



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

IZABELLA BRAGA PEREIRA GUIMARÃES

**DESENVOLVIMENTO DE ROTEIROS DE PRÁTICAS NO LABORATÓRIO
DE FENÔMENOS TRANSPORTE USANDO UMA BANCADA HIDRÁULICA**

PALMAS

2019

IZABELLA BRAGA PEREIRA GUIMARÃES

**DESENVOLVIMENTO DE ROTEIROS DE PRÁTICAS NO LABORATÓRIO
DE FENÔMENOS TRANSPORTE USANDO UMA BANCADA HIDRÁULICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins como requisito à obtenção do Grau de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Professor Me Itamar Souza Reges

PALMAS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

G963d Guimarães, Izabella Braga Pereira .
 DESENVOLVIMENTO DE ROTEIROS DE PRÁTICAS NO
 LABORATÓRIO DE FENÔMENOS TRANSPORTE USANDO UMA
 BANCADA HIDRÁULICA. / Izabella Braga Pereira Guimarães. – Palmas, TO,
 2020.

 42 f.

 Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
 Universitário de Palmas - Curso de Engenharia de Alimentos, 2020.

 Orientador: Itamar Souza Reges

 Coorientador: Cilene Mendes Reges

 1. Revisão Bibliográfica . 2. Metodologia . 3. Resultados e Discussão . 4.
 Roteiros Experimento de Reynold e Perda de Carga . I. Título

CDD 664

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, que vem me apoiando quando eu mais preciso, com sua infinita bondade me auxilia na melhor decisão.

Aos meus pais, Jose Joaquim e Nelmar Braga, por sempre me guiarem. E especialmente a minha tia Maria de Lourdes, pelo companheirismo, auxilio e serenidade em todos os momentos da minha vida.

Agradeço aos meus amigos por terem me apoiado, incentivado e evitado me induzir a distrações momentâneas.

A minha vó que sempre esteve ao meu lado, desde o início.

Aos meus professores que buscam auxiliar ao máximo seus alunos mesmo com algumas circunstâncias precárias, em especial ao Professor Me Itamar Souza Reges e Professora Cilene Mendes Reges.

FOLHA DE APROVAÇÃO

IZABELLA BRAGA PEREIRA GUIMARÃES

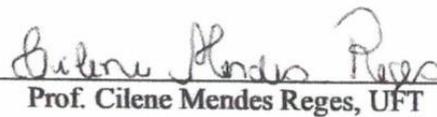
**DESENVOLVIMENTO DE ROTEIROS DE PRÁTICAS NO LABORATÓRIO
DE FENÔMENOS TRANSPORTE USANDO UMA BANCADA HIDRÁULICA**

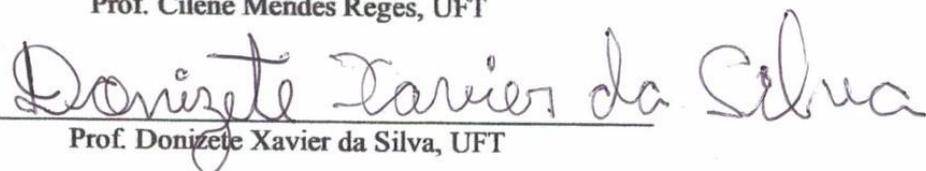
Artigo foi avaliado e apresentado à UFT –
Universidade Federal do Tocantins –
Câmpus Universitário de Palmas, Curso de
Engenharia de Alimentos e aprovado em sua
forma final pelo Orientador e pela Banca
Examinadora.

Data de aprovação: 19 / 12 / 2019

Banca Examinadora


Prof. Itamar Souza Reges, UFT


Prof. Cilene Mendes Reges, UFT


Prof. Donizete Xavier da Silva, UFT

RESUMO

O sistema hidráulico é um dos circuitos mais importantes quando se trata de escala industrial quanto ao seu transporte e no contexto de agregar valor acadêmico. Um estudante em contato direto com fluidos em escoamento com determinadas pressões, abrangerá sem dúvidas sua área profissional.

A bancada hidráulica disponibilizará testes práticos com diferentes materiais e pressões sob um fluido proporcionando o estudo do seu comportamento diante de acessórios e conexões que geram perdas agregadas ao seu movimento.

Foi usado a montagem de uma bancada hidráulica para desenvolver roteiros de experimentos para serem realizados como práticas laboratoriais de fenômenos de transporte, onde foram realizados roteiros para práticas do experimento de Reynold, a Perda de Carga Distribuída e Perda de carga Localizada no circuito da Bancada Hidráulica.

Palavras chaves: Banca hidráulica, fluido, perda de carga, Reynolds, acessórios.

ABSTRACT

The hydraulic system is one of the most important circuits when it comes to industrial scale transportation and in the context of adding academic value. A student in direct contact with flowing fluids at certain pressures will undoubtedly cover his professional area.

The hydraulic bench will provide practical tests with different materials and pressures under a fluid, providing the study of its behavior in the face of accessories and connections that generate losses added to its movement.

The assembly of a hydraulic bench was used to develop experimental scripts to be performed as laboratory practices of transport phenomena, where scripts for practices of Reynold's experiment, the Distributed Pressure Loss and Localized Pressure Loss in the circuit of the Hydraulic Bench were performed.

Key-words: Hydraulic bench; fluid; load loss; Reynolds; accessories.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1-Materiais utilizados da bancada referência.....	23
Tabela 2-Composição da bancada hidráulica estudada.....	24
Figura 1- Ilustração de uma bancada hidráulica (Pimenta, 1981).	12
Figura 2- Ilustração de uma bancada hidráulica (BRUNETTI, 2009).....	10
Figura 3- Escoamento Bidimensional (BRUNETTI, 2009).....	13
Figura 4-E escoamento Tridimensional (BRUNETTI,2009).....	14
Figura 5-Fluxograma da Classificação dos escoamentos.....	14
Figura 6-E escoamento Laminar (VILANOVA, 2001).....	16
Figura 7-E escoamento Turbulento (VILANOVA, 2001).....	16
Figura 9-Representação de uma bomba de engrenagens (BRUNETTI,2009).....	19
Figura 10-Ilustração de uma bomba centrífuga e seu rotor (HARKOV,2015).....	20
Figura 11- Válvula gaveta (BRUNETTI,2009).....	21
Figura 12-Válvula gaveta (BRUNETTI,2009)	21
Figura 13-Válvula globo (BRUNETTI,2009)	21
Figura 14-Válvula borboleta (BRUNETTI,2009)	21
Figura 15-Manômetro em U (VILANOVA,2011).....	22
Figura 16-Ilustração do tubo de Piezômetro (VILANOVA,2011).....	23

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVO GERAL.....	11
2.1 Objetivos Específicos:	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 FLUIDOS.....	13
3.2 TIPOS DE ESCOAMENTO	13
3.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE FLUIDOS.....	14
3.3 NÚMERO DE REYNOLDS.....	15
3.4 EQUAÇÃO DE BERNOULLI.....	16
3.5 PERDA DE CARGA	17
3.6 BOMBAS.....	19
3.6.1 BOMBA DE ENGRENAGEM.....	19
3.6.2 BOMBA CENTRIFUGA.....	20
3.7 VALVULAS.....	21
3.8 INSTRUMENTO DE CONTROLE.....	21
3.8.1 MANÔMETRO	21
4. METODOLOGIA	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 EXPERIMENTO DE REYNOLD	24
5.2 PERDA DE CARGA LOCALIZADA	24
5.3 REFERÊNCIA DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NA PRIMEIRA MEDIÇÃO	25
6. CONCLUSÃO.....	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
ANEXO A – DIAGRAMA DE MOODY.....	31
ANEXO B – RUGOSIDADE RELATIVA EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO	32
ANEXO C – COMPRIMENTO EQUIVALENTE EM DIÂMETRO DE DIVERSOS VÁLVULAS E ACESSÓRIOS.....	33
DIÁGRAMA D – RESISTÊNCIA POR CONTRAÇÃO E EXPANÇÃO.....	34
ANEXO E – COMPRIMENTO EQUIVALENTE L E L/DE COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA K	35
ANEXO F – ROTEIRO EXPERIMENTO DE REYNOLDS	36

1. INTRODUÇÃO

A hidráulica é uma parte da física que pratica a condução de um fluido até um determinado local através de equipamentos com algum tipo de potência indutora. Tendo como vantagens a rápida obtenção de velocidade e sua transferência.

Ao descrever sobre um fluido, podemos interligá-los diretamente com grandezas básicas como viscosidade e pressão. Juntamente com o Teorema Fundamental da Hidrostática e o Teorema de Arquimedes, os fluidos podem trazer grandes resultados em escala industrial otimizando circuitos e validando dados.

Anos atrás com uma pequena abrangência sobre fluidos, o ser humano utilizava esse mecanismo com pequenas situações. Hoje em dia, o seu uso está em um nível mais alto, com turbinas hidráulicas que desenvolvem mais potência em um intervalo menor de tempo. Portanto, resultados são obtidos mais rapidamente, novos caminhos e estratégias traçadas, além da geração de energia que podem fornecer.

Com essa frequência de estudos e aprofundamento, começaram estudar sistemas hidráulicos, capazes de resultar positivamente a humanidade com surgimento de novas tecnologias e materiais, reconhecendo que sua teoria e prática estaria longe de ser conhecida totalmente devido seu pilar de possibilidades.

