

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**UTFPR**  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**SBF**  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**  
**CAMPUS CAMPO MOURÃO**

**MARCELO BATISTA MAIA**

**TDICs NO ENSINO DA HIDROSTÁTICA A LUZ DA TEORIA  
HISTÓRICO-CRÍTICA**

CAMPUS MOURÃO  
2021

MARCELO BATISTA MAIA

**TDICs NO ENSINO DA HIDROSTÁTICA A LUZ DA TEORIA  
HISTÓRICO-CRÍTICA**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 32 do MNPEF - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof<sup>o</sup>: Dr. Cesar Vanderlei Deimling  
Co-Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>.Natalia Neves Macedo Deimling

CAMPO MOURÃO  
2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>8</b>
<b>6.1</b>	<b>Fundamentação teórica de Física</b> .....	<b>8</b>
6.1.1	Introdução a Fluidos Ideais em Movimento .....	8
2.3.1	Fluidos ideais .....	9
6.1.2	Equação de continuidade .....	11
6.1.3	Equação de Bernoulli .....	13
6.1.4	A Asa do Avião .....	17
6.1.5	O alcance do jorro de uma caixa de água .....	18
6.1.6	Escoamento com desnível e variação de velocidade .....	21
6.1.7	O tubo de Pitot e a aviação .....	23
6.1.8	O Efeito Venturi .....	24
<b>6.2</b>	<b>Fundamentação teórica de teorias de aprendizagem</b> .....	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Oliveira (2013), a grande maioria dos professores desenvolve o processo de ensino-aprendizagem de modo tradicional (aulas expositivas e resolução de exercícios), não dando importância ao desenvolvimento de atividades experimentais, embora concordem que o ensino de Física pode favorecer a formação de um aluno crítico e com a compreensão do pensamento científico.

Considerando essa preocupação com as abordagens dadas, em especial, aos conteúdos de Física na educação básica, objetivamos por meio desse trabalho apresentar algumas considerações sobre o ensino de hidrostática a partir da Equação de Bernoulli, bem como os estudos sobre grandezas físicas empregadas na construção da asa de um avião, vazão em uma caixa de água, como também o efeito que leva um vendaval arrancar coberturas das construções.

Pensando em fornecer uma abordagem diferente e mais aprofundada ao conteúdo de hidrostática no 3º ano do Ensino Médio, desenvolvemos este produto educacional de forma a não oferecer uma visão simplista e imediata sobre a aplicação do conteúdo de hidrostática, mas sim uma proposta que leve a compreender os conceitos deixando de ser apenas uma memorização dos conteúdos e passando a ser Crítica e Transformadora, ou seja, valorizando a contextualização dos saberes do educando, levando-os a questionar a realidade ao qual está inserido, mediado pelo professor, ressignificando sua prática docente, que por meio da ação didático-pedagógica conduzida com muita clareza, para que possa fazer dessa didática um instrumento que leve ao verdadeiro conhecimento transformador na sociedade defendendo a difusão do conhecimento construído, sistematizado e acumulado pela humanidade ao longo da história, a todos, indistintamente, permeando os 5 momentos da Teoria da Pedagogia Histórico-Crítica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O desenvolvimento deste trabalho tem por objetivo elaborar um material paradidático sobre o conteúdo de Hidrostática, começando pela definição de fluidos, passando por equação de continuidade compreensão da Equação de Bernoulli e suas aplicações em benefício da sociedade. Este produto educacional apresenta uma abordagem prática e efetiva para ser desenvolvida com os alunos do 3º ano do Ensino Médio, implementando o uso de experimentação através de simuladores e a utilização de TICs na sua aplicação frente a um momento em que vivemos de ensino remoto pelo motivo da Pandemia aplicando estes conceitos pautando-se nos pressupostos da Pedagogia Histórico-Crítica proposta por Saviani (2003) e discutida por Gasparin (2003), tomando a educação como elemento de transformação social, norteando-se nos cinco momentos pedagógicos dessa teoria.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados sobre os trabalhos desenvolvidos sobre o ensino de hidrostática no Ensino Médio.

- Preparar um material para ser aplicado pautando-se nos pressupostos da Pedagogia Histórico-Crítica proposta por Saviani (2003) e discutida por Gasparin (2003), tomando a educação como elemento de transformação social, norteando-se nos cinco momentos pedagógicos dessa teoria. - Implementar as práticas experimentais utilizando simuladores e elaborando vídeos.

- Aplicar e potencializar a aplicação da Equação de Bernoulli nas aulas de Física do Ensino Médio.

- Avaliar a unidade de ensino de acordo com a aprendizagem dos educandos segundo os momentos pedagógicos da Pedagogia Histórico-Crítica na turma de ensino médio da escola pública de modo à disponibiliza-la para uso dos professores e demais profissionais da educação.

### 3 JUSTIFICATIVA

O trabalho com simuladores e atividades práticas na disciplina de Física do ensino médio pode possibilitar uma aprendizagem efetiva e maior interesse dos educandos na construção do conhecimento, levando em consideração o momento atípico pelo qual estamos passando, faz se ainda mais necessário que o educando seja agente responsável pela construção do conhecimento, realizando atividades que irão potencializar sua capacidade de concentração e transformação do conhecimento, ressignificando sua prática.

De acordo com as DCEs de Física (2008) a experimentação, no ensino de Física, é uma importante metodologia de ensino que contribui para formular e estabelecer relações entre conceitos, proporcionando melhor interação entre professor e estudantes, e isso propicia o desenvolvimento cognitivo e social no ambiente escolar.

Como relata Nanni (2004) as aulas de Física do ensino médio dos dias atuais em sua grande parte prezam pela memorização utilizando somente aulas expositivas, sem utilização do laboratório e não relacionando os conteúdos com o cotidiano dos alunos distanciando ainda mais a relação do professor, aluno e conhecimento científico.

Com isso a aplicação deste produto educacional poderá possibilitar aos educandos um maior aprofundamento dos conceitos da Hidrostática de maneira mais contextualizada com a sua vivência e suas ações na formação do seu conhecimento, podendo modificar comportamentos e passando a utilizar a Física ao seu favor atuando como aliada em suas ações na sociedade, trazendo benefícios, tanto para os educandos como também para a sociedade em que estão inseridos.

Porém para a utilização da Experimentação através de simuladores como também as TICs no ensino de Física temos que tomar muito cuidado para a maneira correta e momento oportuno para sua implementação surtir o efeito planejado, que é o que pretendemos com essa proposta de ensino pautada na teoria Histórico-Crítica. Fazer com que esta contribuição seja norteadora do trabalho do professor para que alcance uma maior parcela dos educandos, aproximando-os do conhecimento científico de maneira atrativa e mais agradável ressignificando sua prática docente.

#### 4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Inicialmente realizamos um levantamento bibliográfico em bases de dados científicos das produções acadêmicas como artigos, teses, dissertações, desenvolvidas nos últimos 10 anos. Dentre as bases de dados pesquisadas, destacamos o banco de teses e dissertações do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) e os periódicos caderno brasileiro de ensino de Física e Revista brasileira de ensino de Física. Para a busca dos trabalhos com essa temática foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Equação de Bernoulli, Fluido Ideal, Equação de Continuidade e Hidrostática.

Na análise das produções científicas, buscamos identificar os diferentes referenciais teórico-metodológicos de ensino empregados e as atividades teórico-práticas desenvolvidas - incluindo o formalismo matemático - com o intuito de compartilhar suas principais características, contribuições e limitações para o ensino desse conteúdo na educação básica.

