORTO NACIONAL – TO
2017

**DANIELA AIRES DE SOUZA
JOE-RAN MENDES FERREIRA**

**AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA HIDRÁULICA EM TUBULAÇÕES
RESIDÊNCIAIS**

Monografia submetida ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda. Como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil, junto á faculdade de Engenharia Civil.

Monografia apresentada e defendida em ___/___/_____ pela Banca Examinadora Constituída pelos professores:

**Prof. Me. Leonardo Alves Lopes
Inst. Toc. Presidente Antônio Carlos Porto – Orientador**

**Prof. Me. Ana Meire Jorge
Inst. Toc. Presidente Antônio Carlos Porto – Orientador**

**Prof. Me. Ângelo Ricardo Balduino
Inst. Toc. Presidente Antônio Carlos Porto**

**PORTO NACIONAL – TO
2017**

RESUMO

Este trabalho visa apresentar a perda de carga hidráulica em tubulações de um determinado sistema, onde são abordados conceitos básicos de um fluido como também suas propriedades sendo ele por escoamento de fluidos líquidos ou gasosos, um dos fatores que influenciam na perda de carga são a viscosidade e rugosidade dos dutos relatados no decorrer do estudo, para que haja um entendimento melhor sobre o assunto foram estudados alguns tipos de perda de carga que podem ocorrer nas tubulações ou até mesmo suas causas, tendo como finalidade de querermos estudar formas onde possamos encontrar problemas nos dutos ou similares, fazendo com que não ache desperdícios em futuras instalações, contudo chegando com resultados para uma melhor distribuição do mesmo ajudando com parâmetros para futuras modificações do sistema. As perdas de cargas são divididas em dois principais grupos sendo elas contínua e localizada nelas são apresentado tabelas, gráficos e formulas que comprovem a perda de carga. Visando obter um sistema hidráulico eficiente e resultados positivos e também apontar as falhas de execução nos sistemas hidráulicos com que venha gerar esta perda de carga nas tubulações. Este trabalho é baseado em livros que relatam a respeito da perda de carga onde, foram obtidos dados; figuras e citações de grande importância para o desenvolvimento deste estudo até aqui apresentado. Com a realização deste estudo espera-se, que se possam obter soluções viáveis e mais econômicas com intuito de evitar-se ao máximo esta perda de carga, proporcionando assim ao usuário qualidade na execução da sua edificação.

Palavras-chaves: Escoamento. Fluido. Perda de carga.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NB - Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
(ABNT)

ρ - Massa específica

OMS - Organização Mundial de Saúde

SI - Sistema internacional de medidas

γ - Peso específico

SG - Specific gravity

hf - Perda de carga

L - Comprimento

D - Diâmetro

ϵ - Rugosidade

μ - Viscosidade

V - Velocidade

Re - Número de Reynolds

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Massa específica da água em função da temperatura.....	12
Figura 2 - Teorema de Bernoulli.....	15
Figura 3 - Diagrama de Rouse.....	17
Figura 4 - Diagrama de Moody.....	18
Figura 5 - Esquema de um alargamento brusco de seção.....	19
Figura 6 - Perda de carga devido ao alargamento gradual de seção.....	21
Figura 7 - Formas de saída de reservatório.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Propriedades Físicas aproximadas de alguns líquidos.....	13
Tabela 2 - Orçamento do projeto de pesquisa.....	26
Tabela 3 - Cronograma de atividades.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2 HIPÓTESE	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 IMPORTÂNCIAS DA HIDROLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL	12
2.2 CONCEITO DE FLUIDO	13
2.2.1 Propriedade dos Fluidos	14
2.2.1.1 Massa Específica.....	14
2.2.1.2 Peso Específico	15
2.2.1.3 Densidade	16
2.2.2 Fluido Ideal	17
2.2.3 escoamento Compressível e Incompressível	17
2.3 PERDA DE CARGA	17
2.3.1 Perda de Carga Continua ou Distribuída	19
2.3.2 Perda de Carga Localizada ou Singular	21
2.3.3 Perda de Carga Devido ao Alargamento do Brusco de Seção	22
2.3.4 Perda de Carga Devido ao Estreitamento de Seção	23
2.3.5 Perda de Carga Devido ao Alargamento Gradual de seção.....	24
2.3.6 Perda de Carga na Entrada de Uma Canalização.....	24
3. OBJETIVOS	26
3.1 OBJETIVO GERAL	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 ÁREA DE ESTUDO	27
4.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	28
5. ORÇAMENTO	29
6. CRONOGRAMA	30
7. RESULTADOS ESPERADOS	31
REFERÊNCIAS	32

1.INTRODUÇÃO

Um estudo da água como um todo é de suma importância para a humanidade, sendo mais importante quando se fala em água potável e sua distribuição. As elevadas quantidades de fatores que devem ser estudados e analisados para finalidade de uma melhor utilização de sistemas hidráulicos e conter uma menor perda de carga nos sistemas.

Relatando as formas de como a perda de carga se inicia através de inúmeros fatores, que começa a ser estudada de início a hidrologia relacionada à engenharia, pois tem forte ligação no que diz a respeito o estudo da água, é essencial para se inicia uma determinada situação tendo em vista o principal fator a ser notificado.