Segundo BROGAN (1982), qualquer sistema que exista com a finalidade de regular ou controlar o fluxo de energia, informação, matéria ou outras quantidades é considerado sistema de controle. Dessa forma, os sistemas hidráulicos podem ser vistos sob a ótica de sistemas de controle.

Os sistemas hidráulicos são aplicados em grande escala no desenvolvimento de movimentos e crescimento de força em diversos setores, principalmente em área industrial.

Existem algumas situações onde o sistema hidráulico pode ser utilizado como, monitorar todos os elementos de uma unidade industrial com alta precisão e profundidade, automatizar percursos e distinguir vastas situações em pressões e altitudes diferentes.

Tomando como base a necessidade de montagem de uma bancada hidráulica no laboratório de fenômenos de transporte do curso de engenharia de alimentos da Universidade Federal do Tocantins, tomou-se a iniciativa de se realizar a elaboração de roteiros de práticas realizadas no laboratório que nortearão os alunos do curso no seu processo de ensino aprendizagem, visualizando na prática os conceitos vistos na disciplina de Fenômenos de Transporte I do curso de engenharia de alimentos. Os roteiros

de práticas elaborados serão o Experimento de Reynolds, Perda de Carga Distribuída e Perda de Carga Localizada no circuito da bancada hidráulica.

2. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo realizar experimentos para a obtenção de dados de uma bancada hidráulica projetada e desenvolvida no próprio laboratório por acadêmicas do curso de Engenharia de Alimentos.

2.1 Objetivos Específicos:

- Desenvolvimento de uma bancada hidráulica
- Levantamento de materiais para a montagem da mesma
- Obtenção de resultados com alguns testes, a partir de um circuito prévio
- Apresentação dos dados sobre o funcionamento da banca hidráulica
- Avaliação experimental do circuito criado na bancada
- Projetar roteiros para aulas experimentais na disciplina de Fenômenos de Transporte

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma bancada hidráulica é definida como sendo uma ferramenta que auxilia a realização de experimentos com a possibilidade do operador montar vários sistemas com variações de parâmetros, a familiarização de componentes e acessórios hidráulicos por parte do aluno e conseqüentemente intensificar o conhecimento que foi apresentado em sala de aula na forma prática de laboratório (Giordani, Jurach e Rodrigues, 2003).

A montagem e o desenvolvimento de uma bancada hidráulica apresentam vantagens como o controle dos parâmetros físicos envolvidos, o conhecimento dos equipamentos hidráulicos, que após a constatação da teoria da semelhança mecânica, possibilitam o estudo dos problemas reais, com o objetivo de ensaiar em um modelo de pequenas proporções, a retirada de conclusões sobre o que ocorrerá no planejamento de um projeto em escala superior (Pimenta, 1981).

A princípio é chamada de bancada didática toda estação em grande ou pequena escala, que envolvem vários tipos de experimentos promovendo o acesso a estudantes e professores com situações reais de trabalho. Existem alguns modelos de bancadas como, o modelo pneumático, hidráulico, eletrônica, de automação e processos industriais. Deste modo, salienta-se a importância dessas bancadas nas instituições acadêmicas.

O foco do trabalho é em um sistema hidráulico, que nada mais é do que um circuito didático gerador de energia por meio de um fluido sob uma pressão, ou seja, gera movimento através da pressurização de um fluido. Abaixo uma ilustração de uma bancada referência;

Figura 1- Ilustração de uma bancada hidráulica (Pimenta, 1981).



Segundo Palmieri (1997) um sistema hidráulico basicamente é formado por: sistema de geração composto por um reservatório, bombas, motores, filtros e acumuladores. Sistema de distribuição de controle; composto por válvulas medidoras de vazão, pressão e direção. E um sistema de energia; com atuadores, cilindros e hidráulicos.

3.1 FLUIDOS

Fluido é uma substância que não tem uma forma própria, assume o formato do recipiente. (BRUNETTI, 2009).

Trata-se de uma substância com capacidade de se deformar continuamente de acordo com seu espaço adquirido e a tensão de cisalhamento fornecida, podendo ser líquidos ou gases. Alguns fluidos como o mel, levam um tempo até obter a forma definida esperada, mas sempre assumira o mesmo formato do recipiente em que se encontra (VILANOVA, 2011e Fox, McDonald e Pritchard, 2006).

Na literatura, existem algumas propriedades que caracterizam os fluidos. Uma delas é a massa específica, definida pela razão entre a massa do fluido e seu volume, a viscosidade, o peso específico que caracterizam os fluidos de acordo com o seu estado.

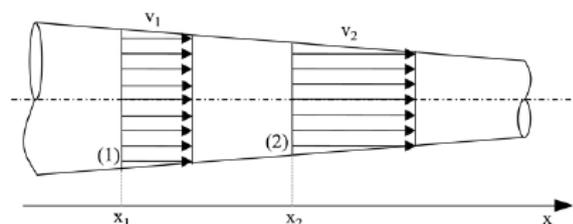
Os fluidos hidráulicos são fundamentais para qualquer atuação industrial, pois além de fornecer energia, servem como lubrificantes e podem também realizar trocas térmicas. Na indústria, algumas características devem ser levadas em consideração na escolha do melhor fluido como, estabilidade termal, viscosidade constante e baixo custo.

3.2 TIPOS DE ESCOAMENTO

Um escoamento de fluido pode ser classificado em Uni, Bi ou Tridimensional de acordo com o número de coordenadas espaciais necessárias para especificar o seu campo de velocidade.

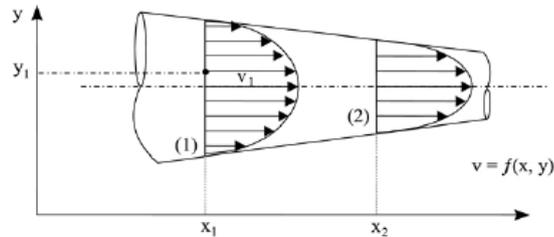
O escoamento unidimensional ocorre quando sua velocidade e direção é a mesma para todos os pontos. Desta forma as propriedades devem ser constantes em cada seção, conforme figura 4.

Figura 2- Ilustração de uma bancada hidráulica (BRUNETTI, 2009).



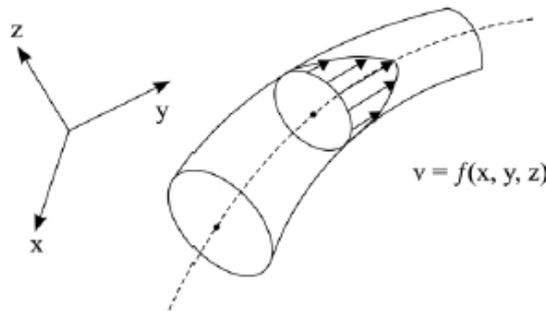
No escoamento bidimensional as grandezas variam em duas dimensões onde ocorrem paralelamente e com trajetórias iguais.

Figura 3-E escoamento Bidimensional (BRUNETTI, 2009).



Os escoamentos Tridimensionais indicam que o campo de velocidade pode ser uma função de três coordenadas espaciais e do tempo, conforme a figura abaixo.

Figura 4-E escoamento Tridimensional (BRUNETTI, 2009).



3.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE FLUIDOS

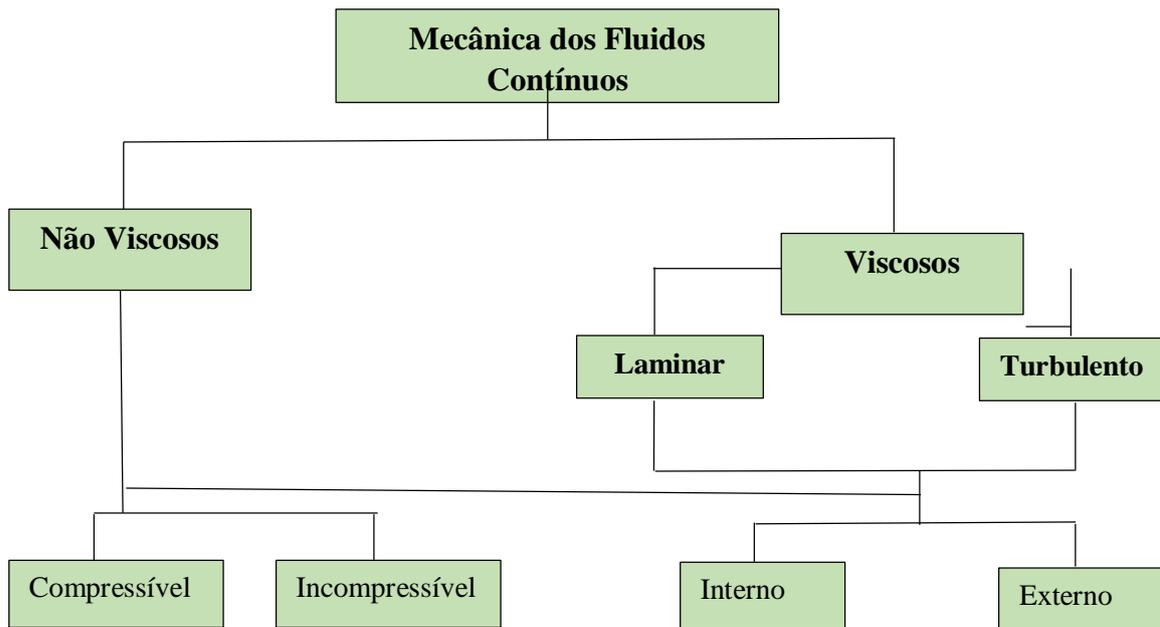


Figura 5-Fluxograma da Classificação dos escoamentos

A figura 5, mostra como a mecânica dos fluidos geralmente pode ser subdividida em termos da presença ou não de efeitos viscosos e não viscosos e de compressibilidade. Ainda usando a Figura 5, verifica-se uma outra classificação em termos de escoamento laminar ou turbulento e se é interno ou externo. Para saber se os efeitos viscosos podem ou não ser desprezados calcula-se o número de Reynolds que relaciona as forças de pressão atuando no fluido e as forças viscosas. Caso o número de Reynolds seja grande os efeitos viscosos serão desprezíveis predominando as forças de pressão.