Após as pesquisas elaboramos o presente material segundo os passos da teoria Histórico-Crítica de Saviani (1944,2011) este reitera que o conhecimento constituído ao longo de sua história da humanidade deve ser difundido. Em consonância com a teoria de Saviani, Gasparin (2003) relata que: “a aprendizagem somente é significativa a partir do momento em que os educandos apropriam-se do objeto do conhecimento em suas múltiplas determinações”.

Esta proposta de ensino será aplicada durante o ano letivo de 2020, em uma escola do NRE de Toledo - PR, com a turma do 2º ano do Ensino Médio, será realizada em 10 aulas de 50 minutos, sendo que cada encontro terá 2 horas/aula de duração.

Ao final no último encontro, após a aplicação do questionário final aos educandos será verificada por meio da comparação das respostas dos questionários inicial e final a avaliação do produto educacional e também verificado possíveis mudanças para posteriormente disponibiliza-lo como uma alternativa de ensino de Hidrostática nas aulas de Física do ensino médio.

## 5 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Este material paradidático foi elaborado com a intenção de aprofundar os conhecimentos sobre hidrostática e hidrodinâmica no Ensino Médio, de modo a demonstrar a importância destes conteúdos para formação plena dos educandos, utilizando atividades diferenciadas para que possa despertar nos educandos uma maior predisposição para aprendizagem pautando-se nos 5 momentos pedagógicos propostos por Saviani (2003) com a teoria Histórico-Críticas e descrita por Gasparin (2003).

Como citado anteriormente esta proposta de ensino foi distribuída em 5 encontros sendo que cada encontro, será composto 2 horas/aula de 50 minutos cada, sendo tempo suficiente para tal desenvolvimento levando em consideração toda logística de teorias e práticas prevista para seu desenvolvimento.

No primeiro encontro, o primeiro momento pedagógico – a prática social inicial - logo após uma conversa sobre o que seria e como seria conduzida essa Proposta Didático-Pedagógica, através da aplicação do “Questionário Inicial”, presente no apêndice elaborado com a intencionalidade de mapear o conhecimento prévio dos educandos sobre o conteúdo e, ao final discutindo as respostas atribuídas as questões.

No segundo encontro, o segundo momento pedagógico – a problematização será lembrada as questões levantadas no questionário inicial apresentando, mediando as dúvidas com base no conhecimento científico, serão apresentados os conceitos iniciais de hidrostática, como unidades de medidas, definição de fluidos e suas particularidades, apresentação de Fluidos Ideais e suas características, equação da continuidade e equação de Bernoulli como também onde estão presentes e suas aplicações a exemplo da aeronáutica, entre outros, comparando-os com acontecimentos do cotidiano.

No terceiro encontro - o terceiro momento Pedagógico – a instrumentalização - para ajudar na compreensão dos conceitos e fenômenos físicos e proporcionar uma aprendizagem dos problemas levantados e da teoria apresentada será realizado os roteiros de preparados para cada situação de forma a conduzir os educandos pelos caminhos da aprendizagem, lembrando que essas trilhas de aprendizagem precisam estar bem adaptadas ao nível de conhecimento dos alunos, com linguagem acessível, clara e objetiva para a formação de conceitos.



No quarto encontro - o quarto momento – a catarse – será iniciado com o experimento realizado via vídeo e realizaremos o levantamento dos conceitos físicos apropriados pelos educandos, ponderando sobre os conteúdos presentes na prática social e realizando questionamentos de maneira a perceber o grau de assimilação dos novos conceitos, percebendo a Física presente nos acontecimentos.

No quinto e último encontro finalizando, o quinto momento pedagógico – a prática social final – será realizada a retomada dos conceitos aplicados de toda teoria associada as práticas realizadas e apresentadas ao final será aplicado o questionário final para avaliar a aplicação do produto educacional, pois neste momento o educando irá responder as ponderações da prática social não se baseando em conhecimentos do senso comum, mas sim de posse do saber adquirido, sistematizado, ou seja, o conhecimento científico apropriado.

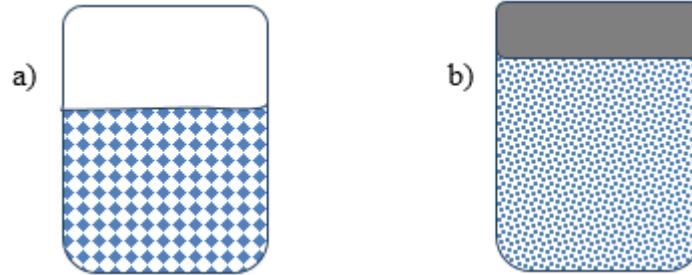
## **6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **6.1 Fundamentação teórica de Física**

#### **6.1.1 Introdução a Fluidos Ideais em Movimento**

De acordo com HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. (2008) Fluidos compreendem a classe de materiais que se apresentam na fase líquida e/ou gasosa, ou seja, todas as substâncias que podem fluir. Os líquidos a exemplo da água, escoam sob a ação da gravidade até preencherem as regiões mais baixas possíveis dos vasos que os contém. Já os fluidos gasosos a exemplo do gás oxigênio se expandem até ocuparem todo o volume do vaso, qualquer que seja a sua forma. As moléculas em um gás não têm restrição de movimento dentro do recipiente que o contém, e podem se deslocar através de toda essa região do espaço. Por outro lado, as moléculas do líquido estão restritas a se movimentar abaixo da sua superfície, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Estrutura do líquido em a) e de um gás em b)



Fonte: Autoria própria (2020)

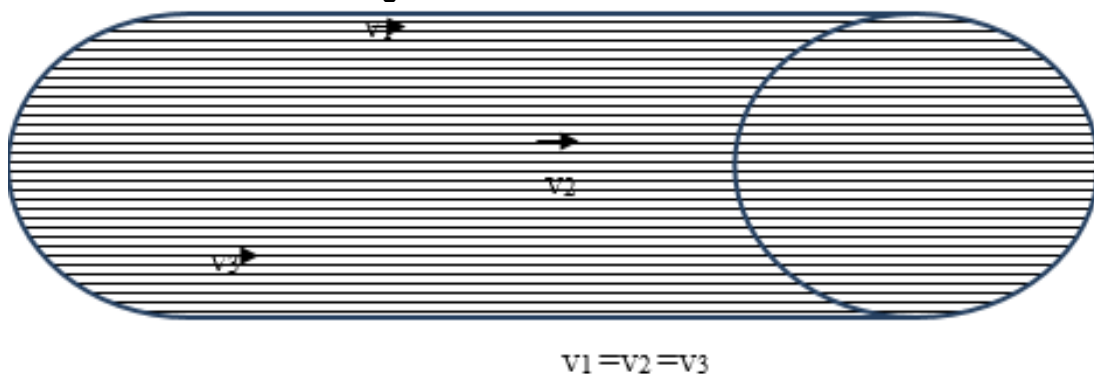
Os fluidos podem ser classificados em dois tipos: fluidos reais e fluidos ideais. No escoamento de fluidos reais, a exemplo da água, mel, gasolina, entre outros, ocorre a dissipação de energia durante o escoamento. Por exemplo, na maioria dos escoamentos haverá interação entre o fluido e a parede do cano, que resultará em perdas energéticas (atrito), que ainda podem ser associadas ao escoamento turbulento, e nestes casos, o equacionamento matemático pode se tornar extremamente complexo e requisitar ferramentas matemática mais avançadas que não são estudadas na Educação Básica. Neste sentido, estudaremos ao longo deste trabalho algumas situações envolvendo o equacionamento dos fluidos ideais, definidos na seção abaixo.

