



PROPOSTA DO LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS PROPOSAL OF THE FLUID MECHANICAL LABORATORY

Vinicius Zanini – vinicius.zanini@outlook.com.br
Paulo Henrique Dos Santos – paulohenrique201131@hotmail.com
Tecnólogos em Manutenção Industrial
Faculdade de Tecnologia (FATEC) de Sertãozinho – São Paulo – Brasil

Pós-Dra. Simoni Maria Gheno – gheno@fatec.sp.gov.br
Profa. Mestra Solange Pereira Dos Santos – solangealuno@bol.com.br
Faculdade de Tecnologia (FATEC) de Sertãozinho – São Paulo - Brasil

RESUMO

A ideia de auxiliar a compreensão e o desenvolvimento dos alunos de forma contextualizada está presente neste trabalho, agregando a importância dos circuitos hidráulicos através da proposta do Laboratório de Mecânica dos Fluidos. Mediante pesquisa de campo determinou-se os materiais que constituirão o corpo estrutural, assim como seus componentes gerais. Fez-se necessário elaborar a projeção do circuito que, inicialmente desenhado a mão, ajudou a compreender teoricamente suas dimensões e funcionamento que após foi direcionado para sua representação no formato de desenho editado em software computacional *Solidworks*, contudo delineou-se sistematicamente a execução dos cálculos que se constituem em: área transversal das distintas tubulações, velocidade do fluido distribuído pelos trechos indicados, o fator de atrito característico a resistência de passagem em cada componente do circuito, as perdas manométricas individuais mais a somatória final das perdas e por fim e não menos importante, a potência da bomba necessária para transportar o fluido pelas diversas seções de tubos determinadas para testes de comparação teórica com a prática.

Palavras-chave: Mecânica dos Fluidos. Laboratório. Circuito.

ABSTRACT

The idea of helping students to understand and develop in a contextualized way is present in this work, adding the importance of hydraulic circuits through the Fluid Mechanics Laboratory proposal. Through field research the materials that constitute the structural body, as well as its general components, were determined. It was necessary to elaborate the projection of the circuit that, initially designed by hand, helped to understand theoretically its dimensions and operation that after it was directed to its representation in the format of drawing edited in *solidworks* computational software, however the computational execution was delineated systematically which are constituted by: transverse area of the different pipes, fluid velocity distributed by the indicated sections, the characteristic friction factor, the through resistance in each circuit component, the individual gauge losses plus the final sum of the losses and last but not least important, the power of the pump required to carry the fluid through the various sections of tubes determined for tests of theoretical comparison with practice.

Keywords: Mechanics of Fluids. Laboratory. Circuit

DOI:



1 INTRODUÇÃO

No decorrer da graduação de Tecnologia em Manutenção Industrial, uma das disciplinas aplicadas é a de Mecânica dos Fluidos, em que o objetivo é estudar o efeito das forças em fluidos. A matéria é de suma importância no curso, pois possibilita o aluno a desenvolver e compreender projetos que envolvem o escoamento dos fluidos bem como as máquinas e equipamentos das instalações industriais que envolvem esse assunto. Nesse contexto, essa disciplina é vital para suprir as demandas do curso para uma região onde a indústria é forte no mercado sucroalcooleiro.

Com o entendimento da importância desse conteúdo na formação bem como as dificuldades de os alunos entenderem a disciplina apenas na teoria, observamos a necessidade de um laboratório para as aulas práticas com os equipamentos básicos que o compõe, visto que não existe nenhum circuito de Mecânica dos Fluidos na FATEC Deputado Waldyr Alceu Trigo, de Sertãozinho/SP. Dessa forma o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma proposta de um circuito de mecânica dos fluidos composto por tubulações de diferentes diâmetros, diferentes tipos de válvulas e medidores de pressão.

2 DEFINIÇÕES DE FLUIDOS

Conforme Brunetti (2008) a definição mais elementar diz: Fluido é uma substância que não tem forma própria, assume o formato do recipiente.

Pode-se definir fluido como líquidos e gases, no entanto, deve-se atentar a forma representada de cada um deles em um recipiente. No caso dos líquidos poder-se-á apresentar uma superfície livre estando este em um recipiente, já se tratando dos gases ocorrerá à ocupação do volume total do recipiente.

