

## ENSINO-APRENDIZAGEM DE MECÂNICA DOS FLUIDOS POR PRÁTICAS ATIVAS

**Diego L. L. Souza** – diego.souza@satc.edu.br

**João M. Neto** – joao.neto@satc.edu.br

**Pâmela C. Milak** – pamela.milak@satc.edu.br

Faculdade SATC – Departamento de engenharia mecatrônica

Rua Pascoal Meller, 73 - Bairro Universitário

CEP 88805-380 - Criciúma - Santa Catarina

**Resumo:** A disciplina de mecânica dos fluidos, proporciona saberes fundamentais para as diversas áreas da engenharia, entretanto a dinâmica das aulas por sua vez remete a uma abordagem tradicional de ensino, visto que a análise teórica dos fenômenos relacionados compõe parte fundamental para adquirir as competências da disciplina. Contudo, metodologias ativas de ensino baseadas em problema, podem ser utilizadas na resolução de situações e eventos que se tornarão constantes na vida do engenheiro. O objetivo deste artigo é apresentar a metodologia de aprendizagem ativa baseada em problema, na concepção e resolução de uma situação simulada de projeto em uma empresa, os resultados da atividade, simulam a obtenção ou não de um contrato de serviço entre a suposta empresa e os órgãos solicitantes. Neste contexto, os conhecimentos individuais dos alunos relacionados ao escoamento de fluidos em dutos, perda de carga em tubulações são estimulados, tendo como objetivo principal da atividade, a percepção e identificação da necessidade deste conhecimento para resolução dos problemas relacionados ao escoamento de fluidos durante a elaboração de um projeto de implementação. A metodologia ativa implementada em aula, possibilita que, a partir de situações reais de problemas, ou simulações, despertem nos alunos o interesse no desenvolvimento de solução para o problema, instigando a pesquisa, criatividade, leitura, cálculo, focados no objetivo de obter êxito na atividade.

**Palavras-chave:** ABP. Mecânica dos Fluidos. Projetos.

### 1 INTRODUÇÃO

O processo de aprendizado de engenharia, perdura ao longo dos tempos como um dos pilares para a evolução da civilização, graças aos avanços tecnológicos adquiridos com o advento de pesquisa e desenvolvimento em organizações governamentais e privadas. Nesse sentido, cabe ressaltar que no meio educacional, o maior desafio atualmente é acompanhar o impacto que os avanços exponenciais em diversas áreas trouxeram para este ambiente. O cenário apresenta lacunas eminentes, sendo que pontuais agentes fundamentais dessa engrenagem apresentam-se defasados em relação à essas mudanças. (FILHO *et al.*, 2017).

A evolução da tecnologia também resulta em maior aprimoramento nas técnicas de ensino, segundo (BOROCHOVICIUS, 2014 *apud* GODOY, 2000) as classe denominadas tradicionais que se caracterizam por maior ênfase nas aulas expositivas possuem enfoque no conteúdo apresentado pelos docentes aos discentes em sua forma final, privando-os do exercício das habilidades intelectuais mais complexas. Neste contexto, os métodos tradicionais de ensino-

aprendizagem vêm dando espaço para as metodologias ativas, mais comumente traduzidas como “Problematização” e “Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)”, que, embora distintas, apresentam semelhanças (MARIN *et al.* 2009). As metodologias de aprendizagem ativas (ABP’s), facilitam a integração entre o conhecimento teórico, e a vida real, salientando que “os métodos práticos de ensino possibilitam um maior aproveitamento do conteúdo das disciplinas da matriz curricular do curso.”(RIBEIRO *et al.*, 2016 apud SILVA, 2016).

