

Bancada Didática para Ensaio em Mecânica dos Fluidos

Alexandre G. de Jesus, Cristiano S. Santos, Davi H.P. Sousa, Matheus S. M. Bertoldo, Diego F. Vieira & Almiro M. S. Neto

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um projeto de bancada didática de hidráulica simples e de baixo custo, iniciado por meio da necessidade adquirida pela Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange ligada ao trabalho de conclusão de curso dos acadêmicos de Tecnólogo de Manutenção Industrial. O projeto enfatiza a importância da execução de atividades práticas em conjunto com as aulas teóricas durante a graduação. Além da descrição dos materiais e métodos utilizados, apresentam-se os resultados e discussões provenientes das comparações orçamentárias. A conclusão deste trabalho é positiva, pois se apresenta uma proposta que atende melhor aos cursos de graduação com melhor relação custo-benefício.

Palavras-chave: *bancada didática, mecânica dos fluidos, educação profissional.*

This paper presents the development of a simple and low cost didactic basement project, initiated through the need acquired by the SENAI Technology College, Roberto Mange, linked to the course completion work of the Technologist Industrial Maintenance students. The project emphasizes the importance of practical activity execution in conjunction with theoretical classes during graduation. In addition to the description of the materials and methods used, the results and discussions from the budget comparisons are presented. Conclusion of this work is positive, since we will present a proposal that better suits the course with the best cost-benefit ratio.

Keywords: *didactic workbench, fluid mechanics, professional education.*

Introdução

A educação está inserida na rotina diária do ser humano e da sociedade atual desde os primeiros anos de vida do homem. Segundo Neves (2001)¹, a educação é um dos pilares de maior importância para a formação de uma sociedade equilibrada e justa.

Atualmente, vivencia-se uma educação democrática, por meio da qual, na maioria dos países, pelo menos a educação primária é universal, gratuita e obrigatória. O Brasil segue a tendência mundial de democracia na educação. Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), TÍTULO V, CAPÍTULO I, o ensino brasileiro divide-se em dois níveis. O primeiro nível remete à educação básica, formada pela educação infantil, ensino fundamental e ensino médio. A educação infantil tem como finalidade o desenvolvimento intelectual de crianças de até cinco anos. O ensino fundamental obrigatório, com duração de nove anos, gratuito na escola pública, iniciando-se aos seis anos de idade, tem como objetivo a formação básica do cidadão. O ensino médio com duração mínima de três anos terá como objetivos o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos. O ensino médio, atendida a formação geral do educando, poderá prepará-lo para atuar em profissões técnicas. A educação profissional técnica de nível médio será disponibilizada de forma articulada com o ensino médio ou subsequente, em cursos designados a quem já tenha concluído o ensino médio (BRASIL, 1996)².

O segundo nível do ensino brasileiro remete à educação superior. Este nível abrange os cursos e programas de graduação, disponível a candidatos que tenham concluído o ensino médio ou equivalente e tenham sido classificados em processo seletivo, pós-graduação, abrangendo programas de mestrado e doutorado, cursos de especialização, aperfeiçoamento e outros, disponível a candidatos diplomados em cursos de graduação e que atendam às exigências das instituições de ensino, e de extensão, disponível a candidatos que atendam aos requisitos estabelecidos pelas instituições de ensino (BRASIL, 1996)².

Apesar de a educação possuir toda a importância histórica considerada, ainda existem diversos problemas na educação brasileira, como a grande quantidade de alunos que não chegam a completar doze anos de estudos ou alunos que têm um baixo desempenho nas avaliações de aprendizagem. É importante observar que problemas em educação se estendem também ao nível superior (SANTOS, 2013)³.

A exemplo disso, Pekeman e Mello (2004)⁴ defendem a ideia que alunos oriundos de cursos de graduação em engenharia devem ser capazes de aplicar a ciência e a tecnologia que aprendem nas faculdades em aplicações práticas. Na visão dos autores, para que isso seja possível, as instituições de ensino devem proporcionar aos acadêmicos a oportunidade de interagir, na prática, com os temas que estão sendo estudados em sala de aula. A exemplo deste raciocínio, Selvakumar e Rajaram (2015)⁵ apontam que o sistema escolar indiano, criado entre o final dos anos de 1800 e início de 1900, já se ocupava desde seu início com a integração entre teoria e prática e voltava-se ao atendimento das necessidades da indústria.

Dessa forma, Neves (2011)¹ considera a importância de que os acadêmicos em formação atribuam na prática os conhecimentos teóricos apreendidos no decorrer do curso de graduação. Sendo assim, cabe às universidades dispor de ferramentas necessárias e docentes preparados que dominem as disciplinas estudadas.

Com o intuito de atender à demanda da indústria por profissionais alinhados ao mercado de trabalho, a Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange (FATEC SENAI RM), Unidade Operacional do SENAI Goiás localizada no município de Anápolis, Goiás iniciou a oferta de cursos superiores de tecnologia no ano de 2004. A partir do ano de 2014, iniciou a oferta do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, como forma de atender à demanda de formação de mão-de-obra de nível superior para o parque industrial goiano.