Em seguida serão estudados os conceitos de fluido assim como suas propriedades, o fluido pode ser tanto líquido quanto gasoso tendo uma ligeira diferença entre ambas as partes para estudo, suas propriedades são bem definidas sendo eles a massa específica e o peso específico e a densidade sendo ligados uns aos outros, pois a relação entre eles depende entre si, o fluido ideal é aquele onde a sua viscosidade é bem elevado, contudo acarretando em uma melhor distribuição no sistema, em seguida estudamos um pouco sobre o escoamento compressível e incompressível.

Em sistemas hidráulicos chegando às perdas de cargas que são divididos em diversos fatores que possa ocorrer nos dutos ou similares. A Perda de carga é dividida em dois grupos, sendo ele contínua ou distribuída e em seguida o de localizada ou singular, fato que dentre esses dois grupos existem inúmeros fatores a ser estudado para chegar a uma perda simbólica do sistema, neste estudo mostra várias formas e equações que serão utilizados para finalidade de relatar onde realmente cada perda possa ser localizada e seus valores existentes.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Tendo a importância da redução das perdas de cargas em tubulações para o desenvolvimento satisfatório e eficaz de um sistema hidráulico de uma residência.

1.2 HIPÓTESE

Sistemas hidráulicos mais satisfatórios evitam o uso da água em excesso causado pelo mau funcionamento do sistema, tendo em vista parâmetros para uma melhor distribuição do mesmo, para que seus resultados sejam esclarecedores conforme as normas.

1.3 JUSTIFICATIVA

A maneira com que a água chega até uma edificação e posteriormente distribuída para os pontos de água através das tubulações é de suma importância para se obter um sistema hidráulico eficaz, garantindo ao usuário conforto e qualidade quando necessário fizer uso da água. O que demonstra que a engenharia civil não está ligada somente a construções estruturais, mas também as obras hidráulicas e sanitárias.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIAS DA HIDROLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL

O estudo da água na natureza é denominado hidrologia, das partes que abrange suas funções tem como base: suas propriedades, fenômenos e distribuição do mesmo. É de suma importância o conhecimento do estudo da água, pois basta lembrar os efeitos o qual o mesmo poderá acarretar com determinadas situações, e nem o domínio do homem sobre as leis nelas existentes fazem com que ele venha a se capacitar e aprofundar mais o seu conhecimento (PINTO *et, al.*, 2013).

O aprofundamento do estudo da hidrologia significa uma melhor maneira de encontrar problemas em formações de grande porte, informações da ocupação das bacias, da melhor utilização da água e do resultante impacto sobre o meio ambiente do globo. Profissionais de diferentes áreas como engenheiros, agrônomos, geólogos, matemáticos, estatísticos, geógrafos, biólogos, entre outros atuam nas diferentes subáreas dessa ciência. Tendo como uma ciência que de fato estuda as formas descritiva e qualitativa, explorando cada área de conhecimento com métodos matemáticos e estatísticos, e o determinado comportamento físico e o aproveitamento do mesmo (TUCCI *et, al.*, 2013).

Segundo Alvarez e Garcez (2013) a hidrologia está ligada à engenharia com vários aspectos genéricos, sendo eles:

- Recolher dados e elementos;
- Separação e estudos da persistência dos dados a elementos recolhido;
- Definição dos dados figurativos para análise do problema;
- Colocação dos dados figurativos nos elementos cartográficos de estudo;
- Plano de isolinhas;
- Uso de fórmulas e modelos para resultado do problema;
- Aquisição de parâmetros representativos;
- Desfecho e recomendações.

O mesmo autor destaca ainda vários tipos de aplicação de Hidrologia na Engenharia são eles:

- Avaliação dos recursos hídricos de uma região;
- Projeto e construção de obras hidráulicas;
- Drenagem e recuperação de áreas;
- Irrigação;
- Estudos evaporimétricos e de água no solo;
- Regularização dos cursos de água e controle de inundações;
- Aproveitamento hidrelétrico e entre outro.

Segundo a NB-92/1980 da ABNT o sistema hidráulico de água fria em uma edificação deve atender alguns fatores essenciais para o bom funcionamento do sistema que são:

- Assegurar o abastecimento constante da água, em capacidade satisfatória, com pressões e velocidades apropriadas ao ideal desempenho das peças de aplicação e do esquema de tubulações.
- Conservar intransigentemente a qualidade da água do esquema de abastecimento.
- Conserva o extremo bem-estar dos usuários, englobando a atenuação dos graus de barulho.

Estes fatores apresentados acima jamais podem ser desconsiderados, quando se deseja obter instalações que funcionem de fato, adequando ao cliente saúde satisfatória, habitualmente conceituada pela OMS (Organização Mundial de Saúde) como o Integral conforto físico, mental e social, e não somente a falta de doenças (MELO e AZEVEDO NETTO, 1988).

2.2 CONCEITO DE FLUIDO

O fluido pode ser entendido como sendo toda a matéria que é encontrada apenas em dois estados, sendo eles o líquido e o sólido. É evidente a diferença entre os dois estados, e pode ser entendida facilmente por uma

pessoa sem qualquer conhecimento no assunto (FOX; MCDONALD, PRITCHARD 2006, BRUNETTI, 2008).

Tecnicamente a diferença entre os dois estados pode ser notada, observando-se a reação de cada estado quando submetido a uma tensão, sendo esta tensão de cisalhamento ou tangencial. Por exemplo, o estado sólido tem a capacidade de resistir a uma tensão de cisalhamento por uma deflexão estática, já o fluido não possui esta capacidade de resistência. Por menor que seja esta tensão de cisalhamento exercida sobre o fluido, fará com o fluido se movimente (WHITE, 2011).