Dentre os fluidos não viscosos, existe outra subdivisão que são os fluidos compressíveis, como os gases, que sofrem alteração na massa específica, devido a variação de volume, e os fluidos incompressíveis, como os líquidos, que não sofrem quase nenhuma variação de volume, resultando em uma massa específica constante.

O número de Reynolds é um fator determinante quanto a classificação do escoamento Laminar e Turbulento. O cálculo do número de Reynolds é diretamente proporcional ao produto entre o diâmetro do tubo, a velocidade do fluido na tubulação e a massa específica e inversamente proporcional à viscosidade do fluido. O escoamento laminar ocorre para número de Reynolds abaixo de 2000 onde as camadas do fluido não se misturam uma com as outras, enquanto no escoamento turbulento as camadas de fluido se misturam vigorosamente, formando turbilhões, para valores de Reynolds acima de 4000.

Escoamentos envolvidos por superfície sólida são chamados de internos enquanto escoamentos sobre corpos imersos num fluido são denominados de escoamentos externos. Ambos podem ser laminares ou turbulentos, compressíveis ou incompressíveis. (Fox, McDonald e Pritchard, 2006)

3.3 NÚMERO DE REYNOLDS

O número de Reynolds é um grupo adimensional que relaciona a razão entre as forças inerciais (ou forças de pressão) com as forças viscosas. Este número é dado em homenagem ao cientista inglês Osborne Reynolds (1842 – 1912). O número de Reynolds é definido por:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde a massa específica (ρ), a viscosidade por μ , velocidade (v) e diâmetro (d).

Para o escoamento laminar ($Re < 2000$) as moléculas do fluido movem-se em trajetórias definidas preservando suas características do meio. Nesse escoamento a viscosidade age amortecendo o surgimento de turbulências. No escoamento Turbulento ($Re > 4000$), a sua trajetória é irregular, geralmente visto fluidos como a água devido a sua viscosidade ser baixa. (LÍCIA, M. R GASPAR, et al, 2016).

Figura 6-E escoamento Laminar (VILANOVA, 2001)



Figura 7-E escoamento Turbulento (VILANOVA, 2001)



3.4 EQUAÇÃO DE BERNOULLI

A equação de Bernoulli é dada em homenagem ao cientista Daniel Bernoulli (1700 – 1782). Esta equação tem sido muito aplicada para escoamento de fluidos do que qualquer outra equação, no entanto, usa-se muitas vezes de forma errônea por desconhecimento de suas limitações. Estas limitações são resultado de várias hipóteses simplificadoras realizadas durante a sua dedução, como considerar que as forças viscosas sejam desprezíveis, o regime do escoamento seja permanente, não haja perdas por atrito e que o fluido seja incompressível (White, 2011).

Aplicando o Princípio da conservação de energia na linha de corrente entre os pontos (1) e (2) da Figura 8, com as aplicações das hipóteses simplificadoras, encontra-se a equação 2.

As energias associadas a um fluido em movimento podem ser dadas pela energia potencial, cinética e de forças de pressão. A energia potencial está associada à posição no campo da gravidade em relação a um plano horizontal de referência, enquanto a energia cinética está relacionada ao movimento do fluido. A energia das forças de pressão

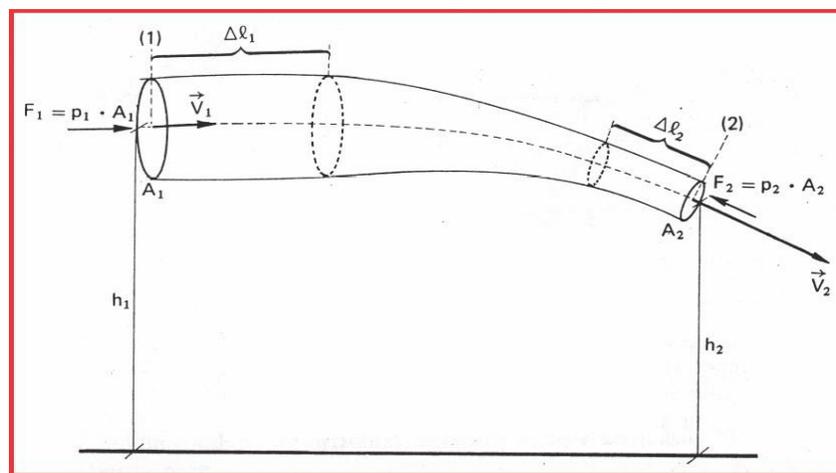
corresponde ao trabalho potencial que atuam no escoamento do fluido. (Potter, Wiggert, 2004).

A equação de Bernoulli é dada por:

$$P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g z_1 = P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g z_2 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: onde pressão (p), Densidade (ρ), gravidade (g), altura (z) e velocidade (v).

Figura 8- Representação da equação de Bernoulli (BRUNETTI, 2009).



3.5 PERDA DE CARGA

Geralmente o escoamento de um fluido sofre perdas devido a influência da viscosidade e da rugosidade das paredes do tubo dissipando a energia devido ao atrito. A partícula do fluido em contato com algum obstáculo na tubulação, suas partículas tendem a adquirir velocidade nula. Essa dissipação de energia resulta em pressões menores ao longo do tubo, sendo caracterizada como a perda de carga. A perda de carga pode ser Distribuída ou Localizada. (GUILLERMO, 2005)

Uma perda distribuída ocorre em circuitos constantes, se dá devido a pressão das laterais dos tubos causarem uma perda de pressão distribuída ao seu decorrer do comprimento fazendo com que a mesa diminua gradativamente (GUILLERMO, 2005).

A perda de carga Distribuída pode ser calculada da seguinte forma;

$$\Sigma F = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right) \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: o fator de atrito (f), o comprimento e diâmetro é dado em metro, a velocidade média em metro por segundo e a aceleração da gravidade metros por segundo quadrado.

Para o cálculo do fator de atrito f em um escoamento laminar ($Re < 2000$) usa a equação 4.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{Eq. 4})$$

Para escoamento turbulento ($Re > 4000$) utiliza-se o Diagrama de Moody (Anexo A), pois relaciona o número de Reynolds e a rugosidade relativa da tubulação. (Sisson e Pitts, 1979)

Quanto a perda de carga localizada, analisa-se outros fatores decorrente da tubulação como, energia interna, energia cinética, energia potencial, variações de pressão, calor e trabalho. A princípio deve-se ter o conhecimento sobre a vazão mássica (\dot{m}), velocidade na sucção e descarga do fluido (LINSINGEN, 2001).

Uma equação foi desenvolvida para distinguir tal perda;

$$\Delta U + \Delta Ek + \Delta Ep + \Delta(Pv) + \sum F = Q - We \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde;

Energia Interna: $\Delta U = U_2 - U_1$, variações na temperatura

Energia Cinética: $\Delta Ek = \frac{v_2^2}{2gc} - \frac{v_1^2}{2gc}$, variações na velocidade

Energia Potencial: $\Delta Ep = g \frac{Z_2 - Z_1}{gc}$, variações na altura

Variação de pressão: $\Delta(Pv) = \frac{P_2 - P_1}{\rho}$

Perda de carga: $\sum F = \frac{fx v^2 x \sum L}{2 x D x gc}$,

Onde:

f fator de atito. Obtido pelo uso do Diagrama de Moody no Anexo A, juntamente com o número de Reynolds, calculado pela Eq. 1 e a rugosidade relativa do tubo (esfericidade/Diâmetro). Pode-se assumir como zero caso o tubo seja liso. Caso contrário a rugosidade relativa será dada em função do diâmetro do tubo para diversos materiais, conforme o Anexo B.

ΣL : é $(L_r + L_e)$, onde L_r é o somatório do comprimento da tubulação e L_e , é o comprimento equivalente das válvulas e acessórios (L/D), obtidos usando-se a tabela de comprimento equivalente para diversos diâmetros, válvulas e acessórios, conforme o Anexo C.

O comprimento equivalente é obtido sabendo-se os valores de K (coeficiente de resistência), junto a todas as conexões e acessórios existentes na tubulação, conforme o diagrama do Anexo D.

Uma vez encontrado o valor de K , utiliza-o no diagrama de comprimento equivalente situado no anexo E, com seu diâmetro interno e equivalente.

Os passos para se encontrar a perda de carga devem ser realizados tanto na sucção, como na descarga, se houver diferença de diâmetro.