Entre as diversas disciplinas que compõem a graduação tecnológica em Manutenção Industrial, destaca-se o

Elemento Curricular Manutenção Industrial, do qual faz parte o Componente Curricular Pneumática e Hidráulica, com carga horária de oitenta horas. Esta disciplina desenvolve conhecimentos básicos em Mecânica dos Fluidos e conhecimentos da Pneumática e Hidráulica Industrial (SENAI, 2014)⁶.

Considerando a necessidade de aplicar de forma prática os conteúdos estudados em sala de aula, com o foco constante no desenvolvimento de competências profissionais (SENAI, 2013)⁷, existe a necessidade de desenvolver atividades práticas de laboratório relacionadas à Hidrostática e Hidrodinâmica no laboratório de sistemas hidráulicos e pneumáticos da FATEC.

No entanto, por não haver uma bancada de mecânica de fluidos didática na instituição que permita a realização de diversos experimentos, a exemplo da determinação de perda de carga distribuída em condutos, os acadêmicos do curso Tecnólogo em Manutenção Industrial se deslocam para uma instituição de ensino parceira que dispõe de uma bancada compatível a necessidade apresentada nas aulas teóricas da disciplina

Dessa forma, como meio de suprir a necessidade apresentada, este trabalho remete ao projeto e fabricação de uma bancada didática de mecânica de fluidos para estimular a aprendizagem no componente curricular de Pneumática e Hidráulica. Espera-se que o resultado deste projeto contribua para uma maior interação e entendimento dos acadêmicos com o componente curricular específico, proporcionando assim um processo de ensino aprendizagem adequado à formação do Tecnólogo em Manutenção Industrial oriundo da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange e condizente e alinhado às necessidades do mercado de trabalho.

Assim, este artigo se propõe a desenvolver o projeto de uma bancada didática de mecânica dos fluidos para a realização de experimentos de quantificação da perda de carga em escoamentos internos em tubos utilizando a água como fluido hidráulico.

Referencial Teórico

FORMAÇÃO POR COMPETÊNCIAS

Perrenoud propõem que professores não podem apenas conhecer e dominar as matérias que lecionam, mas dominar as competências, que antes eram restritas apenas aos inovadores. Atualmente, muitas maneiras de ensinar acabaram ficando ultrapassadas, com isso surge a importância de o educador inovar, inventar novas formas de lecionar, tendo como objetivo redigir a matéria de maneira mais interessante envolvendo e excitando o aluno, fazendo-o buscar, e pensar em soluções para a atividade proposta.

O conceito de competência não é algo novo, porém só começou a ser discutido na área pedagógica a partir de 1990. Logo após este conceito gerou tamanha amplitude que acabou sendo incorporado pelo meio empresarial e industrial, os quais viram esse conceito com bons olhos e como uma forma de retorno de investimentos, pois ele é um grande aliado para o gerenciamento de pessoas.

As competências não são vistas como um caminho, mas como um efeito adaptativo do ser humano às suas condições de existência em que, cada indivíduo, de modo diferente, desenvolveria competências voltadas para a solução de problemas relativos à superação de uma situação vivenciada. O mesmo deverá sempre agir de forma a buscar o desenvolvimento das competências que ainda não foram adquiridas.

CONSTRUTIVISMO

A criança aprende melhor quando é confrontada com tarefas que impliquem um desafio cognitivo, ou seja, que se situem naquilo que ele chama de zona de desenvolvimento próximo. Vygotsky faz parte de uma vasta galeria de intelectuais educacionais com ampla aceitação nas escolas, e a sua obra influenciou de grande forma as políticas e orientações educativas.

Vygotsky partilhou a ideia construtivista firmada de que a única aprendizagem significativa é a que ocorre por

meio da interação entre o sujeito, o objeto e outros sujeitos (colegas ou professores), também pregava a ideia que o aluno aprende melhor quando é confrontado com tarefas.

BANCADAS DIDÁTICAS

Os laboratórios das faculdades ajudam na visão e na aproximação dos alunos das tecnologias e das ferramentas e para o desenvolvimento de suas habilidades que serão disponibilizadas para o atendimento das necessidades humanas. Além disso, os laboratórios também atuam como ferramentas de treinamento e incentivo à criatividade dos estudantes, contribuindo para refletir este aprendizado nas noções e ações realizadas no dia a dia (PEKELMAN; MELLO, 2004)⁴.

As bancadas didáticas além de serem de grande utilidade, são indispensáveis ao ensino, visto que os conceitos compreendidos apenas em sala de aula muitas das vezes são insuficientes para o aprendizado. As bancadas didáticas são dispositivos usados para avaliar e validar os conceitos teóricos vistos em sala de aula. O uso de bancadas didáticas simulando a operação de sistemas reais independente de sua complexidade é também um procedimento amplamente conhecido e extensivamente utilizado para o desenvolvimento de qualquer projeto.

MECÂNICA DOS FLUIDOS

Para Palmieri (1994)⁸, a hidráulica é a disciplina que analisa os fluidos em escoamento e sob pressão. Segundo Linsingen (2003)⁹ os fluidos utilizados atualmente em sistemas hidráulicos são basicamente os derivados de petróleo e os que podem ser enquadrados na categoria de fluidos especiais.