O fluido pode ser definido como sendo substâncias com a capacidade de escoar e cujo seu volume apresenta na forma do recipiente que ocupa (OLIVEIRA E MORS, 2009).

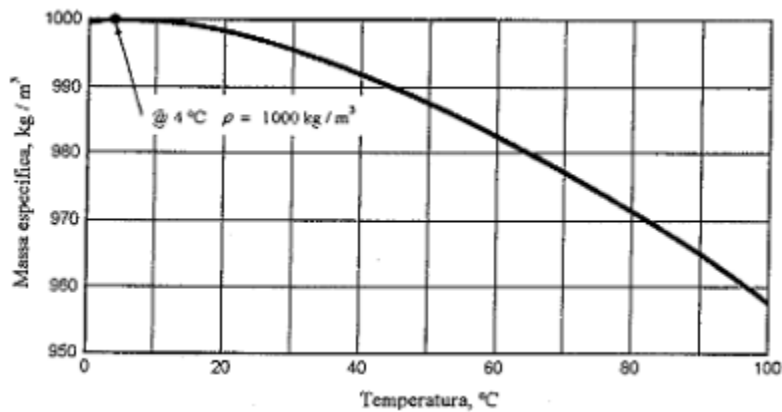
Apresentada as definições de fluido qualquer pessoa também sabe que os fluidos dividem-se em duas classes, sendo ela, líquida e gasosa. Tecnicamente a diferença está relacionada com os efeitos das forças de coesão. Os líquidos são praticamente incompressíveis e possuem dimensões determinadas e possuem área independente, já os gases são compressíveis e à medida que sua massa expande-se preenche toda área do recipiente (WHITE, 2011).

2.2.1 Propriedade dos fluidos

2.2.1.1 Massa específica

Os elementos possuem massa específica, que são indicados por ρ , é determinado como sendo a massa de substância presente em uma unidade de volume (o SI adota kg/m^3 como sendo a unidade de medida da massa específica). Esta propriedade é usada frequentemente para definir a massa de um sistema fluido. Os vários tipos de fluido podem exibir massas específicas muito diferentes. Frequentemente, a massa específica dos líquidos é pouco frágil aos diferentes níveis de pressões e temperaturas (MUNSON; YOUNG, OKIISHI 2013).

Figura 1 - Massa específica da água em função da temperatura
Fonte: Azevedo Netto, (2005)



Segundo Bistafa (2012) a massa específica é definida como, a massa de um fluido qualquer sobre o seu volume, portanto:

$$\forall: \rho = m/\forall \quad (1)$$

2.2.1.2 Peso específico

O peso específico dos elementos é representado por Υ , é determinado como sendo o peso da substância presente em uma unidade de volume. O peso específico está associado com a massa específica por meio da relação:

$$\Upsilon = \rho \cdot g \quad (2)$$

Onde:

Υ = Peso específico do fluido

ρ = Massa específica

g = Aceleração da gravidade local

O SI adota N/m^3 como sendo a unidade de medida do peso específico. Assim temos como o valor padrão da aceleração da gravidade ($g=9,807m/s^2$), e o peso específico da água a $15,6\text{ }^\circ\text{C}=9,8\text{ KN}/m^3$ de acordo com a tabela abaixo (MUNSON; YOUNG, OKIISHI 2013).

Tabela 1- Propriedades Físicas aproximadas de alguns líquidos

	Tempe- ratura (°C)	Massa Específica ρ (kg / m ³)	Viscosidade Dinâmica μ (N · s / m ²)	Tensão Superficial ^a , σ (N / m)	Pressão de Vapor, p_v [N/m ² (abs)]	Compres- sibilidade ^c E_v (N / m ²)
Tetracloreto de Carbono	20	1590	9,58 E-4	2,69 E-2	1,3 E+4	1,31 E+9
Álcool Etílico	20	789	1,19 E-3	2,28 E-2	5,9 E+3	1,06 E+9
Gasolina ^d	15,6	680	3,1 E-4	2,2 E-2	5,5 E+4	1,3 E+9
Glicerina	20	1260	1,50 E+0	6,33 E-2	1,4 E-2	4,52 E+9
Mercúrio	20	13600	1,57 E-3	4,66 E-1	1,6 E-1	2,85 E+10
Óleo SAE 30 ^d	15,6	912	3,8 E-1	3,6 E-2	-	1,5 E+9
Água do mar	15,6	1030	1,20 E-3	7,34 E-2	1,77 E+3	2,34 E+9
Água	15,6	999	1,12 E-3	7,34 E-2	1,77 E+3	2,15 E+9

Fonte: Azevedo Netto, (2005)

2.2.1.3 Densidade

Para Munson, Young e Okiishi (2013) a densidade de um fluido, é dada por SG (specific gravity), é apresentada como a razão entre a massa específica do fluido e a massa específica da água exposta a uma temperatura qualquer. Periodicamente, a temperatura caracterizada é 4 °C (deste modo à massa específica da água com esta temperatura tem o valor de 1000 kg/m³). Tem-se,

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{H_2 O @ 4^{\circ} C}} \quad (3)$$

De modo que a densidade está vinculada com as massas específicas, assim o valor de SG não está submetido ao sistema de unidades aplicado. No entanto a massa específica, o peso específico e a densidade são dependentes uns dos outro. Deste modo obtendo o valor de uma das propriedades, pode-se calcular o valor das outras propriedades.

