



# METODOLOGIA ATIVA PROBLEM BASED LEARNING APLICADO A DISCIPLINA DE MECÂNICA DOS FLUIDOS: UTILIZAÇÃO DO NÚMERO DE REYNOLDS EM UM PROTÓTIPO DE TÚNEL DE VENTO.

**Luana Maryan de Almeida Rodrigues de Souza** | luanamaryan2012@hotmail.com | Unisal

**Ramon Oliveira Borges dos Santos** | ramonobs98@gmail.com | Unisal

**Joselito Moreira Chagas** | joselito.moreira.chagas@gmail.com | Unisal

## RESUMO

Visando melhorar o conhecimento técnico transmitido aos estudantes, executou-se de maneira prática fundamentos teóricos previamente apresentados em disciplinas de um curso de engenharia. Essa ideia expressiva foi aplicada neste projeto, foram utilizados conceitos do número de Reynolds, princípio físico que faz parte dos temas selecionados à disciplina de mecânica dos fluidos. A partir de conhecimentos prévios e estudos requeridos, foram realizados experimentos num protótipo de um túnel de vento. Essa experiência permitiu a demonstração do escoamento de um fluido e seu respectivo valor, calculado a partir da aplicação da equação do número de Reynolds.

**Palavras-chave:** Reynolds. Regime de Escoamento. Mecânica dos Fluidos. Pbl. Inovação Acadêmica.

## ABSTRACT

Aiming to improve the technical knowledge transmitted to students, ran is a practical way theoretical foundations previously presented in disciplines of a course of engineering. This expressive idea was applied in this project were used concepts of Reynolds number, physical principle that is part of the selected themes to the discipline of Mechanics of fluids. From prior knowledge and required studies, experiments were carried out on a prototype of a wind tunnel. This experience has allowed the demonstration of the flow of a fluid and its value, calculated from the application of the equation of Reynolds number.

**Keywords:** Reynolds. Baseflow Regime. Mechanics of fluids. PBL. Academic Innovation.

## 1. INTRODUÇÃO

É observado frequentemente que o aluno apresenta uma não absorção de conhecimentos de ciências exatas, conseqüentemente o conteúdo passado durante anos de ensino escolar público, são apresentados de forma arcaica e não incentivando o aluno a cativar-se pela disciplina, o cenário atual da educação vem agravando-se constantemente, na maioria esmagadora das vezes os alunos que decidem cursar engenharia, vem com base fraca em matemática e física. Então começaram a surgir as primeiras ideias sobre inovação no ensino, na maioria dos métodos de ensino e aprendizagem

implica que o aluno seja o centro das atenções e literalmente interaja mais com a aula.

A crescente demanda dos setores produtivos por profissionais qualificados, têm clamado por uma universidade, que além de gerar e disseminar conhecimentos concilie o progresso cultural, social, acadêmico e econômico com respeito, ética e responsabilidade social. Atualmente no Brasil, jovens das mais variadas classes sociais estão chegando ao ensino superior, buscando desenvolver competências que lhes possibilitem explorar seu potencial humano e aperfeiçoamento profissional, visando melhorar a qualidade de vida e também a sociedade na qual estão inseridos (TAVARES et al., 2014).

Segundo Lima e Fialho (2011), a organização didática e pedagógica terá de ser planejada de modo que os alunos assumam a construção autônoma do seu processo de aprendizagem, sem a presença física do professor. Uma maneira de auxiliar esse planejamento é por meio dos objetivos educacionais.

O número de Reynolds, estudado em mecânica dos fluidos, é usado para calcular o regime de escoamento de determinado fluido sobre uma superfície conceito que já será mais bem abordado

É de interesse da matéria que tal princípio físico seja devidamente estudado e que seja entendido adequadamente pelos estudantes dos cursos de engenharia já que há importantes aplicações relevantes, como o túnel aerodinâmico onde se medem forças desta natureza em modelos de asas de aviões, automóveis e edificações, por exemplo.

Por devida perspectiva, a construção de um protótipo simples que de sua maneira explique ou demonstre o princípio em questão pode facilitar ou até mesmo melhorar o entendimento por parte do estudante, contribuindo para o conhecimento multidisciplinar do futuro profissional.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Metodologia Problem Based Learning (PBL)**

Os profissionais de engenharias atualmente precisam dominar habilidades e competências que vão além do conhecimento técnico, e incluem habilidades colaborativas para resolver problemas, desenvolver tecnologia e gerar inovação assim criando bons laços entre professor, aluno e mercado profissional. Os cursos de engenharia que utilizam a metodologia tradicional não parecem ser capazes de ajudar os alunos a atingirem seu pleno potencial.