Após calculado a perda de carga localizada, ainda há possibilidade de se encontrar a potência teórica e a potência real do circuito.

$$Potência Teórica = We. \dot{m} \quad (Eq. 6)$$

$$Potência Real = \frac{Potência teórica}{\eta} \quad (Eq. 7)$$

3.6 BOMBAS

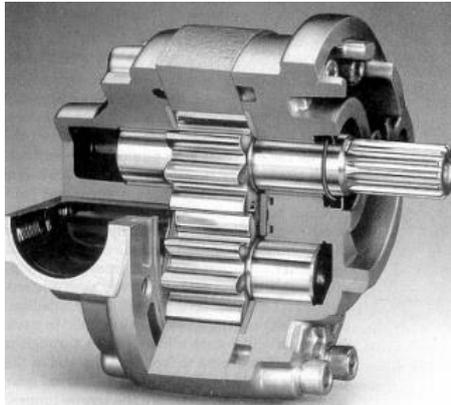
3.6.1 BOMBA DE ENGRENAGEM

Componente no sistema hidráulico, que tem por objetivo transportar fluidos, convertendo energia mecânica em energia hidráulica, orientando o fluido por movimentos das engrenagens até o ponto de saída.

Os principais tipos de bombas de engrenagem são: Bomba de engrenagem interna, possui longa vida útil, rendimento superior e vazão constante. São robustas e feitas para fluidos corrosivos ou alta viscosidade.

Bombas de engrenagem externa, suas engrenagens estão dentro da carcaça e uma delas responsáveis por fornecer potência e rotação. Possui custo menor e sua tendência de gerar vazamento é maior. E bomba rotativa, engrenagens que transportam fluidos através de seus movimentos.

Figura 9-Representação de uma bomba de engrenagens (BRUNETTI, 2009).



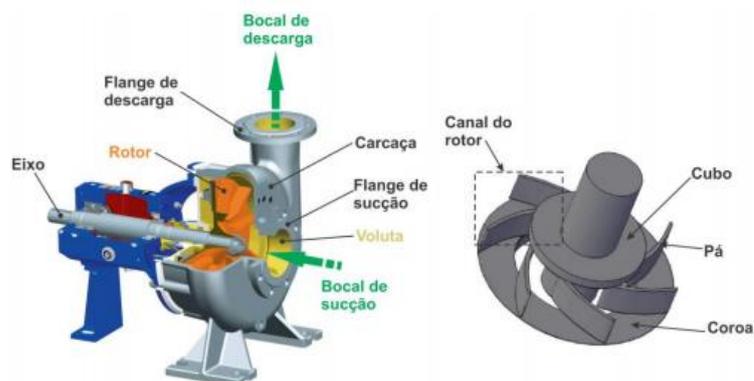
3.6.2 BOMBA CENTRIFUGA

Tem por finalidade agregar energia ao fluido, provocando seu transporte. Utilizadas principalmente em abastecimento de água, esse tipo de bomba é bastante utilizada em indústrias.

Seu fundamento é transformar a energia cinética do rotor ao fluido. É composta por um rotor e um canal de indução. Características do fluido como viscosidade, influenciam diretamente a escolha do rotor quanto a seu diâmetro e altura, que por sua vez influenciaram na vazão do fluido.

A Figura 10 apresenta sua composição e partes de um rotor.

Figura 10-Ilustração de uma bomba centrífuga e seu rotor (HARKOV,2015)



3.7 VALVULAS

As válvulas são equipamentos destinados a controlar ou estabelecer algum fluxo na tubulação. Industrialmente as válvulas de bloqueio como por exemplo, a de gaveta e a de esfera, que comumente são utilizadas por facilidade de manuseio, caracterizada por serem utilizadas em sistemas que necessitam de alta pressão e quando abertas sua passagem libera totalmente o percurso.

As válvulas de regulagem como, a globo e a borboleta, são utilizadas quando necessitam de ações de abertura e fechamento frequentes, regulando a vazão desejada, porem possui uma perca de carga elevada.

Figura 11- Válvula gaveta (BRUNETTI, 2009).

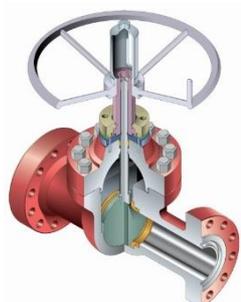


Figura 12- Válvula de esfera (BRUNETTI, 2009).

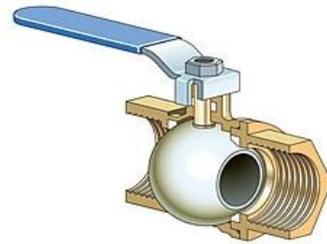


Figura 14-Válvula borboleta (BRUNETTI, 2009).

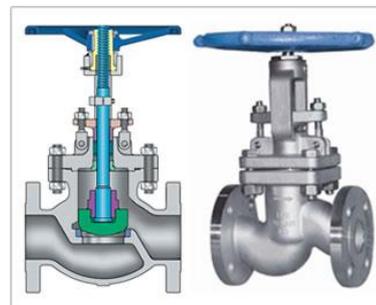


Figura 13-Válvula globo (BRUNETTI, 2009).

3.8 INSTRUMENTO DE CONTROLE

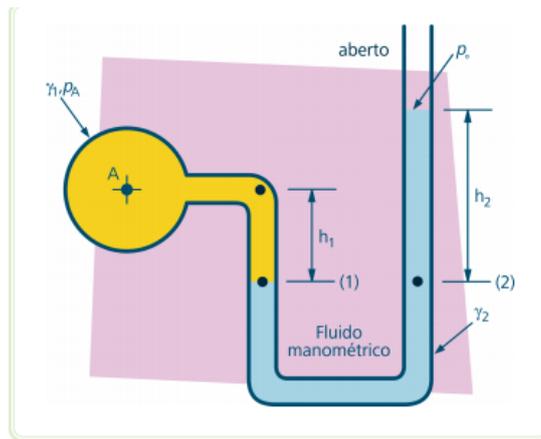
3.8.1 MANÔMETRO

Equipamento utilizado para medir a pressão da atmosfera, de gases e líquidos, sendo muito utilizada em indústrias. O mais interessante é que juntamente com a equação de Bernoulli, há a possibilidade de determinar uma velocidade de um fluido em movimento, pois onde há movimento sua pressão tende a diminuir.

A princípio o mais básico é o manômetro de mercúrio em U, nesse equipamento, o metal líquido é colocado em um recipiente em formato de U em que uma das extremidades está em contato com o material que terá a pressão aferida, e a outra extremidade está em contato com a pressão atmosférica.

Sua diferença de pressão entre seus extremos desenvolve uma diferença na altura da coluna de mercúrio.

Figura 15-Manômetro em U (VILANOVA,2011)



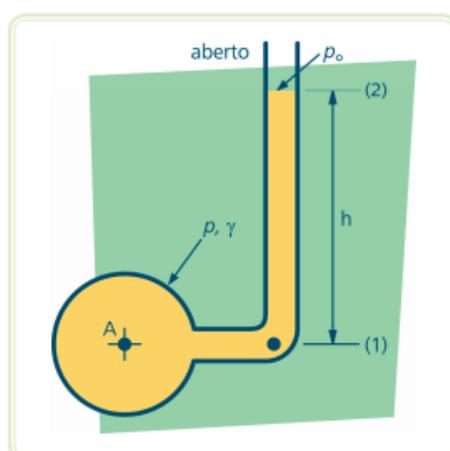
Quando se trata de tubulações industriais um tipo bastante conhecido é o manômetro Piezométrico, medidor de pressão estática, distribuindo dados quantitativos ao decorrer do tempo, ou seja, a medida que a força e altura se alteram. Além de ser bastante preciso de fácil instalação e baixo custo.

Os manômetros em U, ligados a dois reservatórios, chamam-se manômetros diferenciais. (BRUNETTI, 2009).

Existem piezômetros hidráulicos, pneumáticos e resistência elétrica por exemplo. O hidráulico é se baseia no comportamento de tal fluido em seu sistema. Basicamente é tubo vertical ou inclinado aberto para a atmosfera na sua extremidade superior e fixado a um recipiente cuja pressão se deseja verificar.

É constituído basicamente por um elemento que é conectado a leitura através de duas tubulações. Ambas as tubulações são preenchidas por líquido e assim, um manômetro localizado na cabine de leitura indica a pressão média atuante no elemento poroso. A cota piezométrica é então obtida a partir da soma entre a pressão indicada pelo manômetro e a cota de instalação. (SILVEIRA, 2006).

Figura 15-Ilustração do tubo de Piezômetro (VILANOVA,2011)



4. METODOLOGIA

A busca de informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho se deu através de pesquisas bibliográficas, comparando bancadas já concluídas e estimando gradativamente avanços tecnológicos para futuros trabalhos e aulas práticas.

Com o auxílio do professor, foram selecionadas os roteiros mais relevantes e consideráveis a serem trabalhadas por estudantes da Universidade Federal do Tocantins (UFT) tendo em vista definições mais próximas a realidade profissional.

Dados como comprimento, quantidade de acessórios como válvulas e joelhos, tipo de bomba, que devem ser considerados nos roteiros foram adquiridos na própria bancada.