2.2.2 Fluido Ideal

Determina-se que fluido ideal é aquele onde sua viscosidade é igual a zero. Portanto entende-se que o fluido ao escoar pela tubulação sem que ocorra perda de energia causada pelo atrito do tubo pode ser considerado como fluido ideal. Porém a quantidade de fluidos que possui esta propriedade é nula (BRUNETTI, 2008).

2.2.3 Escoamento Compressível E Incompressível

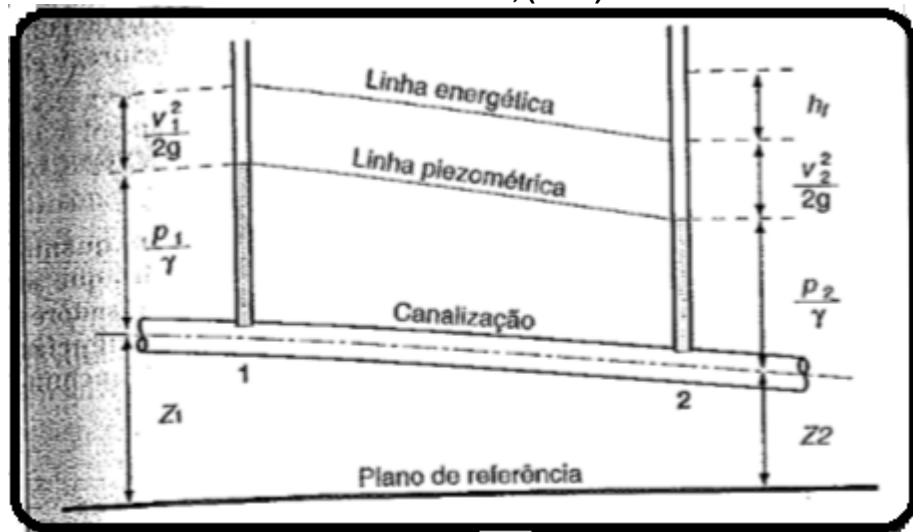
Escoamentos incompressíveis podem ser definidos como, o escoamento cuja alteração na massa específica seja insignificante. Já o escoamento compressível é o inverso do incompressível, ou seja, é o escoamento cuja alteração na massa específica não é insignificante. Como exemplo bastante corriqueiro de escoamento compressível, temos o escoamento de um gás, e no escoamento incompressível o escoamento de um líquido (FOX; MCDONALD, PRITCHARD 2006).

2.3 PERDA DE CARGA

A perda de carga é o resultado do atrito interno do líquido com as paredes dos dutos acarretando numa perda de energia, tendo como grande fator à viscosidade e rugosidade que em cada tipo de peças possa oferecer, isto é alterando grande parte nas trajetórias das partículas líquidas imposta em determinadas tubulações (MACINTYRE, 2010).

Tendo como uma forma de modelo que um líquido flui de uma posição (1) para (2) como exemplo na canalização indica a seguir, segmento da energia inicial espalha-se conforme a condição de calor; somada as três cargas em (2) o (teorema de Bernoulli) não tendo sua igualdade na carga total em (1). A mudança h_f , que é chamada de perda de carga. É muito importante o estudo do mesmo em determinadas situações encontrada na engenharia, tendo como isso diversa maneira de estudos e investigações (AZEVEDO NETTO, 2005).

Figura 2- Teorema de Bernoulli
Fonte: Azevedo Netto, (2005)



Segundo Azevedo Netto (2005) a determinação ao escoamento em regime laminar é um compromisso inteiramente á viscosidade. Contudo com a perda de energia seja ela frequente apontada como perda por fricção ou por atrito, não dizendo que ela deve ser por uma forma de atrito o que ocorre com os sólidos. Ligada as paredes dos dutos não existindo locomoção do fluido. Sendo assim, imaginada uma forma de camada em movimento, com velocidade diferente e agindo pela dissipação de energia. Já ao escoamento do regime turbulento determinasse com o efeito agregado das forças devidas á viscosidade e á inercia. Sendo assim a repartição de velocidades nos dutos decorrentes nas tubulações, máxima ou mínima, e esta é manipulada pelas circunstâncias da parede. Sendo os dutos com parede rugosa causa maior turbulência.

Segundo Macintyre (2010) os estudiosos Darcy e Weisbach chegaram à expressão geral da perda de carga válida para qualquer liquido, que pode ser escrito sob a forma:

$$J = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Nesta expressão, vê-se que a perda de carga J varia: com comprimento da tubulação l ; o quadrado da velocidade de escoamento v ; diâmetro d ; duas vezes a gravidade g ; fator f chamado de fator de resistência ou coeficiente de atrito.

Sendo assim o fator f que é fator de resistência ou coeficiente de atrito varia. O que denomina a distribuição é o “regime turbulento”, com a ajuda das velocidades de escoamento que cada seção terá. Informa-se que o fator f do regime de escoamento depende:

- relativamente da rugosidade das paredes do duto, que é, $\frac{\varepsilon}{d}$, portando d como diâmetro interno do duto e ε a rugosidade determinada. Os valores são tabelados em função de cada tipo de duto e seus respectivos diâmetros.