Segundo Lima e Fialho (2011), a organização didática e pedagógica terá de ser planejada de modo que os alunos assumam a construção autônoma do seu processo de aprendizagem, sem a

presença física do professor. Uma maneira de auxiliar esse planejamento é por meio dos objetivos educacionais.

Entende-se, então que as funções mentais superiores têm como característica essencial a elaboração conceitual do ser humano, que ocorre com o processo de pensar e analisar elementos da realidade e que se desenvolve conforme a linguagem se estrutura (CABETTE, 2015).

Por outro lado, experiências com as abordagens PBL (do inglês: *Problem-Based Learning*) e PLE (do inglês: *Project-Led Education*) no ensino da engenharia têm aumentado nos últimos anos, e seus resultados parecem ser melhores do que outras abordagens educacionais em uso (TAVARES et al., 2014).

## 2.2 Número de Reynolds

O número, coeficiente ou módulo de Reynolds é um número adimensional usado para calcular o regime de escoamento de determinado fluido sobre uma superfície, sendo parte do estudo da Mecânica dos Fluidos.

- **Equação do número de Reynolds em tubulações**

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

Onde:

$\rho$ : Massa específica do fluido.

$v$ : Velocidade média do fluido

$D$ : Diâmetro da tubulação.

$\mu$ : Viscosidade dinâmica do fluido

Para escoamentos em tubulações o número de Reynolds determina a classificação do escoamento do sistema, segundo Brunetti (2008), Reynolds verificou que, no caso de tubos, seriam observados os seguintes valores que classificam a natureza do escoamento, de acordo com a tabela 1 observa-se essa classificação.

**Tabela 1** - Classificação da natureza do escoamento em tubos

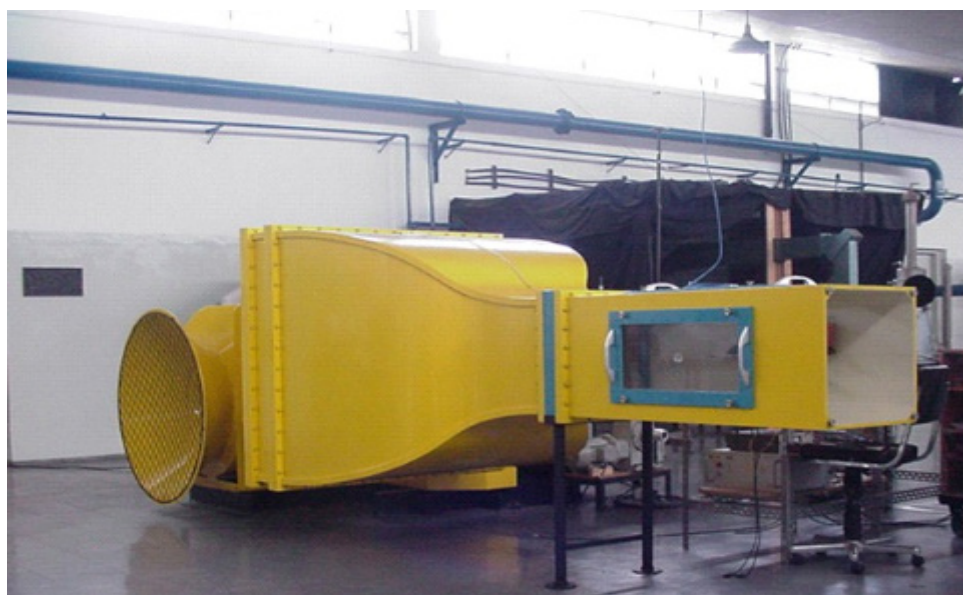
Classificação dos escoamentos	
Escoamento laminar	$Re < 2000$
Escoamento de transição	$2000 < Re < 2400$
Escoamento turbulento	$Re > 2400$

Fonte: Brunetti (2008).

### 2.3 Túnel de Vento

O túnel aerodinâmico onde se medem forças desta natureza em modelos de asas de aviões, automóveis, edificações é um exemplo de aplicabilidade do conceito, podendo inclusive ser miniaturizado para experimentos relacionados. De acordo com a figura 1, podemos observar o túnel de ventos de ensino e pesquisa do ITA.