Os materiais utilizados como referência encontram-se listados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1-Materiais utilizados da bancada referência

Bomba	Tubo de PVC 3/4 com conexão Y de 3/4
Curva 45°	Tubo de PVC 3/4 com curva de 90°
Curva 90°	Tubo de PVC 3/4 com redução de 3/4 por 1/2
Derivação em Y	Tubo de Venturi
Manômetro de Bourdon	Tubo liso de 3/4 in
Piezômetro de Água	Válvula esfera 1/2
Placa de Orifício	Joelho 45°
Expansão 1/2	Tubo liso de 1/2 in
Redução 1/2	Joelho 90°
Cotovelo 3/4	Tubo de PVC 3/4 com curva de 45°
Registro de esfera 3/4	Válvula gaveta
Registro de gaveta 3/4	Válvula globo
Tubo com rugosidade relativa 3/4	Tubo de PVC 3/4 com conexão Y de 3/4
Reservatório 60L	Conexão T de passagem

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EXPERIMENTO DE REYNOLD

O Experimento de Reynolds, conforme o anexo F, tem por objetivo observar e comparar o comportamento do fluido em diferentes vazões e posteriormente uma perda de carga distribuída. Os modelos matemáticos presentes na revisão bibliográfica mostram a velocidade e vazão, com uma determinada viscosidade de um fluido.

5.2 PERDA DE CARGA LOCALIZADA

Roteiro situado no anexo G, tem por finalidade calcular o fator de atrito que tal percurso oferece e comparar diferentes circuito, com vazões, equipamentos e acessórios. Além de oferecer a possibilidade de alterações na vazão, porém com seu diâmetro e material da tubulação permanente.

Apresentam uma revisão bibliográfica sobre o tema estudando e com algumas referências bibliográficas com objetivo de auxiliar os acadêmicos de forma institucional.

Após o desenvolvimento dos roteiros, foi realizado o primeiro cálculo teste na bancada utilizando apenas um trajeto.

Os dados, quanto a qual circuito utilizar, foram deixados em aberto, devido a abrangência que cada circuito. Cada experimento possui variabilidade de percurso, sendo bloqueado o que não desejar e liberado o de estudo, obtendo resultados distintos e podendo compara-los.

Toda a bancada hidráulica é composta por;

Tabela 2-Composição da bancada hidráulica estudada

Recipiente de 60 litros	8 Válvulas de esfera
Recipiente de 14 litros	12 Joelhos 90°
743 cm de tubo PVC 25mm	Bomba centrifuga 1/2 CV
20 cm de tubo PVC 20 mm	Torneira de descarte
2 Conexões T de passagem	

5.3 REFERÊNCIA DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NA PRIMEIRA MEDIÇÃO

Depois de todo circuito fechado, uma trajetória foi escolhida e liberada para encontrar as perdas por atrito causado por todos os acessórios, comprimento e altura.

Dado a primeira referência, alguns fatores foram levados em consideração;

1. Sucção; 70 cm de tubulação e 1 válvula
 2. Descarga; 493 cm de tubulação, 3 válvulas e 10 joelhos
 3. Lembrando que, o circuito é feito de PVC 25mm e 60 cm de 20 mm
 4. Recipiente de saída possui 60 litros de capacidade e o de entrada 14 litros
 5. Bomba centrífuga de ½ CV
- I) A partir da média de 3 testes em 18s, foi encontrado um volume utilizado de 11,5 litros de água. Calculando a velocidade:

$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}}$$
$$Q = \frac{11,5 L}{18 s} = 2,3 \frac{m^3}{s}$$
$$v = \frac{2,3 \frac{m^3}{s}}{\pi(0,025)^2 m^2} = 1,30 \frac{m}{s}$$

- II) Calculando o Número de Reynolds estimando água a 25°C e uma velocidade de

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$
$$Re = \frac{997 \frac{kg}{m^3} \times 0,17 \frac{m}{s} \times 0,025 m}{8,9 \frac{10^{-4} kg}{m} \cdot s}$$

$$Re = 4,7 \times 10^3$$

- III) Dado o valor de Reynolds considerado turbulento. Segundo o Diagrama de Moody situado no anexo A, com a rugosidade relativa do PVC que é 0,0006 o fator de atrito é igual a 0,04

Calculando;

$$\sum F1 = \frac{f \cdot v^2 \cdot \sum L}{2 \cdot D \cdot gc} \quad (Eq. 1)$$

Tomando partida a Sucção, onde existe 70 cm de tubulação e uma válvula esfera, dados obtidos do anexo C;

$$\begin{aligned} \sum L &= Lr + Le \\ \sum L &= 0,7 \text{ m} + (1 \times 35 \times 0,025) \text{ m} \\ \sum L &= 0,875 \text{ m} \end{aligned}$$

IV) Calculando a perda de carga localizada na sucção;

$$\sum F1 = \frac{0,04 \times (0,17 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \times 0,875 \text{ m}}{2 \times 0,025 \text{ m} \times 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{N} \cdot \text{s}^2}} \quad (Eq. 1)$$

$$\sum F1 = 0,119 \text{ J/Kg}$$

- Descarga com, 493 cm de tubulação, 10 joelhos, 3 válvulas esfera e 2 conexões Te de passagem;

$$\begin{aligned} \sum L &= Lr + Le \\ \sum L &= 4,93 \text{ m} + (10 \times 30 \times 0,025) + (3 \times 13 \times 0,025) + (2 \times 0,8 \times 0,025) \\ \sum L &= 13,445 \text{ m} \end{aligned}$$

I) Como o valor do diâmetro é o mesmo o valor de Reynolds permanece e seu fator de atrito também, $f = 0,0175$

II) Calculando;

$$\sum F2 = \frac{0,04 \times 0,17 \frac{m}{s} \times 13,445m}{2 \times 0,025 \times 1 \frac{kg \cdot m}{N \cdot s^2}} \quad (Eq. 2)$$

$$\sum F2 = 1,8285 \text{ J/Kg}$$

Uma vez encontrado os valores da perda de carga na sucção e descarga, seu somatório é o valor de quanto é perdido durante o circuito.

$$\sum F1 + F2 = 0,119 \frac{J}{Kg} + 1,8285 \frac{J}{Kg}$$

$$\sum F1 + F2 = 1,9475 \text{ J/Kg}$$

6. CONCLUSÃO

A partir de uma bancada referência desenvolveu-se uma bancada hidráulica com os materiais listados neste trabalho. Algumas pesquisas foram feitas para estabelecer a relevância de cada circuito, criar situações diversas e aproximar o acadêmico cada vez mais do seu contato profissional.

Considerando futuros estudos, foi estabelecido um roteiro sobre o Experimento de Reynolds, que tem por objetivo observar o comportamento do fluido, definir suas características e agregar valor a sua definição quanto a vazões variáveis. E um segundo roteiro sobre perda de carga localizada, com o objetivo de verificar o atrito causado pela tubulação, acessórios e vazões variantes. Esse transporte foi feito com o auxílio de um equipamento indutor, no caso uma bamba centrifuga.

Os dados utilizados nos roteiros foram retirados da própria bancada, através de um primeiro cálculo referência de perda de carga localizada, evidenciando cada equipamento e acessórios percorridos pelo fluido. A perda de carga foi considerável e será usada como referência para os próximos experimentos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCIDES.I. **Desenvolvimento e avaliação de tubos Venturi para a medição de vazão.** Piracicaba. Janeiro, 2004.

BEGA, E.A. **Instrumentação aplicada ao controle industrial.** Rio de Janeiro: Interciência. 2010. Cap. 2. 45-68

BROGAN, W. L. **Modern Control Theory.** 2. Ed., New Jersey. Prentice-Hall, Inc., 1982.

BRUNETTI, F., **Mecânica dos Fluidos.** 2º Edição, Pearson Prentice Hall, 2008.

CAVAZZANA, E. **Rastreamento Robusto de Perfis de Pressão ou de Vazão em uma Bancada de Testes Hidráulicos via Controle de Torque em Modos Deslizantes.** Belo Horizonte, 2007

FERREIRA, L. **Projeto e construção de uma bomba de pistões axiais swashplate.** São Paulo; Guaratinguetá, 2004.

FIALHO, A. B. **Automação Hidráulica: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos.** 6ª Ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.

FOUST, A.S. et all. - **Princípios das Operações Unitárias.** FOUST, A.S. et all. - Princípios das Operações Unitárias.

FOX, R. W., MCDONALD, A. T., PRITCHARD, P. J., **Introdução a Mecânica dos fluidos.** 7º Edição, LTC, 2010.

FOX, R. W.; PRITCHARD, P. J.; MCDONALD, A. T. **Introdução à Mecânica dos Fluidos.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

FURST, F.; DE NEGRI, V. **Projeto de Sistemas Hidráulicos de Controle de Posição.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. (Apostila do curso de pósgraduação).

GOMES, Marcio Rodrigues; ANDRADE, Marcos; FERRAZ, Fabio. **Apostila de hidráulica.** CEFET- BA.

GUILLERMO, P.E.O; ROCKENBACH, M.L; MAGALHÃES, A.L. **O Poder das Simulações no ensino de Hidráulica,** v.3, n.1, p.2-3, maio.2005

HALLIDAY, David, RESNIK Robert, KRANE, Denneth S. **Física 2,** volume 1, 5 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 384 p.

HARKOV, R.G.S. **Análise de dinâmica de uma bolha de gás em uma bomba centrífuga**. Curitiba. 2015

LEITE, A. S; SILVA, P. B; VAZ, A. R. **A Importância das Aulas Práticas para Alunos Jovens e Adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II**. Disponível em. Acesso em: 10 novembro 2013.

LÍCIA M. R GASPAR, MICHAEL H. BRAGA, MARIANA R. BARRETO, EMILY A. CONCEIÇÃO, PRISCILA BARROS. Construção do equipamento de Reynolds de baixo custo para aplicação didática. Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana n. 4(2016) pp.32-38

LINSINGEN, I. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. 386 p.