### 2.3.1 Fluidos ideais

Para que um fluido possa ser classificado como ideal, o mesmo precisa necessariamente apresentar simultaneamente as seguintes propriedades:

1. Escoamento laminar: No escoamento laminar, a velocidade do fluido em um ponto qualquer não varia com o tempo, isto é, como não há atrito em todos os pontos a velocidade permanece a mesma, como ilustrado na Figura 2.

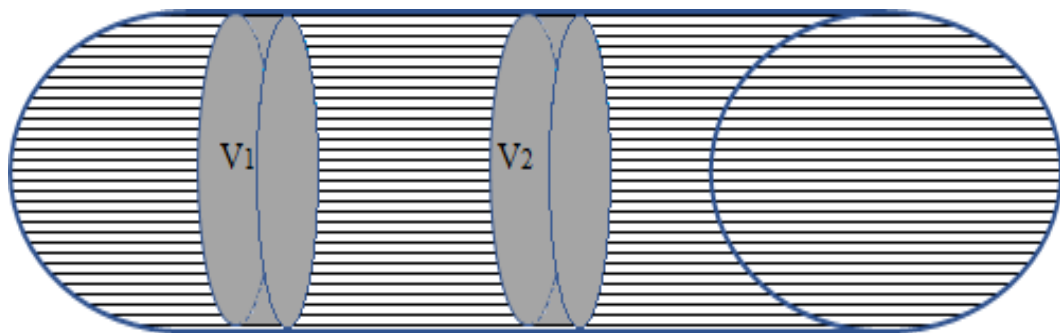
Figura 2 - Escoamento Laminar



Fonte: Autoria própria (2020)

2. Escoamento incompressível: Supomos, como no caso dos fluidos em repouso, que o fluido ideal é incompressível, ou seja, que a massa específica tem um valor uniforme e constante. Essa característica pode ser entendida como a impossibilidade de variar o volume do fluido por meio de uma compressão, o que acontece na maioria dos líquidos, e não ocorre nos gases (fluidos compressíveis). A Figura 3 mostra um cano com um elemento de massa em dois momentos diferentes.

**Figura 3 - Escoamento Incompressível**

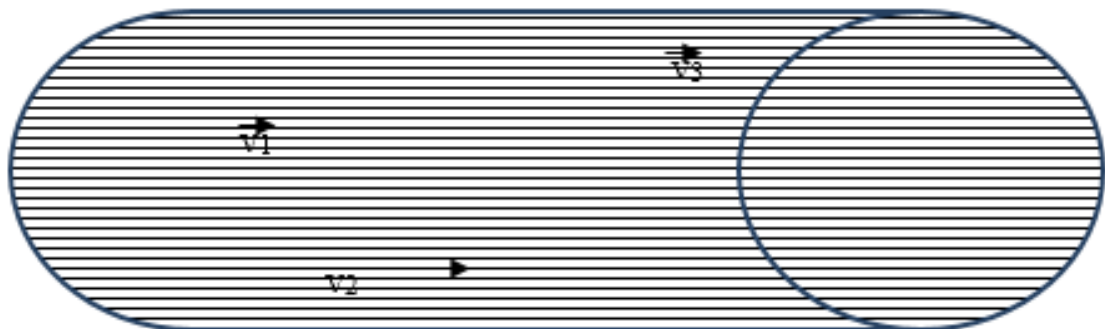


$$V_1 = V_2$$

**Fonte: Autoria própria (2020)**

3. Escoamento não viscoso: A viscosidade de um fluido é uma medida da resistência que o fluido oferece ao escoamento. Um objeto imerso em um fluido não viscoso não experimenta uma força de arrasto viscoso e, se não está sujeito a uma força, se move com velocidade constante no interior do fluido, como mostrado na Figura 4.

**Figura 4 - Escoamento não viscoso**

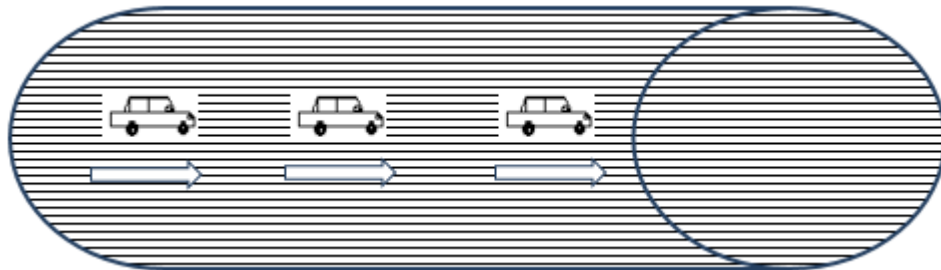


$$v_1 > v_2 > v_3$$

**Fonte: Autoria própria (2020)**

4. Escoamento irrotacional: No escoamento irrotacional, um corpo de prova em suspensão no fluido não gira em torno de um eixo que passa pelo centro de massa, ou seja, não existe a formação de redemoinhos ou turbilhões no fluido durante o escoamento.

**Figura 5 - Escoamento Irrotacional**



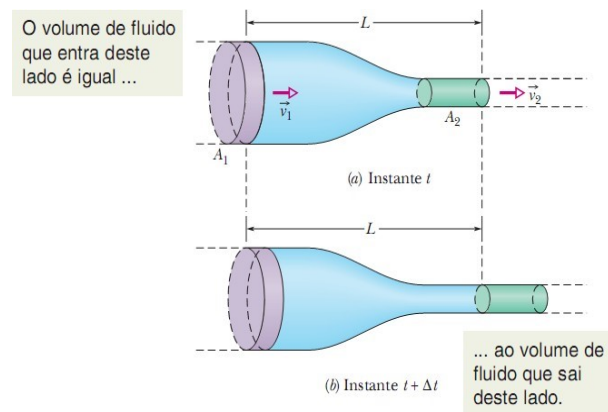
**Fonte: Autoria própria (2020)**

Na sequência apresentamos a equação de continuidade e a equação de Bernoulli, que possibilitam descrever alguns dos fenômenos relacionados ao comportamento dos fluidos ideais.

### 6.1.2 Equação de continuidade

A equação da continuidade possibilita determinar o fluxo ou vazão de um fluido durante o escoamento. Na prática, conhecendo o fluxo ou a vazão de um escoamento constante, sabemos quantos metros cúbicos ( $\Delta V$  [m<sup>3</sup>]) ou quilogramas ( $\Delta m$  [kg]) estão fluindo a cada segundo [s]. Podemos perceber a equação da continuidade quando utilizamos uma mangueira de jardim com a ponta livre para molhar as plantas ou mesmo lavar o carro, utilizamos o dedo polegar para diminuir a área de saída de água para aumentar a velocidade de escoamento da água, a exemplo da Figura 6, em que o fluido de volume  $\Delta V$  percorre o caminho entre as duas áreas distintas  $A_1 > A_2$ , em um intervalo de tempo  $\Delta t$ , tomando o fluido como incompressível percebemos que o volume que entra em  $A_1$  é o mesmo que sai em  $A_2$ , conforme mostra a Figura 6.

**Figura 6 - Conservação do volume em diferentes instantes**



Fonte: HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. (2008, p.71)

De acordo com HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. (2008), um fluido escoava da esquerda para a direita com vazão constante através de um segmento de tubo de comprimento  $L$ . A velocidade do fluido é  $v_1$  do lado esquerdo e  $v_2$  no lado direito.