Segundo Fox, Mc Donald e Prichard (2014) quando trabalhamos com um fluido, temos um sentimento comum que é oposto àquele do trabalho com um sólido: os fluídos tendem a escoar quando interagimos com eles (por exemplo, quando você agita seu café da manhã); os sólidos tendem a se deformar ou dobrar (por exemplo, quando você bate sobre o teclado, as molas sob as teclas se comprimem). Os engenheiros necessitam de uma definição mais formal e precisa de um fluido. Um fluido é uma substancia que se deforma



continuamente sob aplicação de uma tensão de cisalhamento (tangencial) não importando o quão pequeno seja o seu valor. Como o movimento de fluido continua sobre a aplicação dessa tensão, definimos um fluido também como uma substância que não pode sustentar uma tensão de cisalhamento quando em repouso.

2.1 Fluido ideal

Aquele que oferece viscosidade nula, ou seja, não sofre atrito causado pelo meio onde se encontra, estando ele em repouso ou submetido a uma pressão de deslocamento.

Conforme Brunetti (2008), fluido ideal é aquele cuja viscosidade é nula. Por essa definição conclui-se que é um fluido que escoar sem perda de energia por atrito. É claro que nenhum fluido possui essa propriedade, no entanto, será visto no decorrer dos estudos que algumas vezes será interessante admitir essa hipótese, ou por razões didáticas ou pelo fato de a viscosidade ser um efeito secundário do fenômeno.

2.2 Mecânica dos fluidos

Segundo Brunetti (2008), Mecânica dos Fluidos é a ciência que estuda o comportamento físico dos fluidos, assim como as leis que regem esse comportamento.

A Mecânica dos Fluidos é o estudo de fluidos tanto em repouso quanto em movimento. Ela tem sido tradicionalmente aplicada em áreas tais como o projeto de sistema de canal, dique e represa; o projeto de bombas, compressores, tubulações e dutos usados nos sistemas de água e condicionamento de ar de casas e edifícios, assim como sistemas de bombeamento necessários na indústria química; as aerodinâmicas de automóveis e aviões sub e supersônicos; e o desenvolvimento de muitos diferentes medidores de vazão, tais como os medidores de bomba de gás. (FOX; MC DONALD; PRICHARD 2014).

Trata-se de uma ciência presente no cotidiano do técnico, tecnólogo, engenheiro e na sociedade em geral e que devido aos mais variados campos de aplicação e a relação com pequenos e grandes projetos ligados a indústria, torna-se indispensável o conhecimento da disciplina em cursos de graduação tecnológica.



Considerando a gama de aplicações, no setor industrial podemos exemplificar seu uso na indústria automobilística, aeroespacial, sucroalcooleira, ambiental, naval, alimentícia, civil, química, médica, dentre outras. Em todas essas aplicações citadas faz-se necessário em algum momento o bombeamento de algum tipo de fluido de um determinado ponto a outro desejado ou necessário, seja combustível, água e até mesmo sangue.

2.3 Medidores de pressão

São instrumentos desenvolvidos e construídos para medir pressão exercida por líquidos e gases no interior de reservatórios, tubulações e sistemas hidráulicos industriais. Existem vários tipos de medidores de pressão cada um com sua respectiva forma de construção e aplicação, dentre eles podemos citar o manômetro metálico ou de Bourdon, largamente utilizado nas indústrias, manômetros tipo U, mais utilizados em laboratórios para aferir pequenos valores de pressão e a coluna piezométrica (BRUNETTI, 2008).

2.4 Manômetro metálico ou de tubo metálico

Mais conhecido como Bourdon, o manômetro é um dispositivo baseado no cálculo de uma força aplicada em uma área determinada, através de um tubo ovalado com uma das extremidades fechada e a outra aberta e em contato com o agente de atuação da pressão, funciona através do princípio da elasticidade, com a força da pressão atuante no interior do tubo este se movimenta e estando ligado a um sistema mecânico com um ponteiro, indica a pressão em uma escala apropriada para a faixa de trabalho utilizada.

Muito utilizado nas indústrias aplica-se aos mais diversos sistemas de processos que utilizam fluidos e gases, sendo para indicar e contribuir para o controle destes. O formato construtivo é encontrado em três tipos diferentes, sendo em forma de C, espiral e helicoidal.