**Figura 1** - Tunel de vento de ensino



Fonte: Laboratório de engenharia aeronáutica - Bancos de ensaios.

### 3. JUSTIFICATIVA

O intuito desse trabalho é aplicar a metodologia ativa Problem Based Learning (PBL), no ensino de engenharia, fazendo com que o discente aprenda através de problemas, foi proposto a realização de algum projeto físico, onde aplicasse conceitos de mecânica dos fluidos.

Visando a excelência no ensino e aprendizagem as metodologias ativas vêm trazendo ao

discente a teoria atrelada com a prática, é de extrema importância que o futuro profissional de engenharia, tenha um entendimento da parte teórica, mas sabendo onde aplicar esse conteúdo no seu cotidiano profissional, realmente é eficiente esse novo estilo de aprendizagem conhecido no ambiente acadêmico internacional como estilos de aprendizagem (*learning styles*).

#### 4. OBJETIVOS

Esse projeto tem como objetivo demonstrar o princípio do regime de escoamento determinando o número de Reynolds de um fluido a partir de um experimento feito com um protótipo de um túnel de vento, assim proporcionando uma melhor didática no entendimento dos conceitos relevantes, servindo para agregar conhecimentos para os futuros profissionais de engenharia civil.

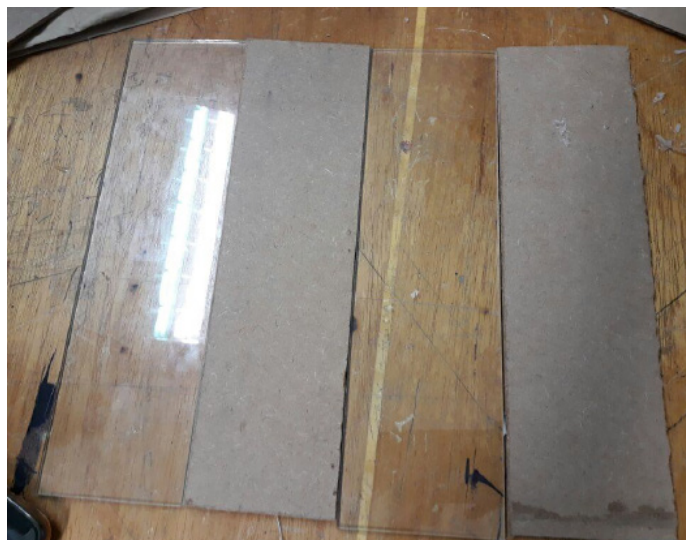
#### 5. METODOLOGIA

Confeccionou-se um túnel de vento com papelão nas dimensões de 20,5 cm x 18 cm, compreendendo entrada de ar, área de observação e saída de exaustão. Na extremidade oposta à abertura de exaustão é colocado um secador de cabelos, associado a um aparato para uniformizar o fluxo de ar.

Esse aparato compreende um tubo de seção retangular, com dimensões transversais aproximadas de 29,5 cm x 8,5 cm, preenchido longitudinalmente com estabilizador feito de papelão, permitindo a homogeneização do fluxo de ar que vai para a câmara de observação. Na seção seguinte a câmara de observação foi feita uma espécie de janela de transparente, para visualização do fluido e sua linearidade ou turbulência adaptou-se no fim do túnel algumas fitas de plástico para a simulação. Na parte inferior do protótipo, contém uma mangueira transparente com líquido, utilizado como meio de medição da força, a partir da diferença de altura percebida entre os dois lados contendo o líquido um tubo de *Pitot*.

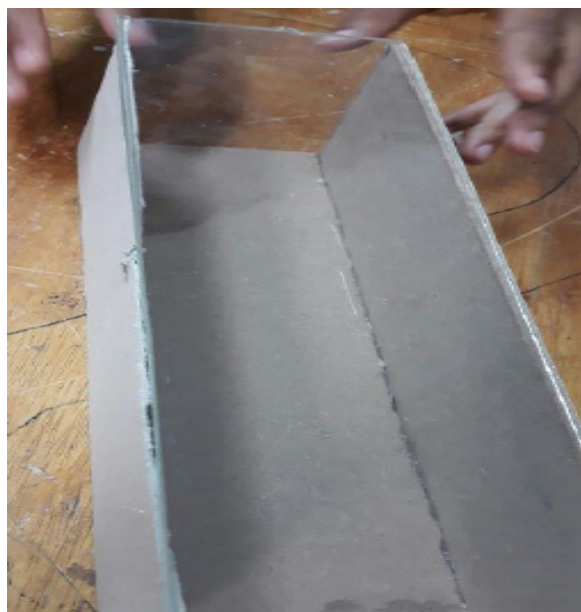
Observa-se na figura 2 a construção da parte transparente do túnel de vento, essa parte serve para a visualização do fluido como pode-se observar na figura 3 a janela totalmente montada, ecoando pela superfície do objeto.