- dos dados de Reynolds , temos a equação:

$$Re = \frac{v.d}{\nu} \quad (5)$$

Onde: Velocidade média na seção é v em (m x s⁻¹), dimensão linear, ou seja, o diâmetro interno do tubo (m) e ν coeficiente de viscosidade cinemática (MACINTYRE, 2010).

A equação de Reynolds veio após o mesmo fazer verificação e estudos teóricos e experimentais, contudo trabalhados diversos diâmetros e temperaturas, tendo em vista um melhor critério para determinada situação de movimento em tubulação, sendo assim não se prendendo ao valor da velocidade, e sim o valor de expressão sem tamanhos, sendo assim considerando a viscosidade do líquido. Para identifica o número de Reynolds é preciso ter parâmetros que leve em cheque à velocidade entre o líquido que escoar e a determinado material que se envolver, sendo uma medida linear típica (diâmetro, profundidade, etc.) e também a viscosidade do líquido (AZEVEDO NETTO, 2005).

A perda de carga pode ser classificada em dois principais grupos são elas: Contínuas ou distribuídas e localizadas ou singulares. A distribuída é considerada pelo duto em si. Com isso as partículas dentro do duto entram em atrito uma com as outras (próximas à parede) que são sujeito da viscosidade, é o essencial fator podendo a influencia em determinada queda de pressão. Já a localizada é provocada em especial por acessórios da canalização: reduções, conexões, válvulas, curvas entre outros (MCCABE, 2005).

2.3.1 Perda De Carga Continua Ou Distribuída

São determinadas pela difração das partículas fluidas entre si, do mesmo modo que as partículas internas das paredes do tubo se choquem uma com as outras, na maioria das vezes em trechos retos de tubulação. Onde é relacionado com o comprimento (L) da tubulação, o diâmetro (D), massa específica (ρ), rugosidade (ϵ) da parede, das propriedades do fluido, viscosidade (μ), portanto esta última tendo o papel mais importante das partículas do fluido na dispersão de energia, e da velocidade (V) do fluxo. Seção circular de dutos, afirma que o número de Reynolds é permitido valor de 2100, como extrema transferência do escoamento laminar e o turbulento (SISSOM, 1988).

Método de Moody–Rouse: um dos cálculos mais empregados para perda de carga distribuída. Como vimos anteriormente o valor de rugosidade relativa e número de Reynolds para obter o valor de coeficiente de atrito.

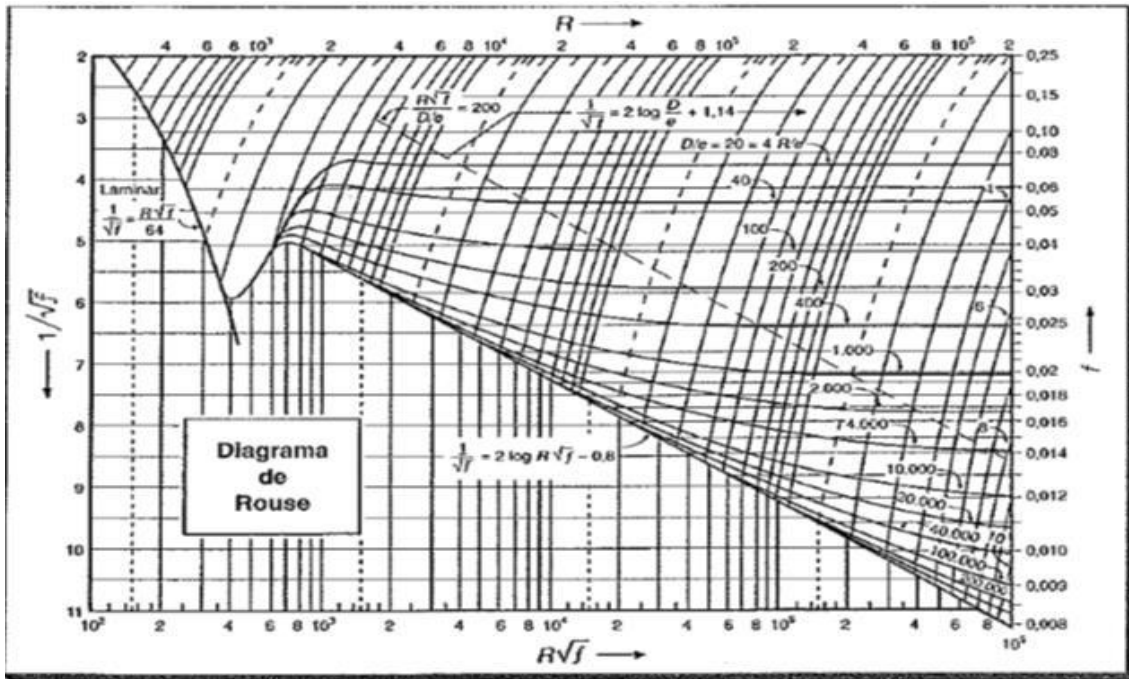
$$J = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

J como a perda de carga (Pa); f : coeficiente de atrito; D : diâmetro da tubulação(m); L comprimento da tubulação (m); g : aceleração da gravidade (m/s²); V : velocidade(m/s) (MACINTYRE, 2010).