Conforme Fox, Pritchard e McDonald (2008)¹⁰, a definição de fluidos engloba líquidos e gases. Logo, é necessário distinguir estas duas classes: Líquido é a substância que assume a configuração do receptáculo que a envolve apresentando volume delimitado e é quase que incompressível. Já o gás é uma substância que ao ocupar o receptáculo não constitui superfície livre e não tem volume estabelecido, e são compressíveis.

O fluido é uma matéria que tem a capacidade de escoar. Apresentando a capacidade de assumir a forma do recipiente em que são colocados, pois os fluidos não apresentam uma resistência a aplicação de uma força paralela à sua superfície. (HALLIDAY; RESNICK, 2007)¹¹. A (Figura 1) apresenta matematicamente o processo de escoamento de um fluido.

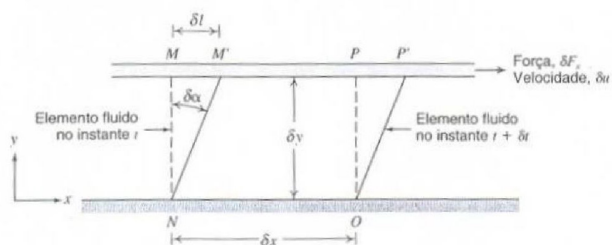


Figura 1: Deformação de um elemento Fluido. Fonte: FOX & MCDONALD¹⁰(2008).

Os fluidos em que ocorre uma afinidade linear entre o valor da tensão de cisalhamento exercida e a velocidade de deformação resultante, são apelidados fluidos newtonianos, incluindo-se a água, líquidos menos viscosos assemelhados e os gases de forma genérica. Os fluidos que não se adequam a essa proporcionalidade são classificados fluidos não-newtonianos e são fartamente deparados nos impasses reais de engenharia civil, como exemplos citam-se: lamas e lodos em geral. Neste tipo de fluido, não acontece um elo linear entre o valor da tensão de cisalhamento empregada e a velocidade de deformação angular.

A pressão é expressa como a associação entre a força empregada, perpendicularmente, sobre uma superfície e a área dessa superfície. Para se mensurar a pressão num definido ponto de uma massa fluida em inércia, supõe-se um pequeno elemento fluido de forma cúbica (VILANOVA, 2011)¹².

A característica de pressão do fluido pode ser pronunciada na forma de pressões absolutas e pressões manométricas. A pressão absoluta é aferida tendo como padrão a pressão de

zero absoluto, linear entre o valor da tensão de cisalhamento exercida e a pressão manométrica e aferida tendo como padrão a pressão atmosférica (VILANOVA, 2011)¹².

A medição da pressão é efetivada com o uso de manômetros. Os manômetros de tubos verticais ou inclinados que empregam colunas de líquidos são um método usual para a mensuração de pressão e podem ser classificados em tubos piezométricos e manômetros de tubo em U. O tubo piezométrico (Figura 2) é um tubo vertical ou inclinado aberto para o ambiente na sua ponta superior e ligado a um tanque cuja pressão se almeja averiguar, conforme a Figura (VILANOVA, 2011)¹².

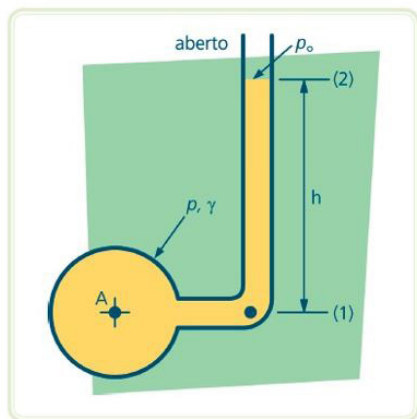


Figura 2: Tubo piezométrico.

A diferença do manômetro em U (Figura 3) é a possibilidade de medir a pressão em recipientes com gases. No entanto, esse aparelho pode ser empregado para regular a diferença de pressão entre dois reservatórios (VILANOVA, 2011)¹².

Os manômetros oferecidos até aqui são vastamente usados, todavia expõem desvantagens em relação à sua aplicação, porque conferidos a outros instrumentos mecânicos ou elétricos, como o medidor de pressão de Borden ou os transdutores piezoelétricos ou de extensores resistivos (VILANOVA, 2011)¹².

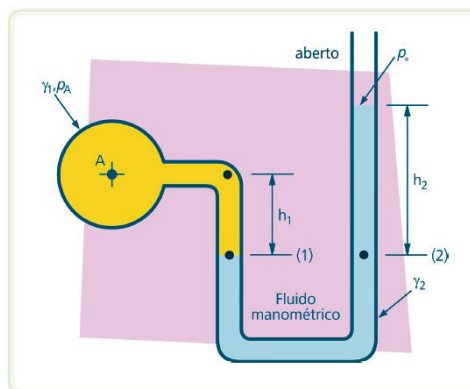


Figura 3: Manométrico de tubo em U.