LINSINGEN, I. V. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**. 2º Ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2003.

MONTEIRO, A.C.L; SOUZA.K.C.O. **Uso de bancada experimental instrumentalizada como proposta de ferramenta no ensino da hidráulica**. Paraíba, 2016.

MOREIRA, I.S. **Sistemas Hidráulicos industriais**. São Paulo, SENAI, 2012.

MUNSON, B. R. **Fundamentos da Mecânica de Fluidos**. 4. ed. São Paulo: EDGARD BLUCHER, 2004.

PALMIERI, A. C. **Manual de hidráulica básica**. 10. ed. Porto Alegre: Albarus Sistemas Hidráulicos Ltda, 1997.

PIMENTA, C. F. **“Curso de Hidráulica Geral”**, Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 4ª ed. 1981, 482 p..

POTTER, M.C, WIGGERT, D. C. **Mecânica dos Fluidos**, 3ª ed.,São Paulo,Thomson,2004.

ROSÁRIO, J.M. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009.

ROTAVA, O., **Aplicações Práticas em escoamento de Fluidos: Cálculo de tubulações, válvulas de controle e bombas centrifugas**. LTC, 2012.

SILVEIRA, J. F. A. **Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento**. [S.l.]: Oficina de Textos, 2006.

SISSON, I.E., PITTS, D. R. **Fenômenos de Transporte**. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1979.

TENORIO, J. A importância da Hidráulica. **Cultura e Formação Política: O PAPEL DA UNIVERSIDADE**,

TESLA.Caudal.<http://tesla.cuao.edu.co/automatica/jcmena/Variables/CAUDAL.pdf>(21s et.2003)

VILANOVA, L.C. **Mecânica dos Fluidos**. Rio Grande do Sul, 2011.

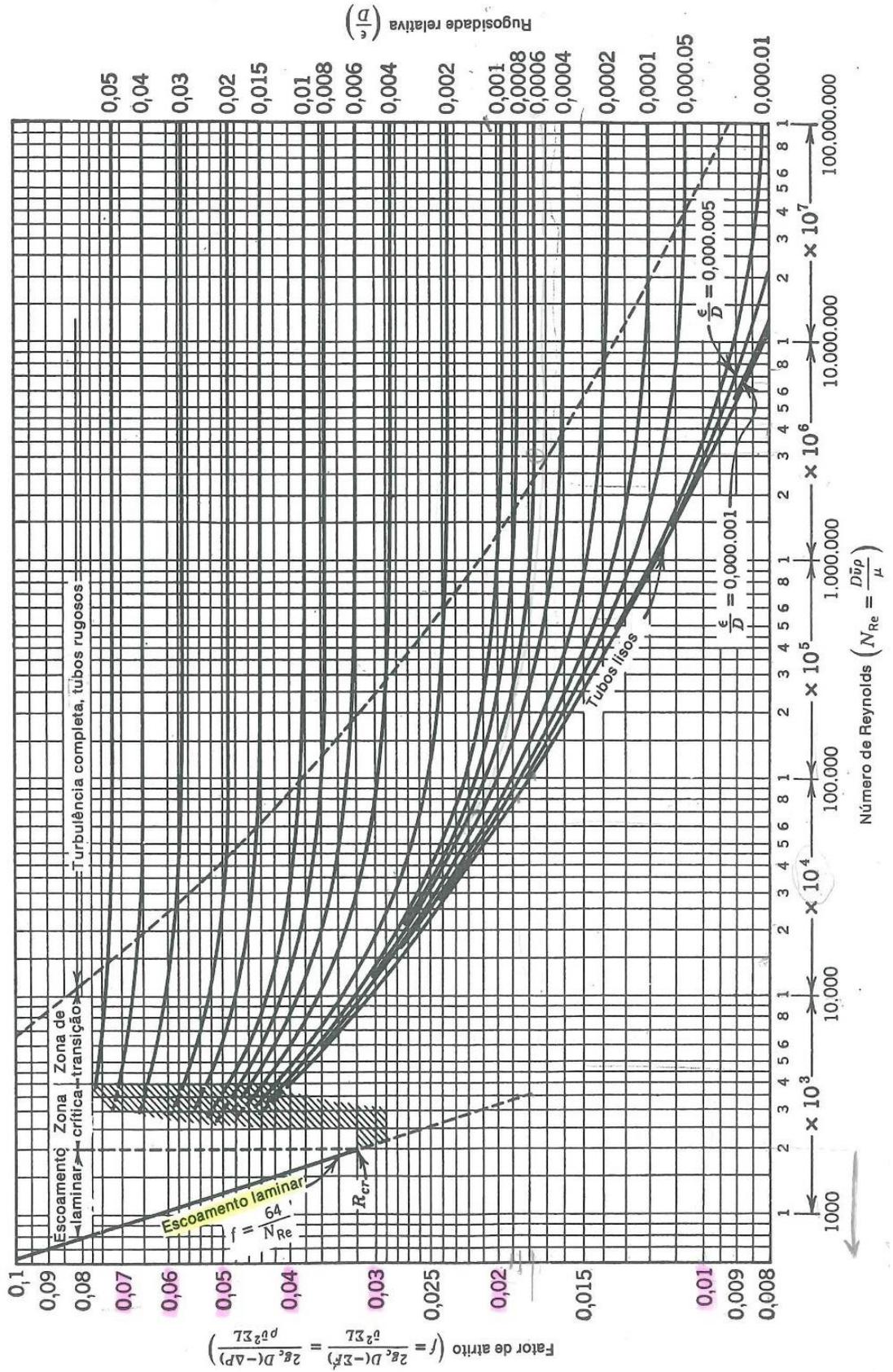
WHITE, F. M. **Fluid Mechanics**, seventh edition, New York, 2011.

ZORZAN, B.F; DARONCH.J. **Desenvolvimento de uma bancada didática de hidráulica**. Horizontina. 2013

ZORZAN, F.; DARONCH, J.; MOLIN, A. **Desenvolvimento de uma Bancada Didática de Hidráulica**. Anais: FÓRUM LATINO AMERICANO DE ENGENHARIA. Foz do Iguaçu: Unila, 2013.

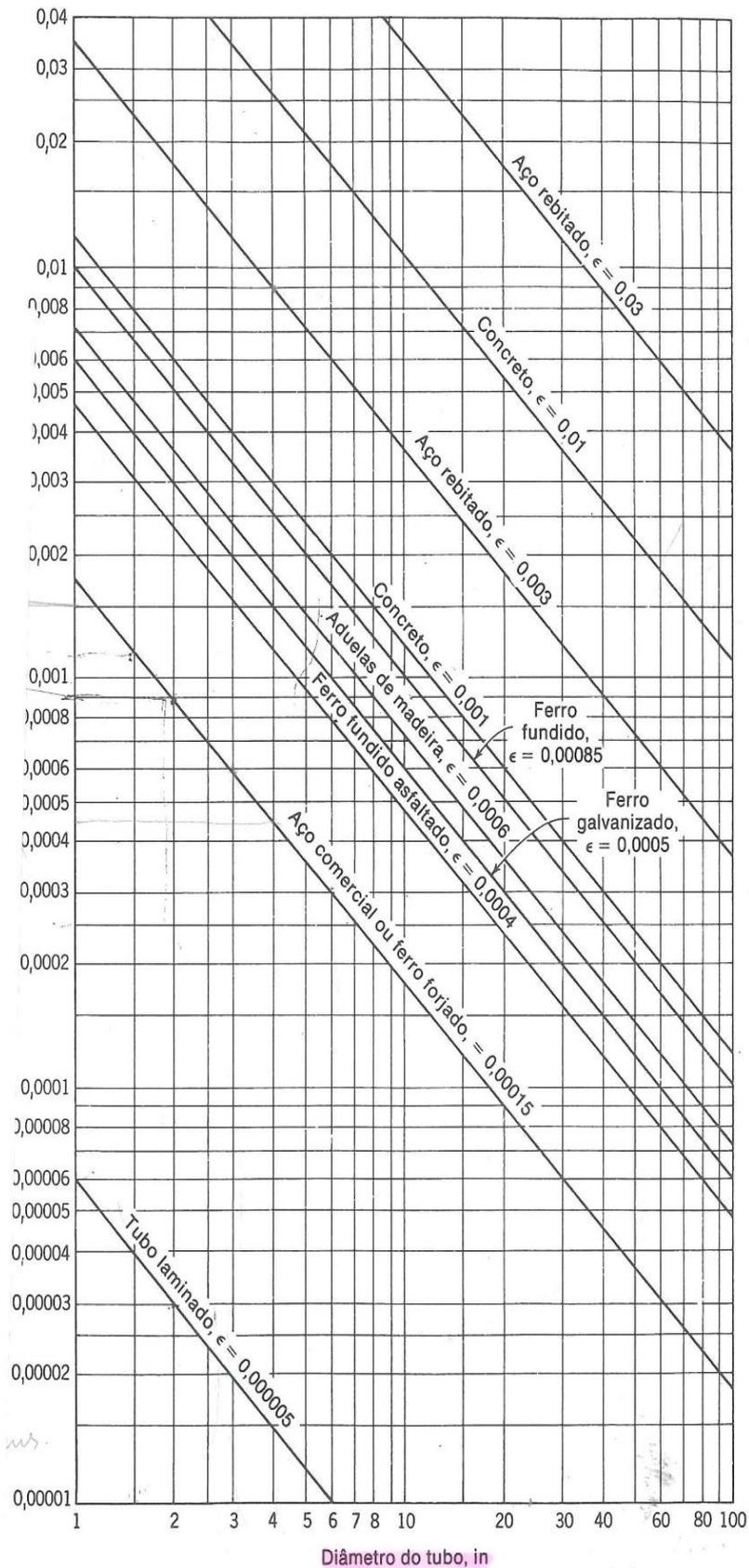
ANEXO A – DIAGRAMA DE MOODY

Apêndice C-3 Fator de atrito em função do número de Reynolds tendo a rugosidade relativa como parâmetro
 [Moody, L. F., *Trans. ASME*, 66, pág. 671-84 (1944); cortesia da ASME.]