O ensino de mecânica dos fluidos segundo (MUNSON,2004) é a área que estuda e analisa o comportamento dos líquidos e dos gases tanto em equilíbrio quanto em movimento, e no estudo da engenharia representa um conjunto de competências relevantes para a vivência prática do profissional formado em seu papel na sociedade. Os assuntos relacionados a perda de carga no escoamento em dutos, possuem relevante destaque no estudo da disciplina, pois de acordo com (FOX, 2001) representa a conversão de energia mecânica, em energia térmica não desejada e perda de energia por transferência de calor. Ou seja, a perda de carga trata-se de redução na energia disponível no sistema, causadas ao longo de tubos retos pelo atrito das próprias partículas do fluido entre si e de perdas referentes a perturbações ao longo do escoamento em válvulas e acessórios.(BRUNETTI, 2008). Este fato promove a compreensão que sistemas que possibilitem uma menor perda de carga, apresentam menor valor de energia útil dissipada no sistema durante o escoamento, e conseqüentemente, maior eficiência.

O processo de aprendizagem da disciplina de mecânica dos fluidos segundo (GAMEZ-MONTERO *et al.*, 2015), tem se caracterizado por ser difícil e desinteressante para muitos estudantes de engenharia. Dentro de sua metodologia de ensino, os professores devem contemplar a potencial falta de interesse ou participação dos alunos nas aulas e a dificuldade de compreender conceitos ou com a expressão oral e escrita. Deve-se também supor que é possível que as estratégias de ensino do instrutor não coincidam com os estilos de aprendizagem da maioria dos alunos. A exemplo disto, há ocorrência de acadêmicos que não conseguem identificar por meio de aulas expositivas no decorrer do curso, a aplicação real dos conceitos obtidos no estudo da disciplina com a vida profissional. Atividades como visitas técnicas, iniciação a pesquisa, e a inserção no mercado de trabalho, favorecem a fixação do conteúdo adquirido em sala de aula, e colaboram para a memorização do conhecimento de maneira perene. Todavia, há uma parcela dos alunos que não se enquadra nestas condições o que, exige dos professores, novas metodologias e técnicas, a fim de, completar a proposta curricular da instituição de ensino e ofertar para mercado profissionais competentes para tomada de decisão. Nesta abordagem a aprendizagem baseada em problemas (ABP) apresenta-se como uma técnica que possibilita o desenvolvimento de habilidades e competências requisitadas aos acadêmicos a partir do máximo aproveitamento de disciplina, uma vez que a metodologia configura-se como uma prática-pedagógica centrada no protagonismo do aluno através da resolução de problema contextualizados reais que são solucionados individualmente ou em equipe (FILHO *et al.*, 2017).

A integração entre as técnicas de ABP, e o processo de aprendizagem da mecânica dos fluidos, possibilita aos alunos a imersão nas competências relacionadas a disciplina, em uma temática real ou simulada, que constitua uma situação problema com tangível resolução. Esta abordagem segundo (MASSON *et al.*, 2012) incentiva o aluno a explorar e a investigar seus interesses – como identificar áreas de trabalho na qual apresente maior afinidade, bem como aprofundar seus conhecimentos sobre temas de maior interesse, e atribui ao educador a responsabilidade de encontrar maneiras de tornar tal atividade útil no desenvolvimento das competências básicas necessárias.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho foi composta de maneira a desafiar os acadêmicos na tomada de decisões, para identificar a melhor solução em uma aplicação prática da disciplina de mecânica dos fluidos. O problema apresentado foi criado para extrapolar os conhecimentos adquiridos em sala de aula, bem como utilizar conceitos baseados na interdisciplinaridade, integrando a matriz curricular do curso de engenharia. A fim de estimular o trabalho em equipe, habilidades interpessoais e humanas nos acadêmicos, priorizou-se o desenvolvimento da atividade em dois períodos letivos, em ambiente propício para discussões em grupo. Os conteúdos prévios necessários para o desenvolvimento da atividade foram repassados, bem como bases de dados passíveis de serem consultadas. O professor assumiu papel de mediação, estimulando os alunos para o raciocínio crítico, criativo e ordenando a atividade, estabelecendo metas a serem cumpridas a fim de obter o produto final. A metodologia foi definida por quatro etapas, sendo estas:

- 1) Definição e abordagem do problema;
- 2) Elaboração da atividade a ser desenvolvida,
- 3) Execução da atividade,
- 4) Método de Avaliação.