A quantidade de movimento e da energia em mecânica dos fluidos é o componente da mecânica dos fluidos que observa o deslocamento e a vazão de uma massa fluida entre demarcadas faces sob a atuação da gravidade e ou pressões externas. O deslocamento dos fluidos é um fato entendido como escoamento que pode ser decretado como o processo de agitação de suas moléculas, umas em relação às outras e aos limites definidos ao escoamento. Os escoamentos são apresentados por parâmetros físicos e o comportamento destes ao longo do tempo e do espaço permite separar os escoamentos em categorias o que promove o seu entendimento e a exposição do fato em termos matemáticos (ROMA, 2003)¹³.

As alterações de desempenho dos fluidos em escoamento podem ser justificadas por suas qualidades intrínsecas. Apesar disso, seus desempenhos são bem irregulares quando estão em regime de escoamento (VILANOVA, 2011)¹².

A viscosidade é uma dessas características dos fluidos que intervêm muito na performance dos escoamentos. Portanto, quanto maior a viscosidade do fluido, maiores serão as implicações do atrito viscoso no escoamento (VILANOVA, 2011)¹².

Na prática, fluidos como a água ou o óleo podem ser considerados invíscido, sem viscosidade, como mostra a (Figura 4). Em geral, escoamentos de líquidos podem ser

classificados também como escoamentos incompressíveis, porque o peso específico desses fluidos provoca pouca alteração com a pressão em uma específica condição (VILANOVA, 2011)¹².

Quando as propriedades do escoamento em um volume de controle não modificam com o tempo, o escoamento é chamado de regime permanente ou estacionário. Quando a velocidade do fluido tem o sentido normal ao plano de controle e é a mesma em todo o plano, o escoamento é denominado unidimensional (VILANOVA, 2011)¹².

As linhas de corrente são as linhas que se conservam tangentes, a cada momento, em todos os pontos, às velocidades das partículas e que gozam do atributo de não serem varado por partículas do fluido. Aceitando o campo de velocidade constante, é capaz de estudar um canal de corrente como um todo composto de linhas de corrente. Um tubo de corrente de medidas infinitesimais estabelece o que se constitui filete de corrente (ROMA, 2003)¹³.

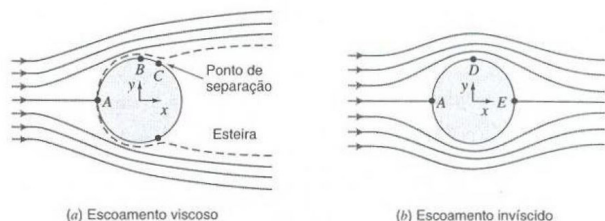


Figura 4: Escoamento viscoso e invíscido. Fonte: FOX & MCDONALD (2008)¹⁰.

A maior parte do emprego da Hidráulica na Engenharia diz respeito à utilização de tubos. Tubo é um canal usado para transporte de fluidos. A especificação dos escoamentos está subordinada a velocidade e está dependente da conduta das moléculas de fluido que seguem um modelo de deslocamento denominada estrutura interna. Em 1883, Osborne Reynolds divulgou uma pesquisa a respeito da constituição dos escoamentos que presentemente é chamado como Experimento de Reynolds, que consiste fundamentalmente na inserção de um corante líquido na localização central de um escoamento de água interno a um tubo circular de vidro transparente (ROMA, 2003)¹³. O

comportamento do filete de corante ao longo do escoamento no tudo define três características distintas.

Reynolds, determinou que o escoamento pode ser laminar, transiente ou turbulento. O escoamento será laminar se $Re < 2100$ a 2300 e será turbulento para $Re > 4000$. Para Re entre esses limites, o escoamento poderá ser turbulento ou laminar, ou seja, transiente (Figura 5 e Figura 6).

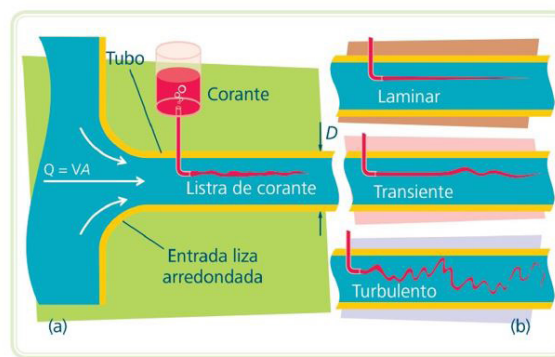


Figura 5: Experimento de Reynolds.

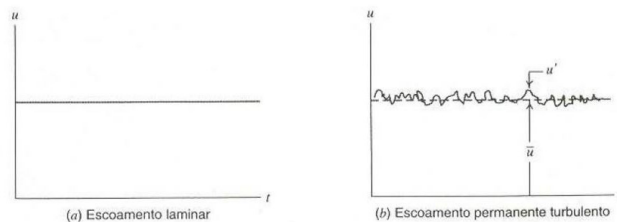


Figura 6: Escoamento Laminar e Turbulento. Fonte: FOX & MCDONALD (2008)¹⁰.

No exame de escoamentos internos em tubos é banal que se precise especificar a perda de carga que a tubulação inflige ao sistema fluido. Essa perda de carga e derivada das implicações da viscosidade do fluido pode ser verificada, contabilizando-se as decorrências localizados atribuídos por elementos como curvas, joelhos, válvulas ou outros artefatos que se encontrarem instalados no fluxo do fluido e pelas implicações viscosas normais atribuídas pela tubulação linear. (ROMA, 2003)¹³.