A área de seção reta é  $A_1$  no lado esquerdo e  $A_2$  no lado direito. Do instante  $t$  em (a) até o instante  $t + \Delta t$  em (b), a quantidade de fluido mostrada em cor violeta entra do lado esquerdo e uma quantidade igual, mostrada em cor verde, sai do lado esquerdo. Sendo assim, considerando um escoamento constante (regime estacionário), temos

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= A_1 \Delta x_1 = A_1 v_1 \Delta t \\ \Delta V_1 &= \Delta V_2 = A_1 v_1 \Delta t = A_2 v_2 \Delta t \\ R_v &= A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{constante} \end{aligned} \quad (1)$$

*(Equação de continuidade)*

Em certas situações, como no caso do leite, o fluido é medido em termos de sua massa, em quilogramas. Para obtermos a vazão mássica que indica quantos kg/s estão fluindo, basta multiplicarmos a vazão volumétrica pela densidade do fluido, conforme segue abaixo.

$$R_m = \rho R_v = \rho A v = \text{constante} \quad (2)$$

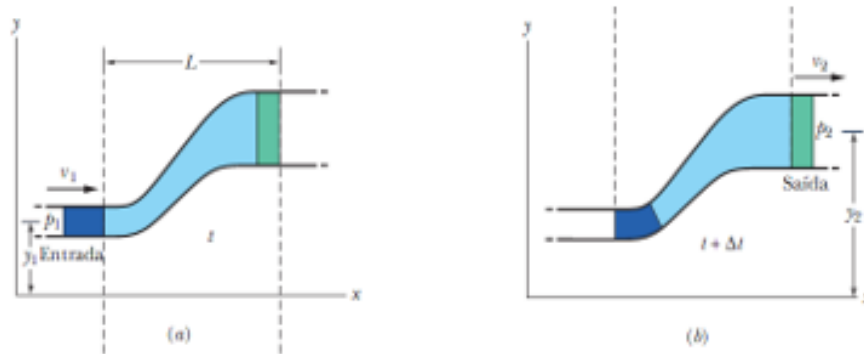
*(vazão mássica)*

Abaixo exemplificamos as ideias ligadas à equação da continuidade por meio de um simulador, no qual podemos variar a área de um cano, monitorar a pressão e a velocidade, além de determinar a vazão volumétrica associada ao escoamento do fluido.

### 6.1.3 Equação de Bernoulli

A equação de Bernoulli é composta por diferentes termos que determinam a pressão em um determinado ponto de escoamento de um fluido ideal. Para tanto, consideremos que um volume  $V_1$  de um fluido ideal que escoa com vazão constante através de um comprimento  $L$  de um tubo, da extremidade de entrada, à esquerda, com velocidade  $v_1$ , na cor azul e no instante  $t$ , está relacionado com o mesmo volume na extremidade de saída, à direita, na cor verde no instante  $t + \Delta t$ , conforme mostra a Figura 7. A relação entre a pressão desses dois pontos do cano (entrada e saída) é dada pela equação de Bernoulli.

Figura 7 - Representação do escoamento de um fluido em dois pontos do cano



Fonte: HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. (2008, p.73)

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{constante} \quad (3)$$

(equação de Bernoulli)

Outra forma de apresentar a equação de Bernoulli consiste em explicitar as variáveis em dois pontos diferentes do cano, conforme segue.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad (4)$$

(equação de Bernoulli)

Abaixo descrevemos o nome de cada uma das variáveis da equação de Bernoulli, bem como suas unidades de medidas no Sistema Internacional de Unidades de Medida – SI.

Quadro 1: variáveis e constantes que compõe a equação de Bernoulli.

Símbolo	Descrição	Unidade de Medida
$P$	Pressão sobre o fluido	Pascal (Pa)
$\rho$	Densidade	$\text{Kg}/\text{m}^3$

$v$	<i>Velocidade</i>	$m/s$
$g$	<i>Aceleração gravitacional</i>	$m/s^2$
$y$	<i>Altura</i>	$M$

Fonte: Autoria própria (2020)

Para entendermos a origem de cada um dos termos da equação de Bernoulli, devemos analisar o trabalho realizado sobre o fluido ao longo do escoamento. Do teorema do trabalho-energia cinética temos:

$$W = \Delta K \quad (5)$$

Onde a variação de energia cinética vale:

$$\Delta k = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2$$

O elemento de massa  $\Delta m$  pode ser reescrito em termos da densidade e do volume, conforme segue:

$$W = \Delta k = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2)$$

Considerando o trabalho realizado pela força gravitacional sobre um elemento de massa  $\Delta m$ , temos:

$$W_g = -\Delta m g (y_2 - y_1)$$

Reescrevendo novamente o elemento de massa  $\Delta m$  em termos da densidade e do volume, temos:

$$W_g = -\rho g \Delta V (y_2 - y_1)$$

Finalizando, o trabalho realizado pela pressão  $P$  sobre o fluido que se desloca um volume  $\Delta V$  pode ser descrito como:

$$\begin{aligned} W_p &= -P_2 \Delta V + P_1 \Delta V \\ W_p &= -(P_2 - P_1) \Delta V \end{aligned}$$

Considerando os termos de trabalhos relacionados a cada uma das forças e o teorema do trabalho-energia cinética, temos:

$$W = W_g + W_p = \Delta k$$

Substituindo cada termos de trabalho:

$$-\rho g \Delta V (y_2 - y_1) - \Delta V (P_2 - P_1) = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2)$$

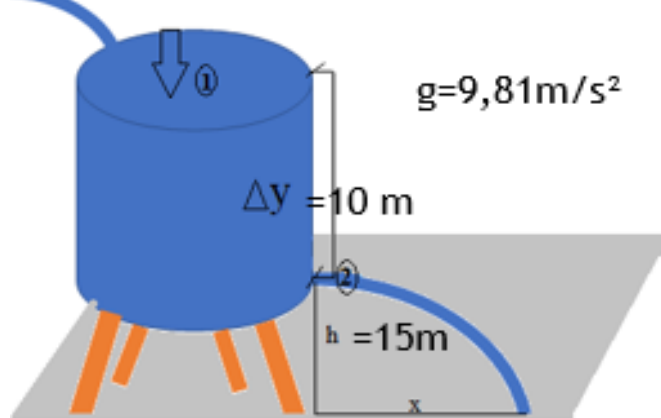
Simplificando os elementos de volume  $\Delta V$  e separando as variáveis com índice 1 das de índice 2 temos:

$$\begin{aligned} -\rho g (y_2 - y_1) - (P_2 - P_1) &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \\ P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 &= P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2 \end{aligned} \quad (6)$$

(equação de Bernoulli)

Para facilitar a compreensão da equação de Bernoulli, podemos aplicá-la na resolução do seguinte problema. Estimar o alcance horizontal do jorro provocado por um furo na base de uma caixa de água ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Representação problema do escoamento de água por um furo em um reservatório



Fonte: Autoria própria (2020)

Aplicando a equação (4) temos:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

Como a diferença de pressão do ponto 1 para o ponto 2 é desprezível podemos removê-las de ambos os termos, e também como o nível de água não se altera pela vazão de entrada coincidir com a vazão de saída  $v_1$  é igual a zero, reescrevendo a equação temos:

$$\frac{\rho v_2^2}{2} = \rho g y_1 - \rho g y_2$$

Multiplicando ambos os lados da equação por 2 temos e dividindo ambos os lados da equação por  $\rho$  temos:

$$v_2^2 = 2g(y_1 - y_2)$$

Extraindo raiz quadrada em ambos os lados da equação temos:

$$v_2 = \sqrt{2g\Delta y} \quad (7)$$

A partir da equação horária da posição, podemos obter o tempo gasto para o jato de água atingir o solo substituindo os dados da Figura 8:

$$y = y_0 + v_y t + \frac{gt^2}{2}$$

$$y - y_0 = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



Encontrado tempo gasto para a água tocar o solo, encontramos também o tempo gasto para o jorro atingir seu alcance máximo, pois o tempo de queda em y será igual ao tempo do alcance em x, logo substituindo t na equação (7) encontraremos  $v_2$ :