### 2.1 Definição e abordagem do problema

Inicialmente definiu-se o objetivo da ABP, enumerou-se todas as características necessárias para sua resolução, e que, de um modo geral, a importância especial do projeto, deve ser associada à singular mediação realizada entre a criação individual, a intenção de reprodução, a habilidade de criação e o desenvolvimento, levando a uma realização pessoal abrangente entre as expectativas do novo e a consolidação de padrões no imaginário coletivo, numa busca contínua pela excelência da qualidade (MASSON *et al.*, 2012). Ao mesmo tempo, ao aluno apresentou-se as características fundamentais para desenvolvimento do projeto, enfatizou-se que o resultado não deveria apresentar um valor matemático simplista, e sim uma análise de grupo, visto que, a ABP procura evitar que a aprendizagem se torne algo passivo, e, por conseguinte, desinteressante, possibilita o envolvimento ativo do aluno, não só na concepção e na elaboração dos seus projetos de aprendizagem, todavia na sua implementação e avaliação. A integração do aluno a uma experiência prática, parte de um pressuposto que problemas existem, e que o mercado de trabalho busca profissionais que possam atender, mitigar ou resolver-los, seja em ambientes industriais, ou como no caso do artigo, uma solicitação de projeto de implantação.

Os alunos foram introduzidos num contexto empresarial, visto que, vários acadêmicos durante o curso, não possuem vivência industrial ou de projeto, a ideia de mercado de trabalho para muitos é uma apenas um vocábulo. Solicitou-se que os alunos se agrupem em equipes, simulando um grupo de projetos em uma empresa, cada qual com a função de engenheiro projetista desta empresa.

No Brasil, é comum a ocorrência de licitações de obras públicas como fonte de busca para trabalhos de empresas principalmente de projetos, geralmente o menor valor entre várias propostas, é o projeto vencedor. No Brasil, o art. 22 da Lei Nº 8.666, de 21 de junho de 1993 possibilita este tipo de atividade, onde informa que “Concorrência é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados que, na fase inicial de habilitação preliminar, comprovem possuir

os requisitos mínimos de qualificação exigidos no edital para execução de seu objeto.”. (BRASIL. Lei 8.666, 1993, art. 22). Pressupondo esta ideia, um contexto fictício foi apresentado aos alunos, conectando ao trabalho um assunto que trata de uma das grandes obras de engenharia atualmente realizadas pelo governo, o projeto de transposição do rio São Francisco. O projeto de transposição prevê a construção de dois canais: o Eixo Norte, que levará água para os sertões de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, e o Eixo Leste, que beneficiará parte do sertão e as regiões agreste de Pernambuco e da Paraíba. (CASTRO, 2011).

A ideia da transposição do rio São Francisco, representa uma mudança considerável na região, causada pela disponibilidade de água. De acordo com (CASTRO, 2011) o atendimento das demandas hídricas da população habitante da região, que receberá parte da água do rio São Francisco. As demandas hídricas referem-se a áreas urbanas dos municípios beneficiados, distritos industriais, perímetros de irrigação e usos difusos ao longo dos canais e rios perenizados por açudes existentes que receberão águas do rio São Francisco.

A atividade preconiza que em localidade próxima as obras de transposição, uma empresa exploradora de minérios, identificou uma grande jazida de mineral explorável na região vislumbrando uma oportunidade de extração deste minério Este fato, representa um considerável aporte de investimentos na região, proporciona um aumento significativo na arrecadação de impostos do município, possibilita a migração de um grande número de pessoas que devem exercer trabalhos, direta ou indiretamente ligados a empresa. Este cenário apresenta características de como por vezes, alguns pequenos vilarejos, tornam-se cidades em poucos anos, a partir da implantação de uma empresa, as minas se transformam em pólos dotados de infraestruturas implantadas pelas empresas mineradoras tais como aeroportos, portos, usinas de energia, hospitais, meios de transporte, escolas etc., além de gerar empregos qualificados, e impostos, dinamizadores do comércio local. (VIEIRA, 2011).