As perdas de cargas normais acontecem em consequência da propriedade viscosa do fluido em escoamento e está amarrado a causas como a velocidade do escoamento, a geometria da tubulação, a rugosidade da parede da tubulação e dos atributos de viscosidade e massa específica do fluido. As perdas de cargas localizadas são acarretadas pelos itens ou geometrias que integram a tubulação que não sejam o tubo reto (VILANOVA, 2011)¹².

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

Processo de fabricação é a descrição de procedimentos para a construção ou transformação e é geralmente produzido com o auxílio de uma máquina de fabricação.

Os processos de fabricação com remoção de cavaco são realizados com ferramentas de corte sendo fixa ou giratória dando forma geométrica na peça fabricada.

O processo de torneamento mecânico se caracteriza pelo uso do torno mecânico e uma máquina rotativa utilizada para execução de operação de usinagem cilíndricas, externas e internas e outras operações feitas por máquinas como fresadoras entre outras, utilizando acessórios de fácil instalação. A principal característica do torno é movimento contínuo rotativo, realizado pelo eixo árvore, conjugando com o movimento de avanço da ferramenta de corte.

O processo de fresamento se caracteriza pela obtenção de superfícies geométricas na qual, utilizam-se ferramentas com mais de uma aresta de corte, em que a ferramenta exerce um movimento rotativo contínuo e a máquina (fresadora) realiza o deslocamento nas demais direções.

O processo de furação se caracteriza pela obtenção de um furo geralmente cilíndrico. Em alguns casos, podendo ser cônico, entre outros. O processo de retificação se caracteriza pela retirada de material da peça por meio de grãos abrasivos (rebolo), podendo ser frontal ou tangencial. O processo de mandrilhamento se caracteriza pela obtenção de superfícies de revolução (cônicas, cilíndricas ou esféricas), com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes.

O processo de rosqueamento se caracteriza pela obtenção de filetes de rosca, por meio da abertura de um ou vários sulcos helicoidais de passo uniforme, em

superfícies cilíndricas ou cônicas de revolução, em que essa Constância resultará em uma saliência com perfil uniforme. Os processos de fabricação sem remoção de cavaco podem ser realizados com material em estado líquido colocando em uma fôrma dando sua forma ou pode ser processo de soldagem, união de peças ou estruturas metálicas.

O processo de fundição se caracteriza por utilizar o material (geralmente metal), em estado líquido para fabricar uma peça com formato definido, na qual é derramado o líquido em uma fôrma cuja cavidade é conformada de acordo com o que deseja produzir.

O processo de soldagem se caracteriza por ser a união de duas peças metálicas, em que essas ficam com a superfície em estado plástico ou liquefeitas, sofrendo por ação de calor ou pressão constante. Os processos de soldagem tornam-se vantajosos para a indústria, pois proporcionam um baixo custo em situações de emergência além, de uma resistência mecânica de 100% contra 80% comparando com juntas por rebites.

O processo de metalúrgica do pó se caracteriza por ser no qual ocorre a compactação de dois materiais metálicos em pó ou não. Para que ocorra essa compactação, o material é colocado em moldes pré-formados, nos quais ocorrem a mistura e a compactação dos dois materiais, elevando a temperatura próximo ao ponto de fusão dos materiais compostos.

COMANDOS ELÉTRICOS

Comandos elétricos são dispositivos elétricos ou eletrônicos usados no acionamento de equipamentos elétricos. São compostos de uma ampla variedade de componentes e peças como, por exemplo: contatores, disjuntores, reles térmicos, fusíveis, entre outros. Além disso, os comandos elétricos auxiliam e permitem um controle sobre o funcionamento das máquinas, em geral, ajudando e evitando ao mesmo tempo uma utilização inadequada pelo usuário. Permitem também controle remoto das máquinas, eliminando e prevenindo-se, com isso, a comutação manual de linhas de alimentação e cargas de alta potência.

Os comandos elétricos são encarregados de realizar o uso devido da energia gerada após todo o processo de redução de tensão e transporte para o consumo mais comum. Além também de evitar o contato direto do operador com componentes energizados.

Os comandos elétricos têm grande importância independente do seguimento no qual está sendo empregado. Um dos pontos fundamentais para o entendimento de tamanha importância é de que um dos objetivos principais dos componentes que agregam comandos elétricos é que esses componentes protegem o operador e disponibilizam uma lógica de comando programada de acordo com a lógica de cada circuito elétrico.

OS TIPOS DE COMANDOS ELÉTRICOS SÃO:

- **Selo:** utilizado quando o comando utiliza botoeira pulsante. O contato de selo é sempre ligado em paralelo com o contato de fechamento da botoeira. Sua finalidade é de manter a corrente circulando pelo contator, mesmo após o operador ter retirado o dedo da botoeira.
- **Intertravamento:** Processo de ligação entre os contatos auxiliares de vários dispositivos, onde as posições de operação desses dispositivos são dependentes umas das outras. Através do intertravamento, evita-se a ligação de certos dispositivos antes que os outros permitam essa ligação.
- **Partida direta:** É o método de partida mais simples, pois possibilita a alimentação do motor com plena tensão no instante da partida.
- **Partida com reversão:** Tem como objetivo Acionar, de forma automática o motor elétrico possibilitando à reversão do sentido de rotação, além de introduzir o conceito de “intertravamento”.
- **Partida estrela-triângulo:** É uma forma de suavizar os efeitos de partida dos motores elétricos. Porém, só é possível se o motor possuir seis terminais e dispor de dupla tensão nominal, tal como 220/380 V ou 380/660 V.