A seguir as figuras abaixo mostram os diagramas que são utilizados na equação que foi vista anteriormente, o primeiro é a relação do diagrama de Hunter Rouse.

Figura 3 - Diagrama de Rouse

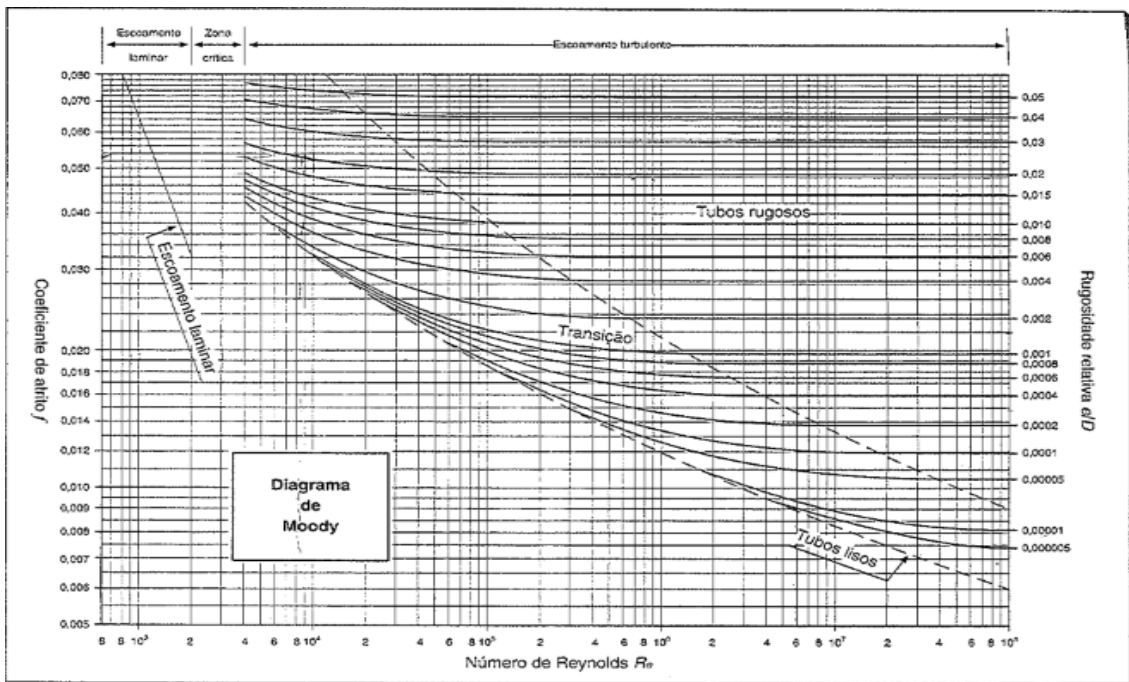
Fonte: Azevedo Netto, (2005)



E logo abaixo o de L.F. Moody sendo todos os dois de suma importância para solucionar problemas em escoamento das tubulações.

Figura 4 - Diagrama de Moody

Fonte: Azevedo Netto, (2005)



Método de Hazen-Williams:

Para dutos com diâmetros maiores de 50 mm (2"), é o método mais utilizado.

$$J = 10,641 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \quad (7)$$

J Perda de carga unitária (m/m) C : Constante que depende do material utilizado na fabricação e o tempo de uso; Q : vazão (m³/s); D : diâmetro, (m).

2.3.2 Perda De Carga Localizada Ou Singular

A tubulação além de perde carga no decorrer do mesmo, tende a perde ainda mais com peças especiais, válvulas, conexões, curvas etc. Sendo responsáveis por perda de carga, por determinarem perda de velocidade, gerar turbulência, estimular atritos tendo um grande choque das partículas do líquido, desvia a direção dos filetes. Contudo essas energias que provocam tudo isso nas peças mencionadas, são denominada de perda de carga locais, localizada ou acidental (MACINTYRE, 2010).

Segundo Macintyre (2010) existem vários tipos de perda de carga localizada a mais usada é a fórmula geral onde na tabela acha-se o valor do fator K de perdas localizadas, para determinadas peças. A perda de carga localizada compatível a uma peça, sendo que o fator de perda de carga tem o valor K , é calculado por (MACINTYRE, 2010).

$$J = K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (8)$$

2.3.3 Perda De Carga Devido Ao Alargamento Do Brusco De Seção

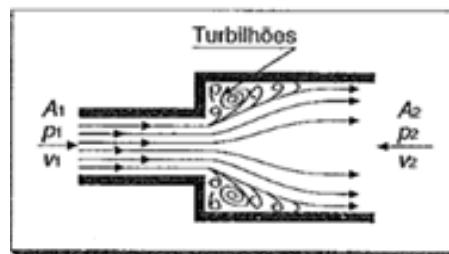
É relativa a uma perda de energia correspondente ao aumento brusco da seção, que se obtém a partir do teorema de Bernoulli e considerando-se o impulso das forças atuante na seção e a oscilação da quantidade de movimento. Daniel Bernoulli o físico propôs uma hipótese para o escoamento dos fluidos, que pode ser enunciado da seguinte maneira: Se a

velocidade de uma partícula de um fluido aumenta enquanto ela se escoar ao longo de uma linha de corrente, a pressão do fluido deve diminuir e vice-versa (AZEVEDO NETTO, 2005).