ANEXO B – RUGOSIDADE RELATIVA EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO

Apêndice C-1 Rugosidade relativa em função do diâmetro do tubo para tubos de diversos materiais (1 in = 25,4 mm).
[Moody, L. F., Trans. ASME, 66, pág. 671-84 (1944).]



ANEXO C – COMPRIMENTO EQUIVALENTE EM DIÂMETRO DE DIVERSAS VÁLVULAS E ACESSÓRIOS.

634

PRINCÍPIOS DAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Apêndice C-2a Comprimentos equivalentes representativos, em diâmetros do tubo, de diversas válvulas e acessórios (Crane Co.)

Descrição	Comprimento equivalente em diâmetro do tubo (L/D)
Válvulas globo	
Convencional	
Sem obstrução, com sede plana, biselada ou tamponada — completamente aberta	340
Tampão com aletas ou pino guia — completamente aberta	450
Com escoamento em Y	
(Sem obstrução, com sede plana, biselada ou tamponada)	
Com haste a 60° da linha — completamente aberta	175
Com haste a 45° da linha — completamente aberta	145
Válvula angular	
Convencional	
Sem obstrução, com sede plana, biselada ou tamponada — completamente aberta	145
Tampão com aletas ou com pino guia — completamente aberta	200
Válvulas de gaveta	
Convencional, com tampão em cunha, ou duplo ou chato	
Completamente aberta	13
Aberta três quartos	35
Aberta a metade	160
Aberta um quarto	900
Válvula de comporta	
Completamente aberta	17
Aberta três quartos	50
Aberta a metade	260
Aberta um quarto	1200
Válvula de conduíte — completamente aberta	3*
Válvulas de retenção	
Articulação convencional da portinhola — 0,5 ^b — completamente aberta	135
Articulação integral da portinhola — 0,5 ^b — completamente aberta	50
Retenção, de esfera, de retenção e fechamento — 2,0 ^b — completamente aberta	O mesmo que para as válvulas globo
Angular, ou de retenção e fechamento — 2,0 ^b — completamente aberta	O mesmo que para as válvulas angulares
Retenção, de esfera, direta — 2,5 vertical e 0,25 horizontal ^b — completamente aberta	150
Válvulas de pé com crivo filtrante	
Com tampão de levantamento — 0,3 ^b — completamente aberta	420
Com tampão articulado — 0,4 ^b — completamente aberta	75
Válvulas borboleta (de 6 in ou mais) — completamente aberta	
Válvulas de macho	
Retilíneas	
Furo retangular com 100% da área do tubo — completamente aberta	18
Válvulas de três vias	
Furo retangular com área igual a 80% do tubo (completamente aberta)	
Escoamento direto	44
Escoamento por derivação	140

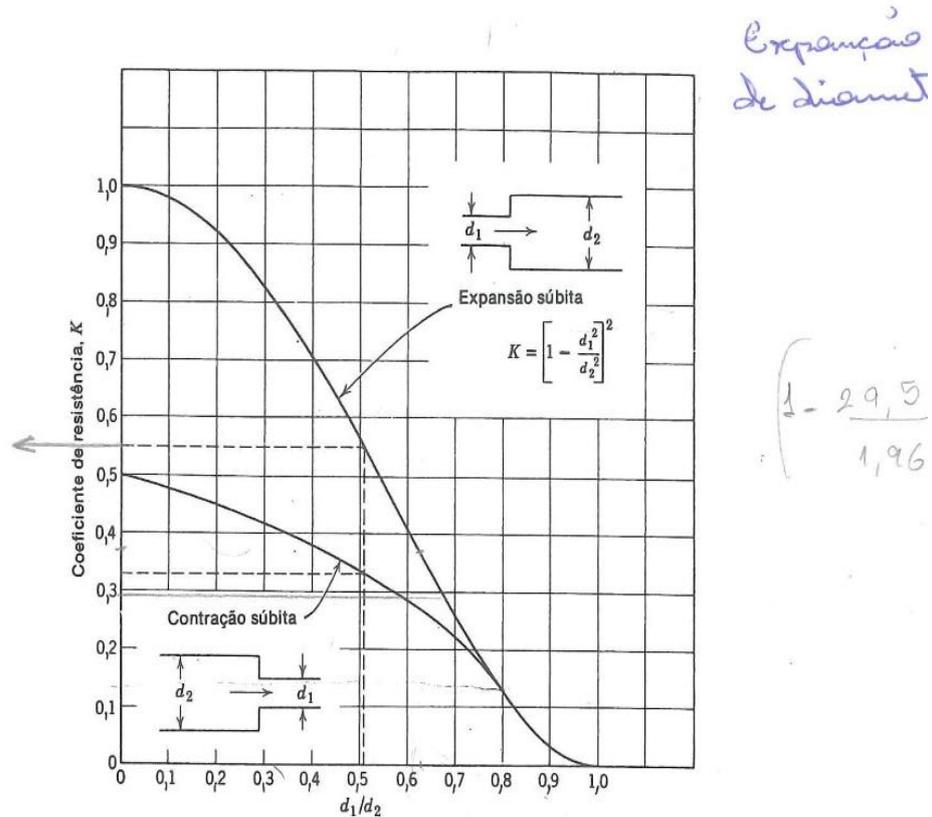
*Comprimento equivalente exato igual à distância entre as faces dos flanges ou dos terminais de solda.

^bQueda de pressão mínima (em psi) calculada para que o escoamento ocorra com o tampão completamente elevado.

Descrição	Comprimento equivalente em diâmetros do tubo (L/D)
Acessórios	
Joelho padrão 90°	30
Joelho padrão 45°	16
Curva de raio grande 90°	20
Junta rosqueada 90°	50
Junta rosqueada 45°	26
Junta angular 90°	57
Peça em T normal	
Escoamento direto	20
Escoamento pela ramificação	60
Curva de retorno em gomos	50

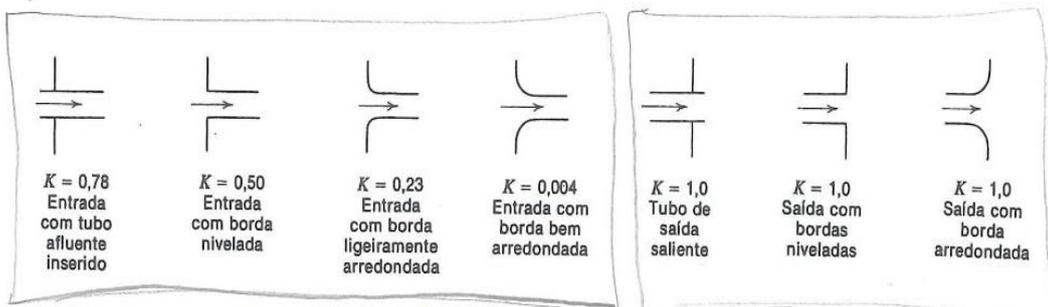
DIÁGRAMA D – RESISTÊNCIA POR CONTRAÇÃO E EXPANÇÃO

Apêndice C-2b Resistência provocada por expansões ou contrações súbitas (Crane Co.)



No caso de expansões e de contrações súbitas, os valores de K são lidos para a geometria conveniente e usados como o parâmetro do Apêndice C-2d, com o diâmetro do tubo, para determinar o comprimento equivalente nos cálculos de atrito. Quando o K for determinado pelo Apêndice C-2b, usar o menor entre os diâmetros do Apêndice C-2d.

Apêndice C-2c Resistência provocada por uma entrada ou por uma saída na tubulação (Crane Co.)