- **Partida através de chave compensadora:** Normalmente, é usado esse tipo de partida em motores de potência elevada. São compostas, basicamente, de um autotransformador com várias derivações, destinadas a regular o processo de partida.
- **Soft-starter:** Dispositivo eletrônico disposto a controlar a corrente de partida de motores de corrente alternada trifásicos. Utilizada normalmente em motores de elevada potência que não necessitem de variação de velocidade.
- **Inversores de frequência:** São dispositivos eletrônicos que controlam totalmente a velocidade do motor de zero até a frequência máxima nominal ou superiores. Além disso, convertem a tensão da rede alternada em tensão contínua.

Métodos

Para o projeto e desenvolvimento da bancada didática de Mecânica dos Fluidos buscou-se cumprir diversas tarefas.

A (Figura 7) ilustra o fluxograma de atividades que orienta a realização deste projeto.

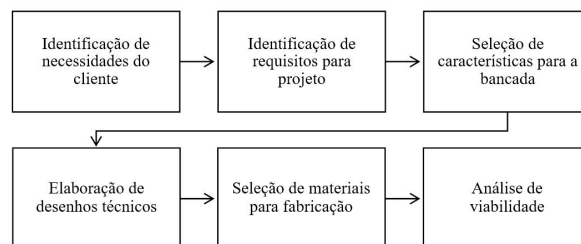


Figura 7: Diagrama da metodologia. Fonte: Adaptado do acervo próprio.

IDENTIFICAÇÃO DE NECESSIDADES DO CLIENTE

Os parâmetros de desenvolvimento da bancada didática de fluidos, foram baseados na necessidade dos cursos do SENAI Goiás e seja viável financeiramente

para a instituição, prevendo-se assim economia na compra de uma bancada de ensino de mecânica de fluidos. Por conseguinte, pretende-se alcançar melhoria na estrutura do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial com o desenvolvimento deste projeto.

IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS PARA PROJETO

Inicialmente, foram estabelecidas as capacidades de análise que a bancada irá possibilitar aos acadêmicos por meio dos fundamentais conceitos de mecânica dos fluidos. Em um segundo passo, buscou-se avaliar os materiais existentes no laboratório da faculdade, pois para não gerar alto custo. A bancada foi adaptada de acordo com alguns componentes concedidos pelo laboratório, o restante dos materiais necessários foi desenvolvido por meio de fornecedores, como a bancada terá fins exclusivamente didáticos, não sofrerá elevados esforços, dispensando a necessidade de materiais especiais para sua fabricação.

SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS PARA A BANCADA

Aplicando em prática os conhecimentos adquiridos, definiu-se o modelo a ser seguido da bancada de fluidos didática a ser desenvolvida. Priorizando que a bancada possa ser operada pelos acadêmicos e professores da instituição, primeiramente, foi feito um comparativo entre três modelos diferentes de bancadas, com o intuito de montar uma bancada que atenda aos requisitos existentes no PPC do curso e que tenha um custo baixo.

ELABORAÇÃO DE DESENHOS TÉCNICOS

Após ser feito todo o comparativo e identificação dos componentes que serão utilizados na fabricação da bancada. Deu-se então início ao desenvolvimento dos desenhos técnicos, utilizando o software Autodesk Inventor Professional 2016 – *English* e o CADe_SIMU 3.0.

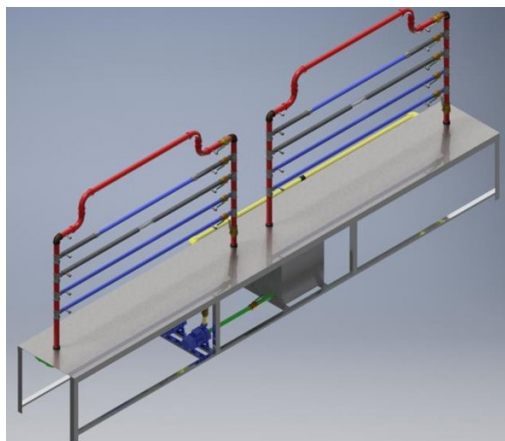


Figura 8: Desenho técnico. Fonte: Arquivo pessoal.

SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA FABRICAÇÃO

Os materiais a serem utilizados nas linhas de tubulações serão os de PVC e de metal, devido ao seu baixo custo e uma admissível relação para os cálculos de perda de carga em projetos. Consequentemente, serão utilizados os diâmetros de 2", 1^{1/2}" e 1^{1/4}", devido à sua grade aplicabilidade em construções de redes hidráulicas.