Com os alunos introduzidos neste enredo, solicita-se um projeto para atender à crescente demanda hídrica da população, estabelecendo a infraestrutura básica do município e possibilita o bem estar destes novos moradores.

## 2.2 Atividade a ser desenvolvida

Após a introdução dos alunos no enredo do problema, a atividade apresenta dados de estimativa de crescimento populacional para a região em 10 (dez) anos, conforme a tabela 1 e, além de informações referentes ao consumo médio mensal de água por família.

Tabela 1 - Projeção de Crescimento demográfico local 2018-2028. (Valores simulados pelos autores).

Ano	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Famílias	100	110	190	230	280	320	376	400	425	458	500

Fonte: Os autores, 2017.

O projeto sugere uma interligação entre um ponto de descarga (localizado no vilarejo) e um ponto de coleta (localizado na obra de transposição) distantes 12 (doze) quilômetros em linha reta do local, conforme figura 1. Torna necessária a elaboração da estrutura de suprimento de água para a localidade, para um horizonte projetado de 10 (dez) anos conforme anteriormente citado. Para uma padronização do sistema foram apresentadas algumas premissas, e dados necessários para elaboração do projeto tais como:

- Os materiais da tubulação devem ser metálicos;
- Uma necessidade de registros a cada 1000 m de tubulação;
- O reservatório deve suprir a região em até 02 (dois) dias sem fornecimento;
- As máquinas possuem rendimento máx. de 90%;
- E o suprimento de água diário deverá ser realizado apenas das 00:00h até as 6:00h.

Figura 1 – Suposta localidade da atividade e canal de transposição.



Fonte: *Google Maps*, acessado em novembro de 2017.

Partindo das suposições apresentadas nas premissas do trabalho, solicitou-se aos alunos que a elaboração melhor opção possível de estrutura para suprimento deste sistema, utilizando os conceitos obtidos em sala de aula referentes ao escoamento de fluidos em dutos, sendo aplicados as habilidades relacionadas a classificação e determinação das perdas de carga nas estruturas do trabalho.

### 2.3 Execução da Atividade

Realizou-se as atividades, no ambiente comum de classe, não utilizando elementos especiais ou laboratórios técnicos para seu desenvolvimento. Na execução, do estudo por meio da ABP, criou-se um grupo tutorial, composto de um tutor (professor) e de 5 a 8 estudantes.(CRUZ; WIEMES, 2014).

A realização da atividade exigiu que todo o processo pudesse ser realizado no ambiente de sala de aula, possibilitou que as atividades referentes ao trabalho fossem executadas em equipe, por este motivo foram definidos 02(dois) dias de atividade, tal qual divididos em 06(seis) etapas conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Atividades realizadas x Prazos x Responsáveis (Autor,2017).

Etapa	Descrição	Data	Responsável
1	Divisão das equipes	20/11	Professor
2	Apresentação das regras do trabalho a ser desenvolvido (etapas, avaliação, etc.)	20/11	Professor
3	Leitura e identificação do problema, parametrizando o trabalho.	20/11	Professor

4	Início dos cálculos de dimensionamento, discussão da equipe, questionamentos, etc.	20/11	Equipe
5	Cont. Finalização dos cálculos	27/11	Equipe
6	Entrega do Relatório	27/11	Equipe

Fonte: Os Autores, 2017.

## 2.4 Método avaliativo

O processo avaliativo consistiu na verificação por meio resultados dos cálculos, o resultado que teoricamente representa a maior eficiência do sistema, a partir da verificação da menor potência necessária dos equipamentos selecionados para o projeto e da menor perda de carga. Para isto foram definidos alguns critérios, que inicialmente se apresentaram como satisfatórios para a avaliação, entretanto a medida que os trabalhos foram recebidos, se mostraram falhos em vários aspectos posteriormente discutidos no item 4.