**Figura 2** - Janela transparente sendo montada



Fonte: Aatoria própria.

**Figura 3** - Janela transparente montada



Fonte: Aatoria própria.

Observa-se na figura 4 a construção do perfil de saída de exaustão do fluido.

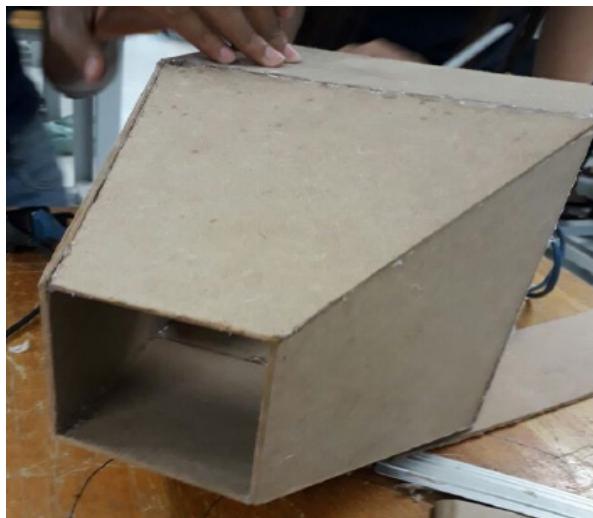
**Figura 4** - Saida de exaustão do fluido



Fonte: Aatoria própria.

Observa-se na figura 5 a construção do perfil de entrada do fluido, no túnel de vento.

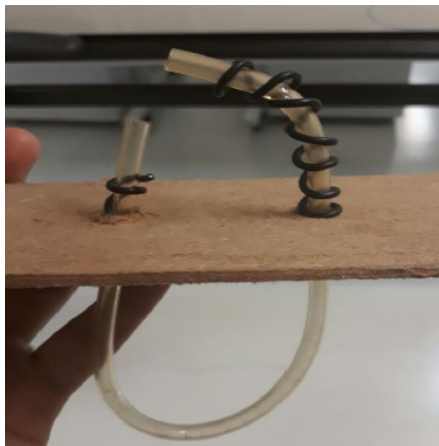
**Figura 5** - Perfil de entrada de ar no túnel.



Fonte: Aatoria própria.

Observa-se na figura 6 a construção do tubo de Pitot, no túnel de vento.

Figura 6 - Perfil de entrada de ar no túnel.



Fonte: A autoria própria.

## 6. RESULTADOS

Inicialmente, com o secador de cabelo desligado pode-se verificar que as medidas são iguais, não havendo nenhum tipo de força aplicada. Num segundo caso, já com o secador de cabelo ligado, o cano sofrerá uma força que, em contato com o líquido, gerará uma diferença de altura do mesmo nos dois lados do cano provando a aplicação da força. A partir de dados coletados da experiência, é possível calcular o regime de escoamento do fluido, com base na aplicação da equação do número de Reynolds.

### 6.1 Regime de Escoamento Calculado Pela Diferença de Líquido

De acordo com a tabela 1 observa-se os parâmetros utilizados para realizar o cálculo do número de Reynolds, para determinar o regime de escoamento num túnel de vento.

- Cálculo da Velocidade

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (\rho_{\text{água}} - \rho_{\text{ar}}) \times g \times \Delta h}{\rho_{\text{ar}}}}$$
$$v = \sqrt{\frac{2 \times (1000 - 1,225) \times 9,81 \times (7 \times 10^{-3})}{1,225}}$$
$$v = \sqrt{111,9769457}$$
$$v \cong 10,6 \frac{m}{s}$$



Onde:

$v$ : É a velocidade média aproximada do fluido em  $\frac{m}{s}$ .

$\rho$ : Massa específica do fluido,  $\rho$  (ar)  $\cong 1,225 \text{ kg/m}^3$ .

$\rho$ : Massa específica do fluido,  $\rho$  (água)  $\cong 1000 \text{ kg/m}^3$ .