Em relação à escolha dos tipos de acessórios, serão utilizados aproximadamente 70% dos principais disponíveis em mercado comercial, dentre os quais é possível citar:

- Cotovelos e curvas de 90°;
- Registro de esfera.

A bancada será formada de dez linhas de tubulações, sendo cinco de cada lado, em que uma linha é com diâmetro 2", com acessórios como, joelho de 90°, outra com redução de 1^{1/2}" para 1^{1/4}". Contando, mais uma tubulação de diâmetro de 1^{1/4}" com rugosidade interna. Finalizando com a tubulação de diâmetro de 1^{1/4}" sem rugosidade interna.

Com propósito de que o aluno possa comparar os diferentes valores de perda de carga, referentes a cada tipo de tubulação.

ANÁLISE DE VIABILIDADE

A bancada proposta se torna viável se for comparada com bancadas disponíveis no mercado, pois seu custo é de R\$ 10.019,00. As outras bancadas vendidas por outros fabricantes, possuem valores de venda que ultrapassam a quantia de R\$ 50.000,00, conforme orçamentos realizados.

Resultados e Discussão

Como meio de suprir a necessidade de dispor de uma bancada de fluidos didática, este trabalho remete ao projeto e fabricação de uma bancada para estimular a aprendizagem no componente curricular de Pneumática e Hidráulica, disponibilizando todo o conteúdo apresentado no PPC (Projeto Pedagógico de Curso). A fabricação da bancada será importante para agregar mais conhecimento e entendimento dos acadêmicos com o componente curricular específico, proporcionando assim um processo de ensino e aprendizagem adequado e também condizente e alinhado às necessidades do mercado de trabalho.

A hidráulica é a disciplina que analisa os fluidos sob pressão em escoamento. Fluidos englobam líquidos e gases. Logo a definição de fluidos é a de que o fluido é uma matéria que tem a capacidade de escoar. Apresentando a capacidade de assumir a forma do recipiente em que são colocados. Neste trabalho foram considerados fluidos newtonianos, especificamente a água.

Para construção do protótipo será utilizado o Laboratório de Processos de Fabricação do SENAI Roberto Mange que fornece as máquinas e as ferramentas necessárias para a fabricação da bancada didática de mecânica de fluidos. Para a fabricação das roscas dos tubos, será utilizado o torno que o SENAI Roberto Mange ofereceu. E para construção e montagem da estrutura da máquina, será utilizado chapa de aço onde será utilizado processo de soldagem.

Será utilizado o laboratório de Eletricidade para fazer as instalações de motores elétricos, para testes em comando, cabeamento conforme as normas em instalações. Para melhorar os testes na bancada didática o laboratório reserva possibilidade de amplos testes dentro do padrão de segurança.

A fabricação e disponibilização de uma bancada de fluidos didática irá melhorar o processo de ensino-aprendizagem, pois os acadêmicos têm que confrontar os ensinamentos teóricos com os práticos para assim ter um melhor entendimento do conteúdo estudado.

A aprendizagem deve ser entendida como que o aluno seja capaz de planejar suas ações, tome atitudes perante os fatos presenciados, assuma responsabilidades, entre outros. Tudo isso para que ele possa assim desenvolver noções do dia a dia que são vivenciadas no mercado de trabalho. Para que isso possa acontecer, cabe às instituições disponibilizar ferramentas necessárias e docentes preparados que dominem as disciplinas estudadas.

O desenvolvimento da bancada de fluidos didática permite fazer um comparativo com as bancadas já existentes no mercado, além de proporcionar a oportunidade de utilizar apenas componentes que serão vistos na grade do curso. A bancada proposta dispõe das seguintes possibilidades de realização de ensaios:

- Associação de bombas;
- comparação de perda de carga por curvas e joelhos;
- comparação de perda de cargas por tubulação com rugosidade induzida;
- comparação de perda de carga por tubulação lisa;
- medição de vazão e velocidade com tubo de Venturi.

O modelo proposto dessa bancada didática proporciona a utilização simultânea de dois grupos de acadêmicos ao mesmo tempo (exceto na utilização de associação de bombas). Pois a mesma possui lados simétricos possibilitando assim ganho de tempo nas atividades práticas.

A bancada permitirá realizar estudos de mecânica dos fluidos relacionados à perda de carga distribuída por tubulação lisa, tubulação com rugosidade induzida por meio de uma Mola introduzida na tubulação, perda de carga localizada por tubulação composta por joelhos e curvas, tubulação com redução de bitola, e curva de medidores de vazão e velocidade por meio de tubulação com tubo de

venture. Estudos relacionados a experimentos *Reynolds*; manometria, através de manômetros de Bourdon. Além disso, a bancada também disponibiliza a oportunidade de se fazer a associação de bombas tanto em paralelo como em série.

A utilização do equipamento como, por exemplo, o passo a passo da utilização dela irá depender da criatividade do docente e seus alunos, visto que ela atende ao PPC.

A comparação realizada entre as bancadas disponíveis no mercado e a bancada proposta por este trabalho demonstra uma enorme variação de custos tendo em consideração que um dos critérios adotados foi à redução de custos. Tendo em vista que essa bancada teve um custo orçado de cerca de 19,6% do preço de venda da bancada de menor custo que foi encontrada no mercado.