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10}$$

$$v_2 = \sqrt{196,2}$$

$$v_2 = 14 \text{ m/s}$$

Finalizando com a equação do lançamento oblíquo encontramos:

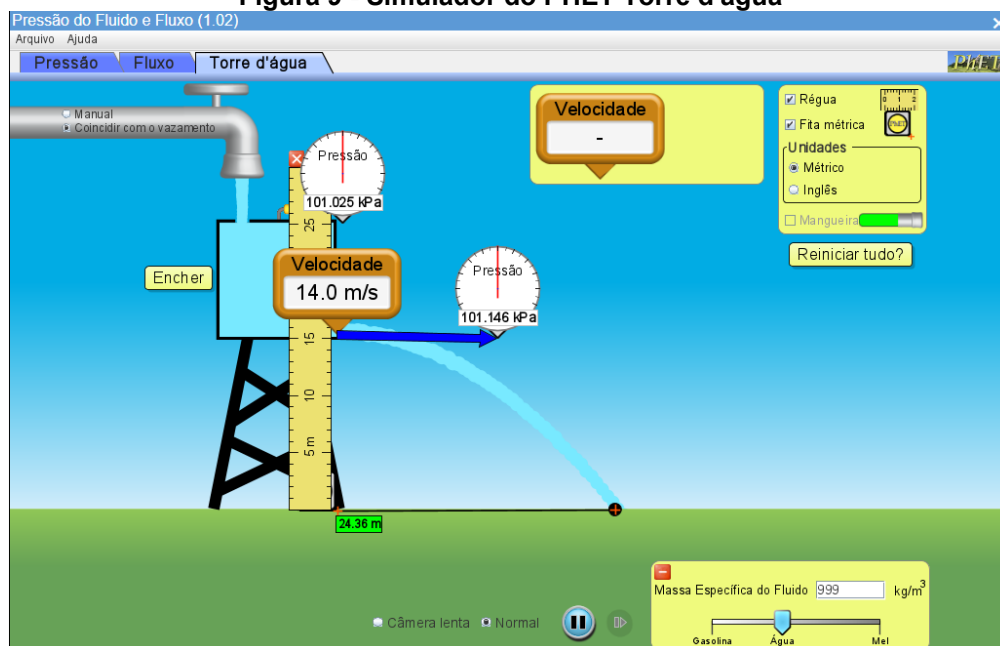
$$x = x_0 + vt \quad (8)$$

Substituindo espaço inicial que é 0 e o tempo de queda encontra que é 1,75s temos:

$$x = 14 \cdot 1,75 = 24,36 \text{ m}$$

Observando o resultado obtido utilizando as equações podemos avaliar esta mesma situação pelo simulador representado na Figura 9.

Figura 9 - Simulador do PHET Torre d'água



Fonte: Imagem do simulador [https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/fluid-pressure-and-flow/latest/fluid-pressure-and-flow.html?simulation=fluid-pressure-and-flow&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/fluid-pressure-and-flow/latest/fluid-pressure-and-flow.html?simulation=fluid-pressure-and-flow&locale=pt_BR)

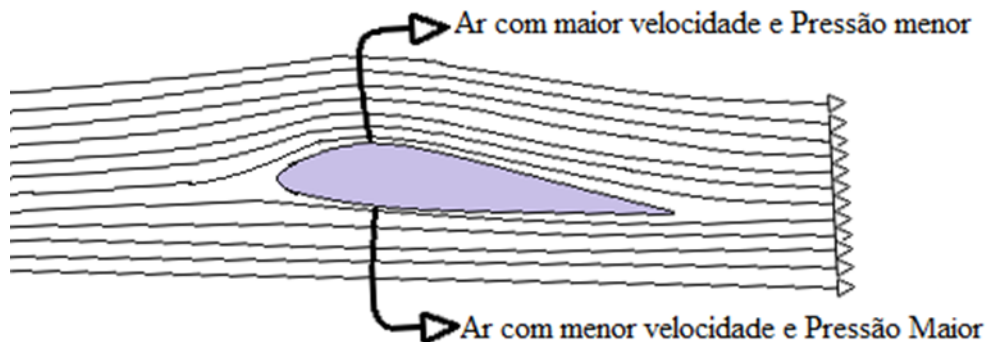
acesso 12 set. 2020.

Na próxima seção apresentaremos diferentes aplicações da equação de Bernoulli, envolvendo situações práticas, como por exemplo, analisando o alcance do jorro de água quando fechamos parcialmente o bico de uma mangueira de jardim, ou na determinação da altura que devemos fazer um furo em uma caixa de água para obtermos o maior alcance possível, a aerodinâmica da asa do avião e o tubo de Pitot para medição da velocidade do avião.

#### 6.1.4 A Asa do Avião

Uma aplicação prática da hidrodinâmica está associada à aviação, onde toda fuselagem do avião é projetada de modo a otimizar as condições de voo do avião. Considerando a Figura 10, que representa um corte na asa de um avião, podemos relacionar algumas leis da Física de modo a compreender melhor sua funcionalidade.

Figura 10 - Representação do escoamento de um fluido em torno da asa de um avião.



Fonte: Aatoria própria (2020)

Analisando a figura acima que representa uma secção da asa de um avião onde podemos perceber que a parte superior da asa é mais curva na parte que a parte inferior, o que torna o caminho que o ar percorre na parte superior maior que o caminho na parte inferior da asa em um mesmo intervalo de tempo. Logo, quando a velocidade aumenta na parte superior, a pressão deve diminuir nessa parte da asa. Já na parte inferior a velocidade do ar quase não mudará, o que resultará em uma pressão maior que na parte superior. Em função da variação de pressão, maior na parte inferior que na superior, é gerada uma força de sustentação orientada verticalmente para cima responsável pelo voo do avião.

Considerando a equação de Bernoulli podemos explicar melhor como ocorre o voo do avião. Para tanto, devemos imaginar que as variáveis 1 estarão associadas com a região abaixo da asa do avião, e as variáveis 2, com a parte de cima da asa do avião. Sendo assim, temos:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

Considerando que a densidade do ar tenha uma variação insignificante com relação à variação de altura de  $y_1$  e  $y_2$  e que essas posições sejam muito próximas, separadas apenas pela espessura de uma asa, podemos assumir que os termos  $\rho g y$  são aproximadamente iguais nos pontos 1 e 2, cancelando-se mutuamente na equação. Dessa forma temos:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Para que essa igualdade seja satisfeita, a pressão  $P_2$ , na parte superior da asa precisa ser menor que  $P_1$ , na parte inferior da asa do avião, pois como enfatizado anteriormente, em função da curvatura da asa, a velocidade das moléculas de ar na região 2 será maior que na região 1. Sendo assim, em função da variação de pressão registrada entre a superfície superior e inferior da asa, uma força de sustentação é verificada, responsável pelo voo do avião.