A avaliação baseou-se em 03 (três) requisitos:

- 1) Organização e coerência das informações - O objetivo da avaliação consiste em verificar se existe coerência entre os resultados obtidos por meio dos cálculos, a seleção de equipamentos disponíveis no mercado para suprir a demanda, materiais de fabricação de uso comum para tais atividades, entre outros aspectos.
- 2) Resultado dos cálculos - Foi avaliado quantitativamente, se a execução dos cálculos foi realizada de maneira assertiva.
- 3) Eficiência do Sistema - Este critério identificou a menor perda de carga entre os trabalhos apresentados, o que em teoria representa a melhor configuração das estruturas e equipamentos, consequentemente, a maior eficiência.

## 3 RESULTADOS

A necessidade de informação requerida pelos alunos durante a realização da atividade, teve considerável aumento quando comparado as metodologias tradicionais. Percebeu-se que a medida que o conteúdo era explorado, durante a pesquisa para realização da atividade, as dúvidas sobre as estruturas a serem utilizadas, os equipamentos possíveis de serem implementados e a correta utilização dos conceitos fundamentais sobre o assunto apresentado em sala de aula, se tornavam complementares no aprendizado, constitui-se compreensão integral entre o contexto do problema e seu equacionamento resolutivo.

As equipes, apresentaram soluções totalmente distintas, na qual pode ser observado o grande interesse dos mesmo na obtenção de diferentes modelos de projeto para atingir o objetivo. As diferentes estruturas, a complexidade dos sistemas de bombeamento apresentados pôde ser constatado nos resultados, evidenciados na apresentações através da presença de válvulas e acessórios entre outros elementos referentes a disciplina, não abordados anteriormente durante as aulas. Tal fato, demonstrou que o interesse dos alunos em apresentar um excelente resultado para o problemática, proporcionou-os romper os limites da sala de aula, uma das proposições da própria metodologia de ABP.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As metodologias ativas tornam o aluno de mero ouvinte na sala de aula a pesquisadores, envolvidos em uma simulação de ambiente que em pouco tempo se tornará o dia a dia de muitos dos discentes. Resolver problemas, atingir objetivos e apresentar ótimos resultados integra o ambiente de trabalho dos profissionais de engenharia, e a metodologia de aprendizagem baseada em problemas possibilita ao aluno vislumbrar antecipadamente este meio.

A aplicação da ABP na disciplina de mecânica dos fluidos, possibilitou aos alunos a compreensão e desenvolvimento de competências e sua aplicação, identificou-se no cotidiano situações passíveis de resolução e ou melhorias através da aplicação do conhecimento. Durante a execução da ABP, evidenciou-se o trabalho em equipe, na qual alguns grupos dividiram o projeto em setores, otimizando o tempo. Ao mesmo tempo que outra equipe utilizava a pesquisa em fornecedores de equipamentos, modelos e componentes comercialmente disponíveis, demonstrou a preocupação em utilizar apenas equipamentos que facilmente podem ser adquiridos. A terceira equipe por sua vez, se preocupou com a disponibilidade da rede, duplicou o sistema e dividi-o entre eles a vazão necessária. Ou seja foram várias situações distintas que atendiam o objetivo.

A avaliação entretanto, pelos motivos apresentados se tornou de difícil realização, visto que os critérios inicialmente definidos para o problema, se tornaram limitantes aos projetos sugeridos. Um projeto que apresenta a menor perda de carga, é uma estrutura otimizada quando comparado a um projeto que apresenta uma bomba sobressalente para eventual problema na rede? Ou um tubo de um material especial, que apresente maiores condições de escoamento, é comercialmente mais interessante comparado a tubulação comercial com disponibilidade no mercado? Questionamentos como estes, surgem como significativo empecilho no processo avaliativo, embora os critérios estivessem delineados e definidos o resultado obtido pelos alunos apresentou um horizonte amplo, deve ser explorado.

Sugere-se que tais características para trabalhos futuros sejam previamente observadas, evitando que o aluno ao final de seu esforço, não compreenda o motivo da desqualificação de seu projeto. Adicionar termos monetários, mesmo que fictícios poderiam solucionar em parte esta condição, estipulando por exemplo, um valor do por potência consumida quando relacionado as máquinas (bombas), ou um valor por metro de tubulação e diâmetro. Outra forma, embora limitante, é o de estipular um grupo de equipamentos e acessórios passíveis de utilização no projeto.

