

# CONSTRUÇÃO DE BANCADA HIDRÁULICA PARA ESTUDO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS E DE PERDAS DE CARGA – CASO MM PBL

Tiago Francisco Celaro<sup>1</sup>, Thais Marques<sup>2</sup>, Álvaro Ribeiro<sup>3</sup>, Lucas Giacomelli<sup>4</sup>,  
Márcio Silvano<sup>5</sup> y Vitor Souza Viana Silva<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Graduando em da Engenharia Ambiental e Sanitária na Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>6</sup> Professor do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, Ms. pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, RS, Brasil.

E-mail: celarti@hotmail.com, thaisg.marques@hotmail.com, alvaro.flr@gmail.com, luverino@hotmail.com, vitorsvs83@hotmail.com

## Relevância

O dimensionamento das estruturas hidráulicas de captação, armazenamento, controle, transporte e distribuição de água, requer a compreensão dos fenômenos físicos e das formulações envolventes para resolução dos problemas encontrados na fase de projeto e na implantação desses sistemas (Baptista e Coelho, 2003). Os fenômenos e as formulações baseiam-se na mecânica dos fluidos e na hidráulica, e são abordados através de conceitos físico-matemáticos junto a uma prática empírica, tornando-se formulações teórico-empíricas. A prática empírica é fundamentada em estudos de campo ou através da construção de equipamentos de laboratório (Silva e Tarqui, 2009).

No caso da construção de equipamentos de laboratório, as vantagens apresentadas seriam no controle dos parâmetros físicos envolvidos, principalmente os equipamentos hidráulicos, que após a constatação da teoria da semelhança mecânica, possibilitou o estudo dos problemas reais da hidrostática e da hidrodinâmica em escala de laboratório, com o objetivo de ensaiar em um modelo de pequenas proporções para se ter conclusões sobre o que ocorrerá no planejamento de um projeto (Pimenta, 1981).

Os equipamentos hidráulicos, segundo Silva e Tarqui (2009), além de subsidiarem em estudos relacionados aos fenômenos da hidrodinâmica, também permitem a validação e ajuste de formulações matemáticas de base física utilizadas no dimensionamento de projeto de hidrossistemas. No caso da construção de uma bancada que representa de forma satisfatória aos princípios hidráulicos, na fase de projeto deve-se utilizar as equações teórico-empíricas para o dimensionamento do sistema com o intuito de reprodução dos mesmos fenômenos, os quais estas equações foram formuladas.

No planejamento para construção de um equipamento hidráulico torna-se necessário a realização de diversos estudos durante a fase de projeto, o que, didaticamente, é chamado de aprendizagem baseada em projeto (*Project Based Learning* – PBL). A maneira mais adequada para a aquisição de conhecimentos dá-se por meio da prática associada à teoria (Masson e Miranda, 2012), a qual engloba a junção de estudos de princípios físicos, de formulações teórica-empíricas, de busca dos recursos tecnológicos da informática para a melhor alternativa de projeto, resultando no verdadeiro entendimento dos conceitos da área de estudo.

O presente trabalho mostra a contribuição da aprendizagem baseada em PBL no planejamento de projeto de construção de módulo de laboratório para estudo dos princípios envolventes na hidráulica de associação de bombas centrífugas e de perdas de carga localizada e por atrito.

## Metodologia

A associação de teoria à prática consiste num processo extremamente relevante na discussão do conhecimento no ensino das engenharias (Masson e Miranda, 2012, Sesoko e Neto, 2014). Especificamente nos princípios da hidráulica, que são complexos, a compreensão de questões que envolvem o

escoamento da água nos sistemas é facilitada a partir da visualização e da medição com uso de equipamentos, como é o caso da bancada hidráulica.

Ao associar a teoria à prática na construção de um equipamento hidráulico, o conhecimento adquirido no ensino da engenharia equivale aos diversos estudos durante a fase de projeto que engloba a idealização, o dimensionamento, o desenho e a fabricação. Nesse sentido, o desenvolvimento do projeto da construção do módulo de laboratório para estudo dos princípios envolventes na hidráulica de associação de bombas centrífugas e de perdas de carga, contribuiu na aprendizagem baseada em projetos nas seguintes atividades realizadas em grupo:

- Discursão da bibliografia referente a hidráulica de associação em série e em paralelo de bombas;
- Definição e dedução para adaptação das equações da hidráulica a serem empregadas no dimensionamento do problema proposto;
- Desenvolvimento em conjunto de um programa para o dimensionamento automatizado;
- Tomada de decisão referente ao desenho do experimento com uso de computação gráfica pensando nos aspectos construtivos;
- Estudo conjunto para verificar o dimensionamento com uso de software livre, para posterior correção do desenho guiado por computação gráfica;
- Reuniões para definir a melhor alternativa de projeto em função de critérios econômicos;
- Avaliação de desempenho dos alunos de maneira individual e, posteriormente, em grupo.

A junção dessas atividades resultou no módulo de laboratório de Associação de Bombas Centrífugas e de perda de carga.

## Resultados

O desenvolvimento do projeto da bancada hidráulica a partir da técnica de PBL foi concebida com o intuito que os alunos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária aplicassem os conceitos das disciplinas de Hidráulica Aplicada e de Sistema de Redes Hidrossanitárias, mediante a elaboração de um projeto de construção de um módulo para estudo de associação em série e em paralelo de bombas centrífugas abrangente e de baixo custo, comparado aos módulos disponíveis no mercado (Figura 1).