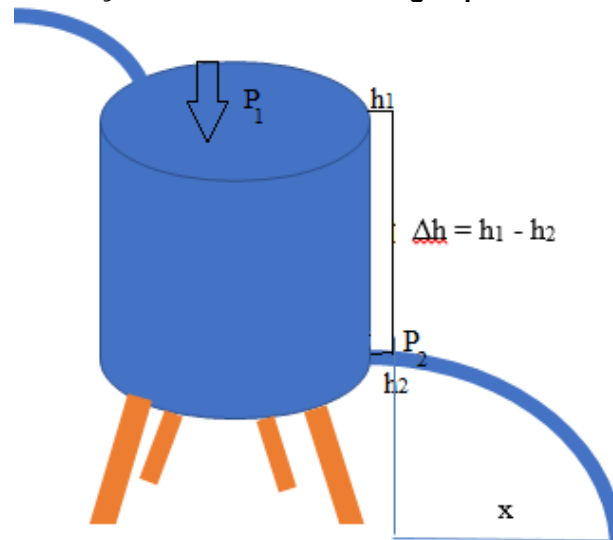
Um fenômeno desagradável - e em certos momentos perigoso - relacionado com o voo do avião é a turbulência. Na maioria das vezes ela consiste em uma trepidação, e, em casos mais intensos em uma queda, que pode preocupar e assustar muito os passageiros. A turbulência normalmente ocorre quando o avião passa por uma região onde o ar apresenta grande variação na sua densidade (normalmente a densidade diminui nessas regiões), como por exemplo, dentro de nuvens de tempestade. Em função da diminuição da densidade do ar, a variação de pressão e por consequência a força de sustentação não são mantidas, gerando a queda do avião, até que ele atinja outra região onde a densidade do ar seja aproximadamente constante, reestabelecendo as condições necessárias para a estabilidade do seu voo.

Na sequência, relacionaremos a situação envolvendo o jorro de uma caixa de água e a equação Bernoulli.

### 6.1.5 O alcance do jorro de uma caixa de água.

Nesta situação, analisaremos uma caixa de água que possui em sua base um furo, efetuado por um disparo de um projétil, conforme Figura 11. Para tanto, iremos considerar que o nível de água do reservatório não varia, de modo que um cano de entrada mantém o nível da constante. O mesmo raciocínio poderia ser tomado caso a área do reservatório for muito maior que a área do furo, o que é verdade.

Figura 11 - Representação do escoamento de água por um furo em um reservatório



Fonte: Autoria própria (2020)

Na Figura 11, consideraremos como variáveis com índice 1, aquelas localizadas no topo da caixa de água, e com índice 2, aquelas localizadas no furo da base. Da equação de Bernoulli temos:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Como  $P_1$  e  $P_2$  são iguais, esses dois termos se cancelam aos pares, pois a pressão atmosférica atua igualmente em 1 e 2. Dessa forma temos:

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Observando que o nível de água não varia na secção do reservatório,  $v_1 = 0$ , e com isso podemos reescrever a equação da seguinte forma:

$$\rho g h_1 - \rho g h_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Lembrando que a água é um fluido incompressível, a densidade é a mesma em qualquer ponto, logo podemos simplificar os termos  $\rho$  da equação:

$$g(h_1 - h_2) = \frac{1}{2}v_2^2$$

$$\frac{1}{2}v_2^2 = g\Delta h$$

$$v_2 = \sqrt{2g\Delta h}$$

onde  $\Delta h$  corresponde ao desnível de água existente entre o topo do reservatório e a saída do jorro de água, ( $\Delta h = h_1 - h_2$ ).

Analisando a equação da velocidade da água ao sair pelo furo da caixa de água, que foi obtida a partir da equação de Bernoulli, podemos notar a semelhança com o resultado obtido no experimento de queda livre, em particular usando a equação de Torricelli. Essa semelhança indica que, em primeira aproximação, nenhuma diferença no módulo da velocidade será verificada entre a situação acima descrita e a queda de uma gota de chuva por uma altura  $\Delta h$ .

Considerando que o jorro de água é horizontal na saída do reservatório, podemos obter o alcance a partir da análise das equações do movimento oblíquo. Para tanto, iremos desmembrar o movimento oblíquo em duas projeções (vertical e horizontal) que possuem o mesmo tempo de duração. Na vertical o tempo pode ser obtido a partir da equação horária do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado, conforme segue:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{gt^2}{2}$$

Tomando como nível do solo  $y_0 = 0$ , conseqüentemente  $y = h_2$ , e considerando a velocidade inicial do jorro sendo horizontal,  $v_{0y} = 0$ , temos:

$$h_2 = \frac{gt^2}{2}$$

logo,

$$t = \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

Avaliando a projeção do movimento ao longo do eixo x (horizontal), verificamos a ausência de aceleração, e portanto, o movimento é definido como uniforme, descrito pela equação abaixo:

$$x = x_0 + v_x t$$

Considerando a base do reservatório como marco inicial do movimento,  $x_0 = 0$ , substituindo a velocidade que a água jorra do furo e o tempo de queda na equação acima, temos:

$$x = \sqrt{2g\Delta h} \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

$$x = 2\sqrt{\Delta h(h_2)}$$

ou

$$x = 2\sqrt{(h_1 - h_2)(h_2)}$$

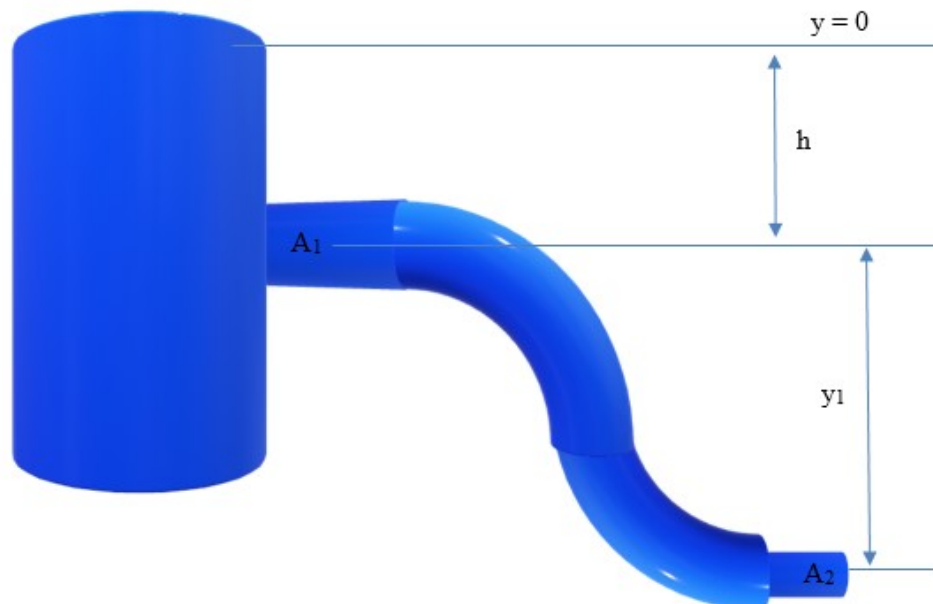
Analisando a equação acima, podemos notar que o alcance,  $x$ , depende dentre outras coisas da escolha do valor  $h_2$ , podendo até ser nulo, caso  $h_2$  seja tomado como 0 ou  $h_1$ .

Mais adiante retornaremos a esta ideia com o objetivo de responder à seguinte questão: Qual altura deve ser feito o furo no reservatório para que o jato de água tenha o maior alcance possível? No entanto, antes, avaliaremos os desdobramentos da equação de Bernoulli e da continuidade em outras situações.

### 6.1.6 escoamento com desnível e variação de velocidade.

Para ilustrar essa situação, podemos imaginar uma caixa de água que alimenta um cano com diâmetro maior, e dele, deriva um ou mais canos mais finos. Este caso segue ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Representação do escoamento de água por canos de diferentes diâmetros



Fonte: Autoria própria (2020)

Analisando a Figura 12, é possível notar que o reservatório de água é drenado por um cano de seção transversal,  $A_1$ , localizado à uma altura,  $y_1$ , que está conectado a outro cano de seção transversal,  $A_2$ , localizado a uma altura,  $y_2$ .