Segundo Brunetti (2008) ao ligar o manômetro pela tomada de pressão, o tubo fica internamente submetido a uma pressão p que o deforma, havendo um deslocamento de sua extremidade que, ligada ao ponteiro por um sistema de alavancas, relacionará sua deformação com a pressão do reservatório.



2.5 Perda de carga

Conforme Brunetti (2008), perda de carga é referente a perda de energia do fluido durante o escoamento do próprio na tubulação. Esta perda de carga decorre da resistência ao escoamento, pois existe o atrito entre o fluido e a tubulação, resultando na perda de carga.

Alguns fatores que podem contribuir na perda de energia: comprimento na tubulação, pois quanto maior o comprimento da tubulação, maior a perda de carga; o diâmetro da tubulação também interfere na perda de carga, e quanto maior o diâmetro menor a perda de carga; a velocidade da mesma forma afeta a perda de carga, similarmente a tubulação, quanto maior a velocidade proporcionalmente será a perda de carga. Assim como a rugosidade e o tempo de uso da tubulação interfere na perda de carga.

Segundo Brunetti (2008), a perda de carga é classificada em dois tipos: continuada e localizadas. A perda de carga continuada, refere-se a perdas distribuídas ao longo do trecho. Logo perda de carga localizada, são perdas decorrentes de conexões, aparelhos e singularidades em pontos particulares.

2.6 Tubulações industriais

Segundo Telles (2001), Tubulação é caracterizada como conjunto de tubos e acessórios voltado ao processo industrial, como industriais químicas, petroquímicas, alimentícia e farmacêuticas, para distribuição de vapor, de água potável ou de processos, de óleos ou lubrificantes, de ar comprimido e gases.

O custo das tubulações é relativamente alto, tendo em que vista que pode representar até setenta por cento do custo dos equipamentos, ou até mesmo vinte e cinco por cento total da instalação. Porém o uso das tubulações nas industriais é de suma importância. (TELLES, 2001).

As tubulações industriais são divididas em dois grupos, o primeiro grupo refere-se a tubulações que são instaladas no interior das industriais, e o segundo grupo atribui as tubulações na parte externa das industriais.

O órgão responsável pela normatização e padronização da fabricação das tubulações é *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Sendo o próprio a elaborar normas



para diversas áreas da indústria, tendo o uso maior na parte liga de aços, alumínio, polímeros e combustíveis.

2.7 Turbobomba ou dinâmica (centrífuga)

Conforme Eletrobrás (2009). No turbo bomba ou bomba dinâmica, a movimentação do líquido ocorre pela ação de forças que se desenvolvem na massa do líquido, em consequência da rotação de um eixo no qual é acoplado um disco (rotor ou impulsor) dotado de pás (palhetas, hélice) que recebe o líquido pelo seu centro e o expulsa pela periferia, devido à ação da força centrífuga. Daí vem o seu nome mais usual, ou seja, bomba centrífuga.

As bombas centrífugas se diferenciam pelo sentido de saída do líquido no rotor, a bomba do tipo centrífuga radial, pela sua simplicidade de fabricação, em série, é utilizada na maioria das instalações de água limpa para pequenas, médias e grandes alturas de elevação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A realização deste trabalho foi constituída em quatro etapas. Primeiro fez-se a pesquisa de campo sobre o consumo de materiais de tubulação e o custo benefício das tubulações para o projeto. Para a etapa subsequente coube desenvolver o desenho do laboratório em perspectiva, sem nenhum auxílio de computador, no qual, satisfiz inicialmente a disposição dos componentes do projeto com suas respectivas medidas e forma geométrica, que possibilitou a escolha dos materiais, estabelecendo condição representativa da montagem do circuito hidráulico, conforme a Tabela 1.



Tabela 1 - Materiais do circuito de mecânica dos fluidos.