Segundo o mesmo autor o princípio de Bernoulli também pode ser aplicado no escoamento de líquido por um tubo de diâmetros diferentes: sendo o diâmetro da parte central do tubo menor que nas duas extremidades, o escoamento é mais rápido na região mais estreita e a pressão menor. É este o princípio do medidor de Venturi; um dispositivo que permite calcular a velocidade de um fluido em um tubo horizontal, por meio da diferença de pressão nos tubos verticais.

Figura 5 - Esquema de um alargamento brusco de seção

Fonte: Azevedo Netto, (2005)



A figura mostra que na velocidade v_1 , na seção menor, terá uma velocidade maior que a velocidade v_2 , ocorrendo, portanto, partículas correntes mais aceleradas sendo assim se chocando com partículas da V_2 que são mais lentas. No começo da seção com diâmetro maior cria-se um anel de turbilhões que absorve energia. Normalmente onde a seção alargada pode-se considerar a pressão P_1 como atuante, conseqüentemente a pressão P_2 só será informada a jusante da zona de turbilhões. Determinando-se essas seções e usando o teorema de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z + J \quad (9)$$

A equação onde se obtém a perda de carga

$$J = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} - \left(\frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} \right) \quad (10)$$

2.3.4 Perda De Carga Devido Ao Estreitamento De Seção

Uma perda consecutiva numa diminuição rápida de diâmetro, sendo ela de uma seção A1 para uma seção A2 é expressar:

$$J = K \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad (11)$$

Sendo:

$$K = \frac{4}{9} \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (12)$$

Em outras ocasiões a diminuição de diâmetro pode ser gradual, a perda será menor. Sendo assim o valor de K, normalmente, está determinado entre 0,04 e 0,15. (AZEVEDO NETTO, 2005).

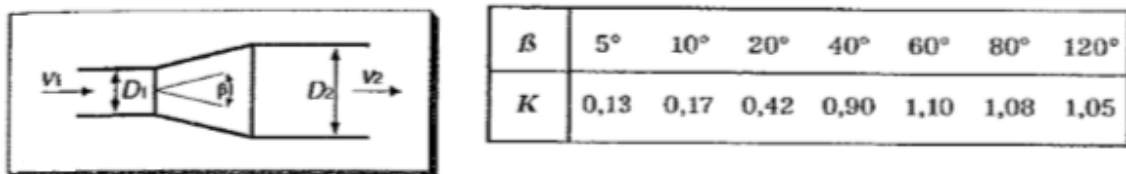
2.3.5 Perda De Carga Devido Ao Alargamento Gradual De Seção

Examina-se, praticamente, com os valores de K isto é procedem da relação entre os diâmetros inicial e final, certamente com o comprimento da peça. Peças mais comuns acham-se:

$$J = K \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad (13)$$

A figura 6 mostra os valores de K decorrente dos respectivos ângulos de determinada peça:

Figura 6 - Perda de carga devido ao alargamento gradual de seção



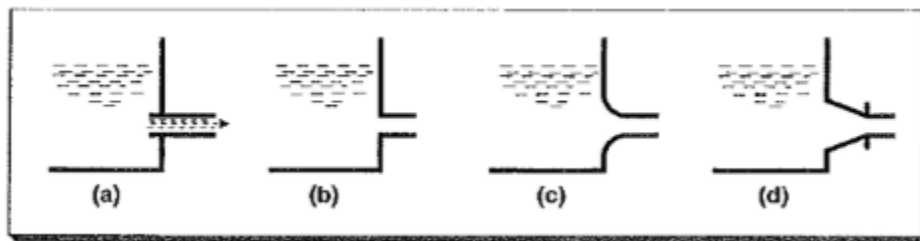
Fonte: Azevedo Netto, (2005)

2.3.6 Perda De Carga Na Entrada De Uma Canalização

Para conferir perda de carga em entrada de uma tubulação (saída de reservatório, caixas, tanques etc.) resultara muito das circunstâncias que distingui o tipo de entrada. Um condicionamento mais normal poderá ser frequente, de que a tubulação faz um ângulo de 90° com as paredes ou ate

mesmo com o fundo do reservatório, criando uma aresta viva. Com essa circunstancia o valor de K é definido, sugerindo que poderá ser igual a 0,5. Em dutos côncavos, estabelecido à entrada tradicional de Borda (escolha dada em consideração ao enorme hidráulico do século XVII), a possibilidade do negativo admita-se K no valor igual 1. Caso as entradas dos dutos forem arredondadas o números de K diminuirá consideravelmente sendo igual a 0,05 acatando sempre que o mesmo for ao formato de sino. O começo arredondado perfeito para a forma de tratriz (K=0,04). Na realidade, sempre que a recomendações da obra justificar, permitira serem melhoradas as situações de entrada, colocando uma redução nu começo da tubulação (AZEVEDO NETTO, 2005).

Figura 7 - (a) Reentrante ou de Borda $K=1$; **(b)** Normal $K=0,5$; **(c)** Forma de sino $K=0,05$; **(d)** Concordância com uma peça adicional (redução), $K=0,10$.



Fonte: Azevedo Netto, (2005)

3.OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar a respeito de um sistema hidráulico eficaz e também determinar resultados e possíveis erros na execução deste sistema em uma edificação de pequeno porte, quanto de grande porte.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um estudo em laboratório para extrair resultados eficazes ligados à perda de carga na tubulação;
- Executar uma análise entre sistemas hidráulicos com diferentes conexões;
- Analisar a perda de carga em tubulações levando em conta as conexões do sistema hidráulico.