$g$ : Aceleração gravitacional terrestre em  $\frac{m}{s}$ .

$\Delta h$ : Diferença de altura em metros.

### Cálculo de escoamento em tuneis de vento, determinando o número de Reynolds

Ao se calcular o escoamento em um túnel de vento, pode-se utilizar a mesma equação apresentada anteriormente.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$
$$Re = \frac{1,125 \times 10,6 \times (64 \times 10^{-4})}{17,2 \times 10^{-6}}$$
$$Re = 4437,2$$

Escoamento para tuneis de vento delimita-se turbulento quando os valores obtidos no número de Reynolds ultrapassam 4000. Logo o valor obtido foi de 4437,2 isso mostra que o escoamento é turbulento.

Onde:

$\rho$ : Massa específica do fluido,  $\rho$  (ar)  $\cong 1,225 \text{ kg/m}^3$ .

$v$ : Velocidade média do fluido,  $v \cong 10,6 \text{ m/s}$

$D$ : Diâmetro da tubulação,  $D = 64 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ .

$\mu$ : Viscosidade dinâmica do fluido,  $\mu(\text{ar}) = 17,2 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s}$ .

Logo é mostrado na figura 7, o protótipo montado.

Figura 7 - Perfil de entrada de ar no túnel.



Fonte: A autoria própria.

## 7. CONCLUSÃO

A mudança na aprendizagem ganha cada vez mais notoriedade no cenário educacional de ensino superior, pois o ensino se encontrava arcaico e muitas das vezes o aluno acabava não compreendendo muito bem o assunto, então começaram a surgir as primeiras ideias sobre inovação no ensino, grande maioria dos métodos de ensino aprendizagem implica que o aluno seja o centro das atenções e literalmente interaja mais com a aula.

O projeto descrito neste artigo buscou, para fins educacionais relacionados, uma aprendizagem mais eficaz e baseada em uma metodologia ativa que vem sendo abordada amplamente nos cursos de engenharia, sendo o foco dessa metodologia obter aprendizado através de problemas assim obtendo conceitos referentes a determinada disciplina, podendo até mesmo simular um ambiente profissional.

A experiência, baseada no uso de um protótipo de um túnel de vento contendo meio de medição da força resultante, permite a demonstração do escoamento de um fluido e seu respectivo valor, calculado a partir da aplicação da equação do Número de Reynolds. Assim a proposta do trabalho foi concluída, culminando como fator de maior importância no acréscimo de conhecimentos relevantes, numa perspectiva multidisciplinar, aos futuros profissionais.

## REFERÊNCIAS

Brunetti, F. (2008). **Mecânica dos Fluidos**. São Paulo: Pearson Prentice.

CABETTE, Regina Elaine Santos. Conceitos científicos e espontâneos no ato de ensinar : Vygotsky e “ peer instruction ”. Revista de Gestão e Tecnologia, v. 3, n. 2, p. 55–62, 2015.

ENGENHARIA AERONÁUTICA E AEROESPACIAL. **Laboratório de engenharia aeronáutica - bancos de ensaios**. Disponível em: <<http://www.aer.ita.br/conteudo/laborat-rio-engenharia-aeron-utica-bancos-ensaios>>. Acesso em: 29 dez. 2018.

**Escoamento laminar, turbulência e número de Reynolds**. Fluido Informações. Disponível em: <<http://infofluidos.blogspot.com.br/2010/05/escoamento-laminar-turbulencia-e-numero.html>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

LIMA, R. W.; Fialho, S. V. “**Mapa de Conteúdos e Mapa de Dependências: ferramentas para um planejamento com base em objetivos educacionais**”. In: Revista de Exatas e Tecnológica – RETEC, v. 2, p. 10, 2011.

**Número de Reynolds**. Conhecimento Geral. Disponível em: <[https://www.conhecimentogeral.inf.br/numero\\_de\\_reynolds/](https://www.conhecimentogeral.inf.br/numero_de_reynolds/)>. Acesso em: 13 nov. 2017.

**Número de Reynolds**. Eng. Química Santos SP. Disponível em: <<http://www.engquimicasantosp.com.br/2013/10/numero-de-reynolds.html>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

TAVARES, Samuel Ribeiro e colab. **Análise das Abordagens PBL e PLE na Educação em Engenharia com Base na Taxonomia de Bloom e no Ciclo de**. Revista Eletrônica Engenharia Viva, v. 1, n. 1, p. 37–46, 2014.