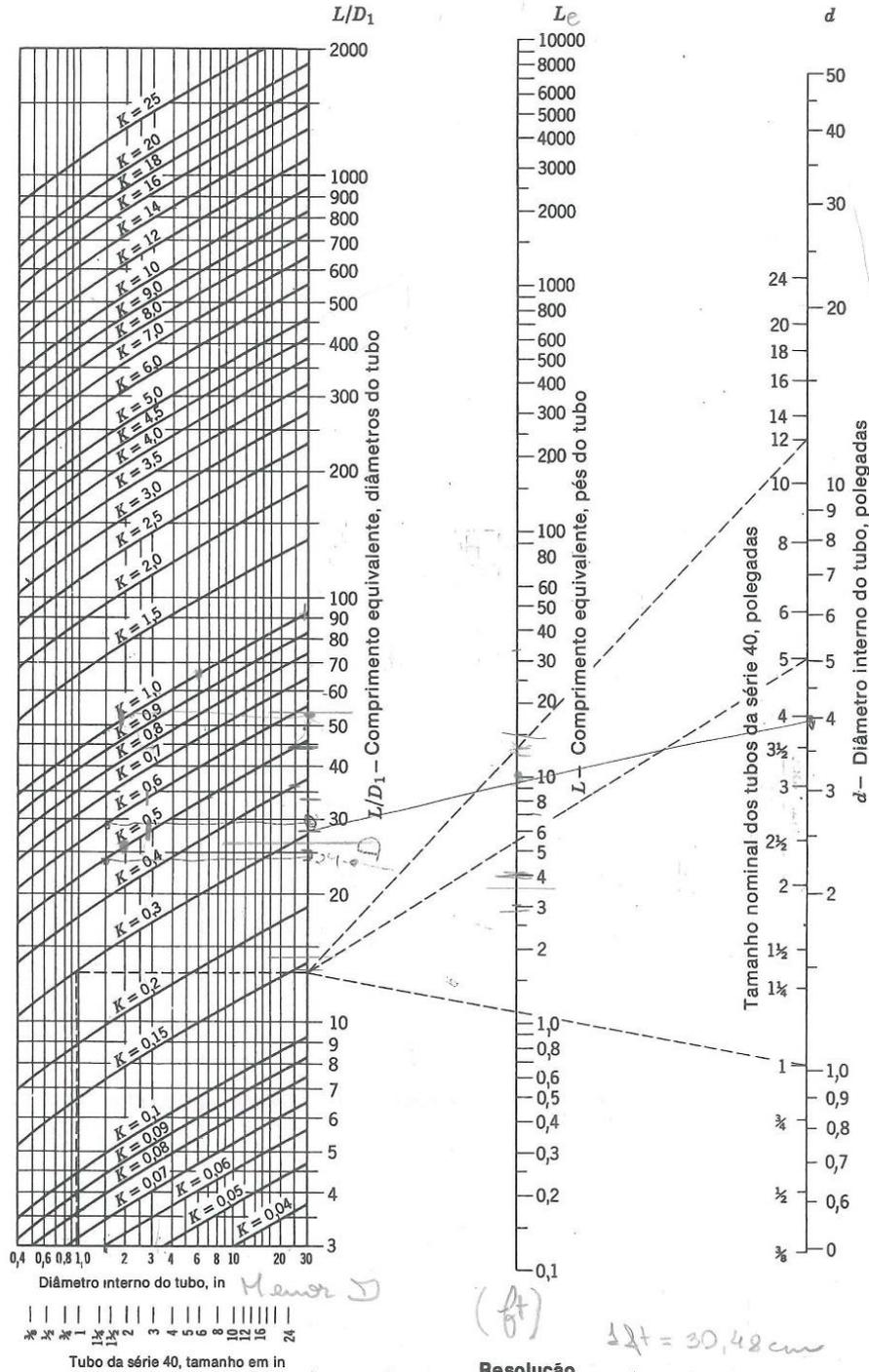


ANEXO E – COMPRIMENTO EQUIVALENTE L E L/DE COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA K

36

PRINCÍPIOS DAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Apêndice C-2d Comprimentos equivalentes L e L/D e coeficiente de resistência K (Crane Co.)



(ft) $1\frac{1}{2} = 30,48 \text{ cm}$

Resolução

Tamanho da válvula	1 in	5 in	12 in	Ver
Comprimento equivalente, diâmetro do tubo	13	13	13	Ap. C-2a
Comprimento equivalente				

ANEXO F – ROTEIRO EXPERIMENTO DE REYNOLDS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LABORATÓRIO DE FENÔMENOS DE TRANSPORTE

EXPERIMENTO DE REYNOLD

1. OBJETIVO

- Observar e definir os tipos de escoamento; escoamento laminar ou escoamento turbulento
- Calcular perda de carga por unidade de comprimento do ducto

2. INTRODUÇÃO TEÓRICA

O número de Reynolds caracteriza o tipo de escoamento de um fluido num tubo. Para determinar o valor de Re crítico, observa-se a transição do escoamento laminar para turbulento. Desde modo verificou-se que o movimento laminar ou turbulento dependia diretamente do valor do número adimensional.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\mu}$$

De forma que;

$Re \geq 2000$; Escoamento Laminar

$2000 < Re < 2400$; Escoamento de transição

$Re \geq 4000$; Escoamento turbulento

Onde;

v = velocidade média

V = viscosidade cinemática

V = coeficiente de viscosidade / massa específica

Com o objetivo de encontrar a velocidade média, é necessário obter sua vazão, que nada mais é do que;

$Q = \frac{V}{t}$	<p>Onde;</p> <p>Q = vazão</p> <p>V = Volume</p> <p>T= Tempo</p>
-------------------	---

Uma vez encontrada a vazão, encontramos a velocidade média;

$v = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2}$	<p>V = velocidade média</p> <p>D = Diâmetro do tubo</p> <p>Q = vazão</p>
--------------------------------	--

A perda de carga por unidade de comprimento, quando o fluido escoar através de ductos circulares, pode ser determinada pela equação:

$\sum F = \frac{2fv^2}{gd}$	<p>$\sum F$ = perda de carga por unidade de comprimento do ducto</p> <p>v = velocidade do escoamento através do ducto</p> <p>d = diâmetro do ducto</p> <p>g = aceleração da gravidade</p> <p>f = coeficiente de Darcy para tubos</p>
-----------------------------	---

O coeficiente de Darcy pode ser obtido nas seguintes equações;

$$f = 16Re^{-1} \quad \text{Quando escoamento Laminar}$$

$$f = 0,064Re^{-0,25} \quad \text{Quando escoamento turbulento}$$

Os resultados obtidos, com os devidos tratamentos matemáticos, permitirão fazer a verificação experimental dessas leis e correlações e confeccionar Diagramas experimentais para comparação com a literatura

3. EQUIPAMENTOS

- Reservatório
- Tudo cilíndrico
- Recipiente graduado para medidas de vazão
- Válvula reguladoras de vazão
- Aplicador de corante
- Cronômetro

4. CONTROLAR DURANTE O EXPERIMENTO

- Vazão da torneira
- Tempo para determinado volume utilizado
- Determinar o volume
- Controlar válvulas e medidores
- Acionar a bomba
- Visualizar tubo

5. REFERÊNCIAS

BRUNETTI, F., Mecânica dos Fluidos. 2ª Edição, Pearson Prentice Hall, 2008

A seguir tabelas para registro de dados durante o experimento;

EXPERIMENTO DE REYNOLDS

	V (ml)	t (s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

	V (m ³)	T (s)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Re
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

ANEXO G – ROTEIRO PERDA DE CARGA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LABORATÓRIO DE FENÔMENOS DE TRANSPORTE

PERDA DE CARGA

1. OBJETIVO

- Calcular a perda de carga na tubulação fornecida de acordo com os equipamentos, válvulas e joelhos determinados. Com certa altura e velocidade dados pelo professor
- Mostrar esquema do circuito com seus devidos símbolos

2. INTRODUÇÃO TEÓRICA

Na hidráulica um fluido pode ser transportado de um ponto ao outro, sofrendo algumas perdas. Essas perdas podem ser calculadas individualmente ou em conjunto com alguns fatores que influenciam diretamente seus valores da seguinte forma. Inicialmente pela Eq. 1, perda de carga;

$$\Delta U + \Delta Ek + \Delta Ep + \Delta(Pv) + \sum F = Q - We \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\sum F = \frac{f \cdot v^2 \cdot \sum L}{2 \cdot D \cdot gc} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde;

f = Fator de atrito (m)

v = Velocidade média (m/s)

L = Comprimento (m)

g = Aceleração da gravidade

D = Diâmetro (m)

Para saber se o Fator de atrito é laminar ou turbulento é calculado o Número de Reynold;

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde;

ρ = Densidade

D = diâmetro

v = velocidade

μ = viscosidade

Caso fator de atrito laminar ($Re < 2000$), é calculado pela equação 2;

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

f ; verificar o Diagrama de Moody, situado no Anexo A, juntamente com o número de Reynolds, calculado pela Eq. 1 e sua rugosidade (esfericidade/Diâmetro), assumir como zero, caso do tubo liso ou verificar no diagrama de rugosidade relativa em função do diâmetro do tubo para diversos materiais, situado no anexo B.

$\sum L$; é ($L_r + L_e$), L_r é o somatório do comprimento da tubulação e L_e , é o comprimento das válvulas e acessórios (L/D), dados encontrados na tabela de comprimento equivalente em diâmetros de diversas válvulas e acessórios, situado no Anexo C, com o comprimento equivalente.

Para encontrar o comprimento equivalente, é necessário conhecer o valor de K (coeficiente de resistência), junto com a expansão ou contração de diâmetro encontrado, no diagrama situado no anexo D.

Uma vez encontrado, utilizar o valor de K , no diagrama de comprimento equivalente situado no anexo E, com seu diâmetro interno e equivalente.

Lembrando que os passos de encontrar a perda de carga devem ser realizados tanto na sucção, como na descarga, se houver diferença de diâmetro.

3. DADOS A SEMPRE LEVADOS EM CONSIDERAÇÃO NO CÁLCULO

Toda a bancada hidráulica é composta por;

Recipiente de 60 litros	8 Válvulas $\frac{3}{4}$
Recipiente de 14 litros	12 Joelhos $\frac{3}{4}$
763 cm de tubo PVC 25mm	Bomba centrifuga
60 cm de PVC 20mm	Torneira de descarte
4 conexões T de passagem	

4. REFERÊNCIA

FOUST, A.S. et all. - **Princípios das Operações Unitárias.**