4.MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Na execução deste estudo será utilizada a bancada de experimentos da marca Labtrix modelo MF-03, localizada no laboratório de recursos hídricos do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos – Porto Nacional (ITPAC-PORTO), onde a mesma é composta por reservatório com escala graduada em milímetros, bombas hidráulicas, manômetros medidores de pressão, piezômetro, tubulações e hidrômetro residencial com selo de certificação do INMETRO. Conforme pode ser visualizada na figura 8.

Figura 8 – Bancada Labtrix MF – 03



Fonte: Souza e Ferreira, (2017)

Será utilizado neste ensaio tubulações e conexões que são utilizadas frequentemente em sistemas hidráulicos residenciais para o abastecimento de água. Serão efetuados ensaios com quantidades variadas de conexões e comprimentos de tubulações.

4.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Na realização do ensaio serão coletados e analisados os seguintes dados:

- Tipo de conexão
- Quantidade de conexão
- Diâmetro da tubulação
- Vazão
- Tipo de tubulação

5. ORÇAMENTO

Tabela 2 – Orçamento do projeto de pesquisa

Equipamento/operação	Natureza	Qtd.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Cartucho colorida p/ impressora	Material de cons.	01	85,00	85,00
Cartucho preto p/ impressora	Material de cons.	01	70,00	70,00
Papel A4	Resma (500 folhas)	01	18,00	18,00
Adesivo para PVC	tubo com 850g	01	30,75	30,75
Chuveiro plástico	Material de cons.	02	12,00	24,00
Curva PVC 45°	Material de cons.	20	0,70	14,00
Curva PVC 90°	Material de cons.	15	1,50	22,50
Fita veda rosca	Rolo c/ 50m	01	9,40	9,40
Joelho PVC 45°	Material de cons.	20	0,95	19,00
Joelho PVC 90°	Material de cons.	20	1,35	27,00
Luva PVC c/ rosca	Material de cons.	10	0,70	7,00
Te PVC 90°	Material de cons.	10	1,45	14,50
Torneira plástica	Material de cons.	05	8,45	42,25
Tubo PVC 20 mm	Barra c/ 6m	02	13,40	26,80
Tubo PVC 25 mm	Barra c/ 6m	02	14,85	29,70
Serra p/ PVC	Laminas	04	2,50	10,00
Óculos de Proteção	EPI	02	10,50	21,00
Luva Poliéster	EPI	04	2,50	10,00
Registro de gaveta	Material de cons.	03	13,65	40,95
TOTAL				521,85

7. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que, com este estudo possamos obter um sistema hidráulico capaz de reduzir ao máximo as perdas de cargas nas tubulações de uma edificação, tornando o sistema mais eficiente, proporcionando ao usuário um fornecimento de água mais adequado de acordo com suas necessidades.

Espera-se também que através deste estudo consigamos demonstrar que, quanto mais conexões e variações de direção das tubulações, mais perda de carga o sistema possuirá fazendo com que não se tenha um sistema hidráulico adequado ao usuário.

5 REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de hidráulica**. 4ª reimp. Ed. Editora Edgard BlucherLtda, São Paulo-SP, 2005.

BISTAFA, S. R. **Mecânica dos fluido noções e aplicações**. 1ª reimp. Editora Edgard BlucherLtda, São Paulo-SP, 2012.

BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluidos**. 2ª. Ed. Editora Pearson Prentice Hall Ltda, São Paulo-SP, 2008.

FOX, R. W, MCDONALD, A. T, PRITCHARD, P. J. **Introdução á mecânica dos Fluidos**. 6ª. Ed. Editora LctLtda, Rio de Janeiro-RJ, 2006.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4ª. Ed. Editora LctLtda, Rio de Janeiro-RJ, 2012.

MCCABE, Warren L. SMITH, Julian C. HARRIOTT, Peter. **Unit operations of chemical engineering**.7th ed. New York (USA): McGraw-Hill, 2005. 1139 p.

MELO, V. O, AZEVEDO NETTO, J. M. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias**.6ª. Ed. Editora Edgard BlucherLtda, São Paulo-SP, 1988.

MUNSON, B. R, YOUNG, D. F, OKIISHI, T. H. **Fundamentos da mecânica dos fluidos**. 4ª reimp. Editora EdgardBlucherLtda, São Paulo-SP, 2013.

OLIVEIRA, L. D, MORS, P. M. **Mecânica dos fluidos: uma abordagem histórica**. Vol. 20. UFRGS, Instituto de Física, Porto Alegre-RS, 2009.

PINTO, N. L. S, HOLTZ, A. C. T, MARTINS, J. A, GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. 14ª reimp. Editora EdgardBlucherLtda, São Paulo-SP, 2013.

SISSOM, Leighton E.; PITTS, Donald R. **Fenômenos de transporte**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. 765 p.

TUCCI, C. E. M, SILVEIRA, A. I. [et al.] **Hidrologia ciência e aplicação**. 4ª. Ed. 5ªreimp. Editora da UFRGS/ ABRH, Porto Alegre-RS, 2013.

WHITE, F.M. **Mecânica dos fluidos**. 6ª. Ed. Editora AMGH Ltda, Porto Alegre-RS, 2011.