Considerações Finais

Levando-se em conta o que foi observado neste trabalho, percebe-se que a bancada didática na Instituição de ensino é de suma importância para que o aluno tenha conhecimentos e habilidades específicos referentes às tecnologias e ferramentas que serão disponibilizadas para o atendimento das necessidades acadêmicas.

Além disso, os laboratórios também atuam como método de treinamento e incentivo à criatividade dos estudantes, contribuindo para expor este aprendizado nas noções e ações realizadas no dia a dia. Levando-se em consideração esses aspectos, foi necessário realizar identificação dos materiais utilizados na fabricação, também em fornecedores externos, pois, a bancada possui fins exclusivamente didáticos, de forma que ela possa atender às necessidades da Faculdade.

Dessa forma reforça-se alguns pontos tidos como essenciais para se obter os resultados, são eles:

- Identificação das necessidades dos clientes;
- Seleção de materiais para fabricação;
- Elaboração dos desenhos técnicos;
- Software para desenvolvimento do protótipo;
- Teste para validar a funcionalidade da bancada.

Dado o exposto, cita-se o déficit e ou dificuldade da necessidade de aplicar de forma prática os conteúdos estudados em sala de aula, com foco constante no desenvolvimento de competências profissionais relacionadas à Hidrostática e Hidrodinâmica no laboratório de sistemas hidráulicos e pneumáticos da FATEC SENAI Roberto Mange.

Sendo assim, por não haver uma bancada didática para ensaios em mecânica dos fluidos na instituição, que permitiria a realização de diversos experimentos, os acadêmicos do curso Tecnólogo em Manutenção Industrial tiveram que deslocar para uma instituição de ensino parceira, que dispõe de uma bancada compatível a necessidade apresentada em aulas teóricas da disciplina.

Propõe-se que, como meio de suprir a necessidade acadêmica apresentada neste trabalho, outros pesquisadores possam retomar o projeto e darem continuidade a fabricação da bancada didática de mecânica de fluidos, no intuito de oferecerem um diferencial a aprendizagem prática no componente curricular de Pneumática e Hidráulica. Espera-se que o resultado deste projeto contribua para uma maior interação e entendimento dos acadêmicos, proporcionando assim um processo de formação adequado aos futuros Tecnólogos em Manutenção Industrial oriundos da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange e também condizente às necessidades do mercado de trabalho.

Referências

1. NEVES, Erika Zoraia Venâncio. DA TEORIA À PRÁTICA: uma ponte a ser construída desde a formação inicial. 2011.86 f. TCC (Graduação) – Curso de Licenciatura em Letras, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.
2. BRASIL. Lei nº 9.349, de 20 de dezembro de 1996. LEI Nº 9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996. Lei Nº 9.394, de 20 de Dezembro de 1996.
3. SANTOS, Joedson Brito dos. Avanços e desafios da educação. In: XXVI Simpósio brasileiro de política e administração da educação, 26., 2013,
4. PEKELMAN, Hélio; MELLO JUNIOR, Antônio Gonçalves. A importância dos laboratórios no ensino de engenharia mecânica. In:

COBENGE, 32., **2004**, Brasília. DANDO FORMA A UMA NOVA REALIDADE. Brasília: Abenge, 2004. p.1-9.

5. SELVAKUMAR, S, RAJARAM, Kanchana. Achieving excellence in engineering education through improved teaching-learning process. 2015 IEEE International Conference On Teaching, Assessment, And Learning For Engineering (tale), Zhuhai, p246-252, dez. **2015**. Institute of Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tale.2015.7386052>.

6. SENAI Projeto Pedagógico de Curso de Graduação Tecnológica – Tecnólogo de Manutenção Industrial. Anápolis Departamento Regional de Goiás. **2014**

7. SENAI. Metodologia Senai de Educação Profissional. Brasília: CNI, 2013.

8. Palmieri, A. C. (**1994**), Manual de Hidráulica Básica, Brasil, Porto Alegre.

9. Linsingen, I. V. (2003), Fundamentos de Sistemas Hidráulicos, Brasil, Florianópolis. NETTO, José Martiniano de Azevedo et al. Manual de Hidráulica. 8°. ed. São Paulo - SP: Edgard Blücher LTDA, **2007**. 342 p.

10. FOX, Robert W.; PRITCHARD, Philip J.; MCDONALD, Alan T. Introdução à mecânica dos fluidos. Sétima Edição. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, **2008**. 733 p.

11. HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 8°. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, **2007**. 314 p. v. 2.

12. VILANOVA, Luciano Caldeira. Mecânica dos Fluidos. 3. edição. ed. Santa Maria - RS: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, **2011**. 82 p.

13. ROMA, Woodrow Nelson Lopes. Fenômenos de Transporte para Engenharia. 2°. ed. São Paulo - SP: Rima, **2003**. 145 p.

Alexandre G. Jesus, Cristiano S. Santos, Davi H.P. Sousa, Matheus S. M. Bertoldo, Diego. Vieira & Almiro M. S. Neto*

Faculdade SENAI Roberto Mange. Anápolis-GO.

* almiro.senai@fieg.com.br