Com o objetivo de determinar a velocidade de escoamento na região 2,  $v_2$ , considerando que o fluido seja ideal e que os canos não apresentem vazamentos, podemos aplicar a equação de continuidade em relação à região 1, descrita abaixo:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{A_2 v_2}{A_1}$$

Aplicando esse resultado à equação de Bernoulli, temos:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g (h + y_1)$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho \left( \frac{A_2 v_2}{A_1} \right)^2 + \rho g h = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g (h + y_1)$$

Como o fluido está em movimento nos canos, a pressão na região 1 será dependente da velocidade de escoamento e neste caso, não temos uma forma alternativa para determiná-la. Já na região 2 a pressão é dependente apenas da condição atmosférica, ou seja  $1,013 \times 10^5$  Pa, conforme segue:

$$P_2 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho \left( \frac{A_2 v_2}{A_1} \right)^2 + \rho g h = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g (h + y_1)$$

Simplificando as densidades, pois se trata do mesmo fluido, e reescrevendo a  $P_1$  em termos da variação de pressão entre 1 e 2, obtemos:

$$\Delta P_1 = P_1 - 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\frac{\Delta P_1}{\rho} + \frac{1}{2} \left( \frac{A_2 v_2}{A_1} \right)^2 + g h = \frac{1}{2} v_2^2 + g (h + y_1)$$

$$\left( \frac{A_2^2}{A_1^2} \right) v_2^2 - v_2^2 = 2g(h + y_1 - h) - \frac{2\Delta P_1}{\rho}$$

Considerando as áreas circulares ( $A = \pi R^2$ ),  $A_1$  e  $A_2$ , de raios  $R_1$  e  $R_2$ , respectivamente:

$$v_2^2 \left( \frac{R_2^4}{R_1^4} - 1 \right) = 2 \left( g y_1 - \frac{\Delta P_1}{\rho} \right)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \left( g y_1 - \frac{\Delta P_1}{\rho} \right)}{\left( \frac{R_2^4}{R_1^4} - 1 \right)}} \quad (9)$$

Analisando a equação da continuidade vemos que quanto menor for a área do cano 2 em relação ao cano 1, maior será a velocidade na região 2. Outra análise interessante ocorre quando  $R_2 < R_1$ . Isso implica que o denominador da equação (9) é negativo e para que a velocidade seja um número real,  $\Delta P_1$  deverá ser positivo, maior que  $\rho g y_1$ . Por outro lado, quando  $R_2 > R_1$ , resulta em  $\Delta P_1 < \rho g y_1$ .

Cabe ressaltar que assim como o exemplo citado acima, sempre que a velocidade em dois pontos diferentes do fluido for a mesma,  $v_1 = v_2$ , (quando  $R_2 = R_1$ ) a equação de Bernoulli não possibilita determinar a velocidade pois as mesmas se cancelam.

### 6.1.7 O tubo de Pitot e a aviação.

No século XVIII o Físico francês Henri Pitot, a partir da equação de Benoulli criou um dispositivo chamado de tubo de Pitot, que permitiu determinar a velocidade de um fluido indiretamente, por meio da medida de pressão. Esse dispositivo foi e continua sendo amplamente utilizado na aviação pois permite aferir a velocidade relativa entre o vento e o avião. Esse dado é de extrema importância pois a velocidade relativa entre o avião e o vento garante o surgimento da força de sustentação necessária para o voo do avião. Instalados em diferentes posições, como mostrado na Figura 13, vários desses dispositivos permitem ao piloto saber quais as velocidades horizontais, verticais entre o vento e o avião, garantindo mais segurança ao voo.

**Figura 13: Vista de diferentes pontos de instalação do tubo de Pitot em aeronaves.**

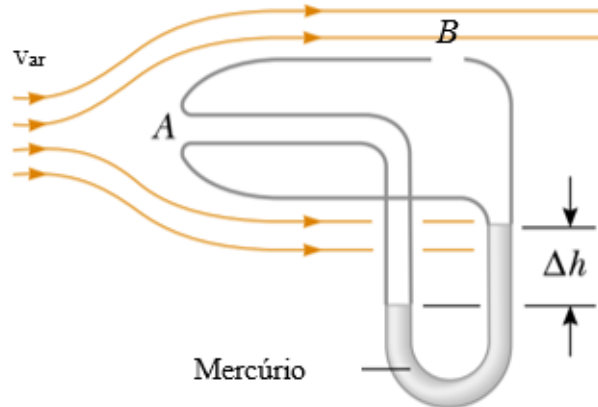


Fonte: <https://hidraulica.tolentino.pro.br/bernoulli-prat.html>, acesso 20 jan. 2021.

O funcionamento do tubo de Pitot consiste em determinar a diferença de pressão entre a uma região onde o ar possui velocidade nula “A” e outra região onde existe uma velocidade relativa entre o ar e o dispositivo “B”, conforme mostra o esquema da Figura 14.



Figura 14: Visão esquemática do tubo de Pitot



Fonte: SERWAY, JEWETT (2016, p.445)

Uma forma de determinar a variação de pressão, que é proporcional a velocidade relativa, ocorre pela variação de altura de uma coluna de líquido na forma de “U”. Partindo da equação de Bernoulli, podemos associar os parâmetros aos pontos “A” e “B” da seguinte forma:

$$P_A + \frac{1}{2}\rho v_A^2 + \rho g h_A = P_B + \frac{1}{2}\rho v_B^2 + \rho g h_B$$

Sabendo que em “A” a velocidade é nula e que a variação de altura entre “A” e “B” é nula, temos:

$$\begin{aligned} P_A &= P_B + \frac{1}{2}\rho v_B^2 \\ P_A - P_B &= \Delta P = \frac{1}{2}\rho v_B^2 \end{aligned} \quad (10)$$

Cabe destacar que a variação de pressão pode ser obtida pela diferença de altura da coluna de líquido, neste exemplo Mercúrio,  $Hg$ , conforme segue:

$$\Delta P = \rho_{Hg} g \Delta h$$

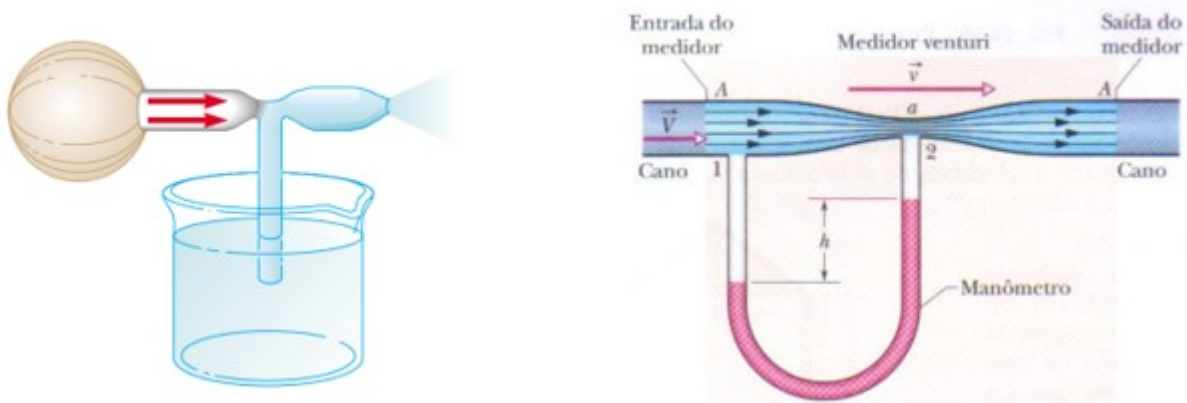
Portanto, pela equação (10), conhecendo a variação de pressão entre “A” e “B” podemos aferir a velocidade relativa entre o dispositivo e o avião.