Material	Quantidade
Tubulação de Aço Galvanizado de 1”	5 barras de 3 metros
Tubulação de Aço Galvanizado de ½”	1 barra de 3 metros
Tubulação de Aço Galvanizado de ¾”	1 barra de 3 metros
Tubulação de PVC de 32 mm	1 barra de 3 metros
Válvula Gaveta de Aço Galvanizado de 1”	2 unidades
Válvula Esfera de Aço Galvanizado de 1”	2 unidades
Válvula Globo de Aço Galvanizado de 1”	1 unidade
União de 1”	20 unidades
Redução de 1 para ½ ”	2 unidades
Redução de 1 para ¾”	2 unidades
Niple de 1”	16 unidades
TÊ de 1”	6 unidades
Caixa da água 310 Litros	1 unidade
Motobomba de 0,5 Cv	1 unidade

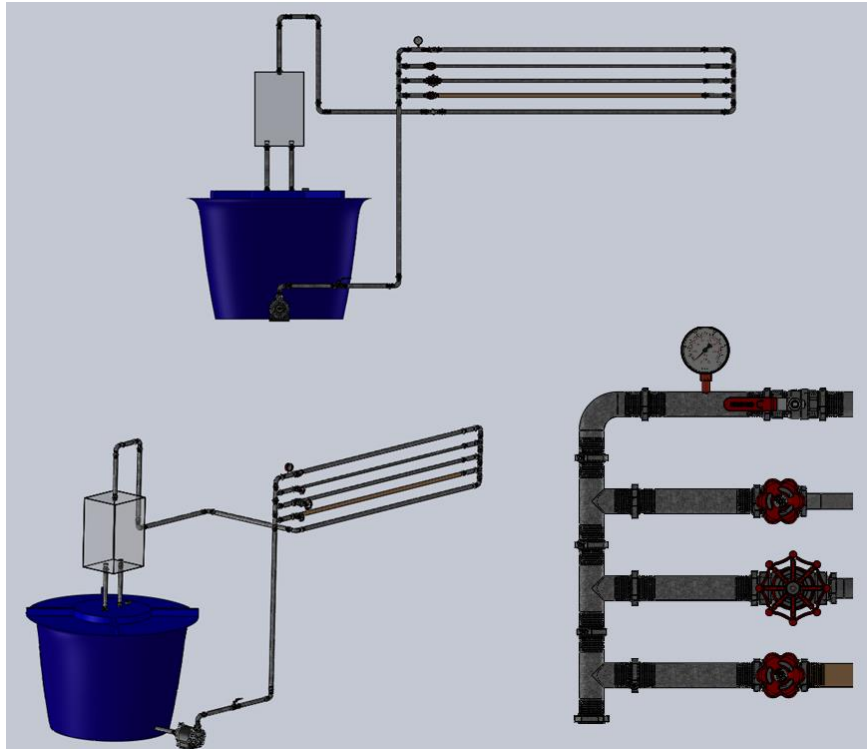
Fonte: os autores

3.1 Elaboração do desenho no *Solidworks*

Após o desenvolvimento do desenho e a escolha dos materiais a serem utilizados, foi desenhado e dimensionado o circuito do laboratório no programa de computador Solidworks, conforme Figura 1 e Figura 2, com objetivo de transparecer maior riqueza de detalhes que o desenvolvido sem este recurso. Analisando a composição do desenho, utilizaram-se vários acessórios no circuito conforme a tabela descrita acima. O objetivo é de comparar a perda que o fluido sofre ao percorrer tubulações com diferentes diâmetros e materiais junto as suas conexões.