Contudo, o método provou-se eficaz na ideia central das metodologias ativas, fazer despertar no aluno a necessidade do entendimento da disciplina e sua eventual aplicação.

## REFERÊNCIAS

BOROCHOVICIUS, Eli; TORTELLA, Jussara Cristina Barboza. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. **Ensaio: aval. pol. Públ. Educação**. v. 22, n. 83, p. 263–294, 2014.

BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos Fluidos**. 2ª ed. rev. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

CASTRO, César Nunes. Transposição do Rio São Francisco. **Boletim Regional Urbano E Ambiental –IPEA**. p. 71–75, 2011.

CRUZ, Jurismar Alves; WIEMES, Leandro. Incentivo à melhoria de práticas pedagógicas com a utilização do método PBL. **Conhecimento Interativo**. v. 8, n. 2, p. 87–101, 2014.

FILHO, Braz da Silva Ferraz *et al.* APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMA (PBL): UMA INOVAÇÃO EDUCACIONAL? **Revista CESUMAR**. v. 22, n. 2, p. 403–424, 2017.

FOX Robert W.; MCDONALD Alan T. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 5ª ed. Rio de Janeiro, LTC, 2001.

BRASIL. Lei 8666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8666compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8666compilado.htm). Acesso em: 02 jul. 2018.

GAMEZ-MONTERO, P Javier; *et al.* METHODOLOGY FOR DEVELOPING TEACHING ACTIVITIES AND MATERIALS FOR USE IN FLUID MECHANICS COURSES IN UNDERGRADUATE ENGINEERING PROGRAMS. **Journal of Technology and Science Education**. v. 5, n. 1, p. 15–30, 2015.

MARIN, Maria José Sanches *et al.* Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das Metodologias Ativas de Aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Médica**. v. 34, n. 1, p. 13-20, 2010.

MASSON, Terezinha Jocelen *et al.* Metodologia de ensino: Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL). **XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) 2002**, p. 1–10, 2012.

MUNSON, Bruce; YOUNG, Donald F.; OKIISHI, Theodore H. **Fundamentos da Mecânica dos Fluidos**. 4ª ed. Rio de Janeiro, Edgar Blucher, 2004.

RIBEIRO, Natalia da Silva; GONÇALVES, Luca Willian Nogueira; JUNIOR, Lucio Gracia Veraldo. O DESENVOLVIMENTO PRÁTICO DO ALUNO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - APLICAÇÃO DE METODOLOGIA ATIVA NO CICLO BÁSICO. **XXXVI Encontro nacional de Engenharia de Produção**. p. 1–11, 2016.

VIEIRA, Elias Antonio. A (in) sustentabilidade da indústria da mineração no Brasil. **Estação Científica (UNIFAP)** v. 1, n. 2, p. 1–15, 2011.

## TEACHING-LEARNING OF FLUID MECHANICS BY ACTIVE PRACTICES

**Abstract:** *The discipline of fluid mechanics provides fundamental knowledge for the different engineering areas; however, the classes' dynamics refers to a traditional approach to teaching, since the theoretical analysis of related phenomena is fundamental part of acquiring the discipline's competences. However, The Problem Based Learning methodologies can be used to solve situations and events that will become constant in engineer's life. The objective of this scientific paper is to present the methodology of active learning based on problem, in the conception and solution of a simulated project situation in a company. The results of the activity, simulate the obtaining or not of a service contract between the supposed company and the requesting part. In this context, students' individual knowledge related to the flow of fluids in pipelines and pipelines head loss are stimulated, with the main objective of the activity, the perception and identification of the need of this knowledge to solve the problems related to the flow of fluids during the preparation of an implementation project. The active methodology implemented in the classroom allows students to develop a solution to the problem by stimulating research, creativity, and reading, calculating, and focusing on the goal of success.*

**Key-words:** *PBL's. Fluid Mechanics. Project.*