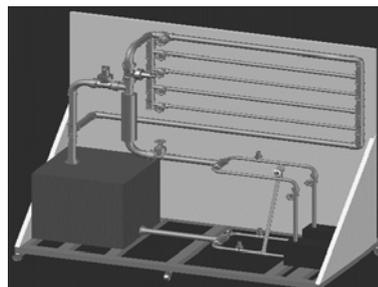


Figura 1.- Desenho da bancada via Autocad 3D.

Inicialmente a busca e a troca de bibliografias foram indispensáveis para fortalecer os conceitos. Os conhecimentos voltaram-se na teoria para: construção de curvas de bombas; elaboração da curva do sistema; o cálculo da perda de carga por atrito; o cálculo das perdas de carga localizadas. Nesta etapa foi notória a consolidação do conhecimento em prol da concepção da bancada hidráulica, em termos de entendimento da finalidade de uso e de cada componente do experimento.

Houve uma integração para desenvolver um dimensionamento automatizado com uso de planilhas eletrônicas. Buscou-se definir o diâmetro dos condutos utilizando as perdas de carga localizadas, em termos de energia cinética, e das perdas por atrito com uso da equação de Hazen-Williams, para posterior cálculo da potência do conjunto motor-bomba.

Os dados dos diâmetros das tubulações de sucção e de recalque, utilizados na simulação hidráulica estão apresentadas na tabela 1, e os dados da potência da bomba encontra-se na Figura 2.

**Tabela 1.-** Valores definidos no projeto.

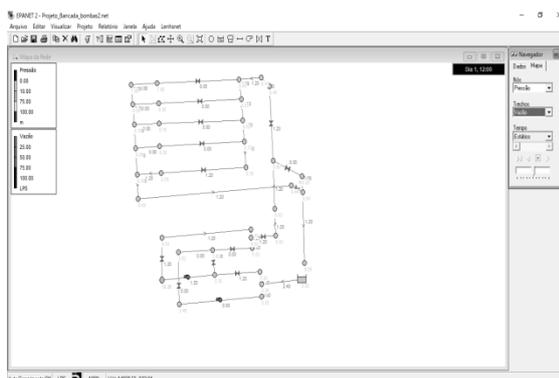
C de Hazen-Williams	140
K de perda de carga	1,3
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	5,3
DN sucção (m)	0,025
DN recalque (m)	0,025

MODELO	Potência (cv)	Monofásico	Ø Sucção (pol)	Ø Recalque (pol)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	Altura máxima de sucção (m.c.a.)	Ø Rotor (mm)
BCR-2010	1/2	x	1	1	25	8	128

**Figura 2.-** Dados do conjunto motor-bomba.

Na hidrodinâmica, a pressão e a vazão são variáveis de extrema importância, as quais, devem ser quantificadas e controladas no dimensionamento de projeto (Baptista e Coelho, 2003). Assim sendo, as decisões tomadas em grupo voltaram-se na definição dos dispositivos de medição de vazão e de pressão estática. As suas posições também foram de extrema importância nas discussões, pois a localização dos mesmos nos condutos interfere na precisão da leituras das medições, como recomenda-se na literatura (Pimenta, 1981).

O uso do EPANET para simulação hidráulica do projeto possibilitou a troca de conhecimentos entre os membros do grupo, sobre o manuseio e os conceitos de modelagem hidráulica computacional (Figura 3). Os resultados da simulação também permitiram confirmar o valor da potência do conjunto motor-bomba, dos reservatórios e da escala de medição dos dispositivos de controle e de medição de pressão e vazão com os manômetros e rotômetros.



**Figura 3.-** Bancada modelada via Epanet.

## Considerações finais

A atividade de aprendizado baseado em projetos – PBL trouxe, portanto, diversos resultados positivos, contribuindo no entendimento de diferentes conceitos e no aprimoramento de habilidades transversais. Estes resultados foram também relatados no estudo de Sesoko e Neto (2014). Na elaboração dos projetos observou-se a integração entre os acadêmicos, em diversas etapas envolvidas na elaboração, o que seria análogo a interação necessária no ambiente profissional da engenharia.

O trabalho proporcionou aos participantes o desenvolvimento da autonomia na busca pelo conhecimento, bem como melhora da argumentação crítica, visto que o processo requerer pleno entendimento do conteúdo para a correta execução das tarefas. Também foram obtidos ganhos em habilidades como comunicação e liderança, que surgiram frente a constância dos debates. Assim, além de absorver a parte técnica, a metodologia PBL contribuiu para o aluno aprender a otimizar seu aprendizado.

O processo encontra-se na etapa de estudo de viabilidade econômica e da construção da estrutura. Após a finalização, pretende-se utilizar a bancada para demonstração de fenômenos e de formulações da hidráulica mediante ensaios experimentais, com os alunos em séries iniciais e avançadas do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

## Referências bibliográficas

- Baptista, B. M. e Coelho, P. L. M. M.** (2003), “Fundamentos de Engenharia Hidráulica”, Editora UFMG, Belo Horizonte, 2ª ed., 440 p..
- Masson, T.J., Miranda, L.F., Munhoz, A.H. e Castanheira, A.M.P.** (2012). “Metodologia de ensino: aprendizagem baseada em projetos (PBL)”. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém.
- Pimenta, C. F.,** (1981), “Curso de Hidráulica Geral”, Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 4ª ed. 1981, 482 p..
- Sesoko, V.M. e Neto, O.M.** (2014). “Análise de experiências de problem e project based learning em cursos de engenharia civil”. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Juiz de Fora.
- Silva, V. S.V., e Tarqui, J. L. Z.** (2009) “Contribuição da auto-construção de módulos de laboratório de fenômenos de transporte na formação de engenharia. In: IX congresso ibero-americano de ingenieria mecânica, Las Palmas de Gran Canaria. p. 90-97.