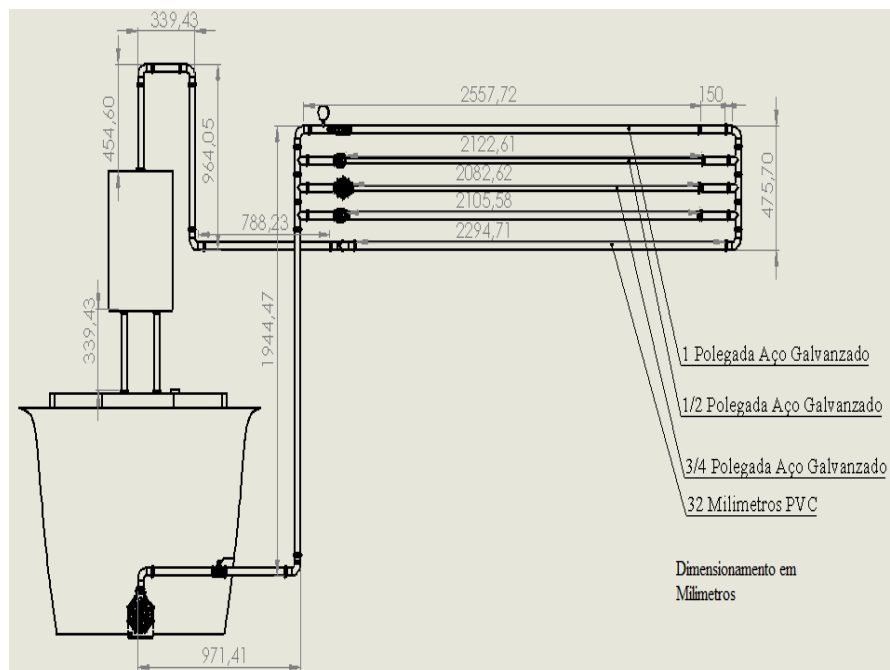


Figura 1 - Circuito de mecânica dos fluidos desenhado no *Solidworks*.



Fonte: os autores

Figura 2 Circuito dimensionado no *Solidworks*.



Fonte: os autores



3.2 Cálculos

Após a conclusão do desenho desenvolvido no Solidworks, calculou-se a área da seção transversal dos tubos, a velocidade do fluido em cada tubulação e através dos cálculos de Reynolds e da Rugosidade relativa, analisou-se o diagrama de Moody determinando o fator de atrito das distintas tubulações. Conforme a Equação 1 a área é dada por:

$$A = (\pi \times d^2) / 4 \quad (\text{Eq.1})$$

Em que:

A= Área (m²)

π = Constante

d= diâmetro da tubulação (m)

Conforme a Equação 2 a velocidade é dada por:

$$Q = v \times A \quad (\text{Eq.2})$$

Logo:

Q = Vazão (m³/s)

v = velocidade (m/s)

A = Área da tubulação (m²)

O fator de atrito é analisado no diagrama de Moody, através da Rugosidade relativa e do número de Reynolds, que são extraídos por meio da Equação 3 e 4, respectivamente:

$$Rr = E / d \quad (\text{Eq.3})$$

No qual:

Rr = Rugosidade relativa

E = Rugosidade absoluta

d = diâmetro da tubulação (m)

$$R = (v \times d) / V \quad (\text{Eq.4})$$

Sendo:

R = Número de Reynolds

v= velocidade (m/s)

d= diâmetro da tubulação (m)

V= Viscosidade (V)



Posteriormente a estes cálculos, estabeleceu-se a perda de carga no trajeto de sucção e de recalque, onde no trajeto de recalque, o cálculo de perda de carga dividiu-se em 4 seções (Seção 1, Seção 2, Seção 3 e Seção 4). Por fim as perdas calculadas na sucção e no recalque foram somadas, sendo essenciais para calcular a carga manométrica.

A perda de carga é dada pela Equação 5:

$$H_p = f \times \frac{l}{d} \times \frac{v^2}{2 \times g} + E_k \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (\text{Eq.5})$$

Em que:

H_p = Perda de carga (m)

f = Fator de atrito da tubulação

l = Comprimento da tubulação (m)

d = diâmetro da tubulação (m)

v = velocidade do fluido na tubulação (m/s)

E_k = Somatório de perda de carga dos acessórios

g = velocidade gravitacional (m/s²)

3.3 Carga manométrica do circuito

A próxima etapa foi a determinação da carga manométrica da bomba, através da equação de Bernoulli (Equação 6).

A carga manométrica é dada por:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \times g} + Z_1 + H_b = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2 \times g} + Z_2 + H_{pe} \quad (\text{Eq.6})$$

Logo:

P_1 = Pressão na entrada do circuito (Kgf/m²)

γ = Peso específico do fluido (N/m³)

v_1 = velocidade do fluido na entrada do circuito (m/s)

g = velocidade gravitacional (m/s²)

Z_1 = Altura da entrada de fluido no circuito (m)

H_b = Carga manométrica do circuito (m)

P_2 = Pressão na saída do circuito (Kgf/m²)

v_2 = velocidade do fluido na saída do circuito (m/s)



Z_2 = Altura da saída do fluido no circuito (m)

H_{pe} = Perda de carga total do circuito (m)

3.4 Potência da bomba

Posteriormente ao cálculo da carga manométrica da bomba, chegou-se na equação principal deste projeto, a potência da bomba, sendo assim possível saber qual seria a potência requerida do circuito. A potência da bomba é dada pela Equação 7:

$$W_b = \frac{Q \times \gamma \times H_b}{N} \quad (\text{Eq.7})$$

No qual:

W_b = Potência da bomba (W)

Q = Vazão do circuito (m^3/s)

γ = Peso específico do fluido (N/m^3)

H_b = Carga manométrica do circuito (m)

N = Rendimento da bomba (%)

3.5 Verificação de cavitação

Finalizando os cálculos, com o intuito de segurança na operação do circuito, foram calculados o NPSH Disponível e o NPDH Requerido, obtidos através do fator de Thoma, para certificar que não haveria cavitação no momento de trabalho do circuito. NPSH Disponível é dada pela Equação 8:

$$\text{NPSH}_{\text{DISP}} = \frac{P_e - P_v}{\gamma} + \frac{v^2}{2 \times g} \quad (\text{Eq.8})$$

Sendo:

$\text{NPSH}_{\text{DISP}}$ = Altura de Sucção disponível

P_e = Pressão de entrada na bomba (Kgf/cm^2)

P_v = Pressão de vapor (Kgf/cm^2)

γ = Peso específico do fluido (kgf/cm^2)

v = velocidade do fluido na entrada da bomba (m/s)



g = velocidade gravitacional (m/s^2)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo as formulas de área, velocidade, rugosidade relativa, número de Reynolds e fator de atrito. Chegou-se no seguinte resultado para cada tipo de tubulação. (Tabela 2)

Tabela 2 - Resultados de cada tubulação.

Tubulações	Área	Velocidade	Rugosidade Relativa	Número de Reynolds	Fator de Atrito
1 Polegada	$5,72 \times 10^{-4} m^2$	1,45 m/s	$5,51 \times 10^{-3}$	39150	0,03342
½ Polegada	$2,01 \times 10^{-4} m^2$	4,12 m/s	$9,37 \times 10^{-3}$	65920	0,03803
¾ Polegada	$3,66 \times 10^{-4} m^2$	2,26 m/s	$6,94 \times 10^{-3}$	48816	0,03521
32 Milímetros	$6,06 \times 10^{-4} m^2$	1,36 m/s	$1,67 \times 10^{-4}$	37808	0,02276

Fonte: os autores

Conforme os cálculos de perda de carga e carga manométrica do circuito, os valores encontrados respectivamente foram de 12,25 metros e 14,19 metros.

A partir dos cálculos determinou-se a potência da bomba em 0,233 Cavalo-Vapor (164,11 Watts), por questão de segurança optou-se que no circuito iria trabalhar com uma motobomba de 0,5 Cavalo- Vapor. A potência da bomba é considerada baixa comparando-se a outras utilizadas em similares processos de trabalho e testes, entretanto, este laboratório trabalhará com um fluido de fácil transporte (água), logo para o circuito desenvolvido, a bomba não requererá uma potência alta.

Os valores encontrados de NPSH disponível é de 9,56 m e o requerido é de 0,77 m, conforme os estudos realizados não haverá cavitação, pois, o NPSH disponível é maior que o requerido. Isto acontece em consequência da pequena quantidade de acessórios no circuito e em conformidade ao comprimento da tubulação de sucção que está conectada a uma pequena distância do reservatório de captação.



5 CONCLUSÃO

Atualmente, a mecânica dos fluidos está associada a vários processos de produção no âmbito industrial. Compreende-se, assim, que o desenvolvimento da proposta da criação de um laboratório na área de mecânica dos fluidos teve êxito ao unir alunos e professores para que se realize e será um valioso recurso pedagógico, portanto, anseia-se em contribuir com conhecimento dos presentes e futuros discentes da FATEC Deputado Waldyr Alceu Trigo, de Sertãozinho/ SP, principalmente na interação entre prática e teoria, bem como a exploração de pesquisas e outros projetos afins.

REFERÊNCIAS

BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**. 2.ed. São Paulo. Pearson. 2008.

ELETROBRÁS. **Bombas: guia básico**. Rio de Janeiro: Link Design.2009.

FOX, R; MC DONALD, A ; PRITCHARD, P. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 8.ed. Rio de Janeiro. LTC. 2014.

TELLES, P. **Tubulações Industriais: Materiais, Projeto, Montagem**. 10.ed. Rio de Janeiro. LTC. 2001.