### 6.1.8 O Efeito Venturi

Um efeito muito conhecido na hidrodinâmica é o Efeito Venturi que consiste na redução da pressão em um fluido quando submetido à passagem por uma restrição. Este efeito é utilizado em uma vasta aplicação de dispositivos, como por exemplo: borrifadores, bicos de pulverização, aspiradores odontológicos, pistolas de pintura,

misturadores, carburadores de motores, dentre outros. Abaixo, na Figura 15, podemos observar uma visão esquemática da aplicação do Efeito Venturi.

**Figura 15 - Aplicação do Efeito Venturi na esquerda, e detalhes do fluxo de fluido à direita**



Fonte: Esquerda: SERWAY, JEWETT (2016, p.445)

Direita: HALLIDAY, WALKER, RESNICK, (2008, p.83)

Uma forma simples de quantificar o fenômeno consiste em monitorar a pressão antes e na contração, por meio de um manômetro que pode ser do tipo “tubo em U”. Partindo da equação de Bernoulli, sabemos que o fluido se desloca em nível, e portanto, temos:

$$\begin{aligned}
 P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 &= P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \\
 P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 &= P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \\
 P_1 - P_2 = \Delta P &= \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)
 \end{aligned} \tag{11}$$

Conhecendo as características do líquido do tubo em U, podemos escrever a variação de pressão em termos da variação de altura da coluna de líquido,  $h$ , conforme segue:

$$\Delta P = \rho_{\text{liq}} g h$$

Combinando a equação (11) com a equação da continuidade podemos simplificar as dependências das velocidades em termos das seções retas de escoamento do fluido:

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

Considerando uma seção reta circular, temos:

$$\begin{aligned}
 v_1 \pi R_1^2 &= v_2 \pi R_2^2 \\
 v_2 &= \frac{v_1 R_1^2}{R_2^2}
 \end{aligned}$$

Substituindo em (11), temos:

$$\rho_{\text{liq}}gh = \frac{1}{2}\rho_{\text{flu}}v_1^2\left(\frac{R_1^4}{R_2^4} - 1\right) \quad (12)$$

Pela equação (12), podemos observar que conhecendo a variação de altura e a densidade do líquido do manômetro, a densidade do fluido que escoar, bem como os raios das seções do tubo, podemos determinar a velocidade de escoamento do fluido no tubo.

## 6.2 Fundamentação teórica de teorias de aprendizagem

A área de ensino de Física no Brasil tem longa tradição. A pesquisa e a pós-graduação em ensino de Física existem há décadas, assim como eventos nacionais da área, gerando muitas pesquisas científicas, recursos instrucionais e contribuindo com a formação de pesquisadores e profissionais altamente especializados. Contudo, nos dias de hoje, o ensino de Física no Brasil está em crise, desatualizado, minimizado e desvalorizado, uma vez que, os professores se veem obrigados a treinar os alunos para as provas, para alcançarem as respostas corretas, ao invés de ensinar Física propriamente dita. Ademais, os conteúdos curriculares costumemente não são aprofundados além da mecânica clássica, sendo geralmente abordados da maneira mais tradicional possível, totalmente centrada no professor, baseada no modelo de narrativa criticado por diversos estudiosos da área, resultando em alunos desmotivados que em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender desenvolvem uma indisposição tão forte que alguns chegam a dizer que “odeiam” a Física.

Conforme Souza (2017), nas últimas décadas o Ensino de Ciências vem tentando acompanhar o ritmo de desenvolvimento da Ciência e da Sociedade e novas propostas surgem como consequência dessa dinâmica. Nesse sentido as contribuições da PHC se tornam importantes, uma vez que esta teoria acredita que o papel da escola é o de socializar o conhecimento filosófico/científico produzido e acumulado historicamente pela humanidade.

Saviani (2008) aponta a necessidade do desenvolvimento de uma educação comprometida com os problemas sociais, argumentando que o papel da escola é o de socializar o conhecimento cultural por meio do ensino aos excluídos socialmente pelo sistema capitalista, contribuindo para a sua superação. A educação, para Saviani (2008), tem responsabilidades para com os frutos do trabalho humano, pois é neste

processo que nossa espécie modifica sua natureza em prol das necessidades e a educação socializará as técnicas, as teorias e os métodos.

Neste contexto, cabe responder qual é exatamente o papel da pedagogia histórico-crítica no ensino de ciências, mas mais especificamente, no ensino de Física? O termo Pedagogia Histórico-Crítica, segundo Santos (2013), foi cunhado por Demerval Saviani em 1978 e refere-se a uma perspectiva pedagógica que surgiu num contexto de busca por saídas teóricas que superassem os limites apresentados pelas teorias crítico-reprodutivistas, assumindo, assim um compromisso explícito com a transformação da sociedade e com a luta socialista.

Duarte e Saviani (2015, p. 9) afirmam, ainda, que “o domínio do conhecimento é uma das armas que a classe dominante emprega para neutralizar as ações potencialmente revolucionárias”. Para esses autores “a luta pela escola pública coincide com a luta pelo socialismo”, assim, quando esta cumpre, de fato, seu papel, tem garantido a socialização dos conhecimentos construídos historicamente pelos homens no processo de produção das condições materiais de vida e que compõe os meios de produção.

A escola é marcada por um espaço de disputada na luta de classes e para Saviani (2008), a escola é política e “marcada pela divisão entre grupos ou classes antagônicas que se relacionam à base da força, a qual se manifesta fundamentalmente nas condições de produção da vida material”.

Historicamente, de acordo ainda com Saviani (2008), a escola foi instrumento de manutenção das classes dominantes que sempre interferiram no interior desta visando a manutenção dos interesses políticos da burguesia. Neste sentido, o que se espera da escola nos dias de hoje, é que esta seja um espaço de reflexão, que seja crítica e transformadora. E que essa transformação aconteça na sala de aula, visto ser a ação pedagógica do professor um poderoso instrumento capaz de levar os estudantes ao verdadeiro conhecimento transformador.

Diante disso, muitos são os questionamentos sobre o papel e a função desempenhados pelas escolas, professores, alunos e cidadãos diante da sociedade. Para Libâneo (2003) a função social da escola é garantir a todos um ensino de qualidade e que sirva aos interesses populares. Para que isso aconteça, isto é, para que os educandos se apropriem dos conteúdos escolares básicos, tendo ressonância na sua vida aplicando-os na construção de sua história enquanto ser humano modificando suas práticas sociais, a escola precisa preparar o aluno para o mundo, à

medida que lhes fornece, por meio da aquisição do conhecimento e da socialização, condições de uma participação organizada e ativa na democratização da sociedade. (LIBÂNEO, 2003, P.30)

Para que isso aconteça, é preciso que haja compreensão, por parte do professor, daquilo que os seus alunos dizem, fazem, bem como é importante que os alunos conheçam, entendam o que o professor lhes diz, uma vez que, é a partir da síntese dos assuntos abordados que ocorre o processo de ensino-aprendizagem. Ou seja, é a partir das suas próprias reflexões, a partir de uma mediação pedagógica intencional e diretiva, que o estudante ressignifica seus conhecimentos de modo claro e objetivo.

De acordo com Santos (2013) a PHC entende a escola como uma instituição determinada socialmente e que a sociedade, fundada no modo de produção capitalista, é dividida em classes com interesses opostos. Nesse sentido, a escola assim como a sociedade, sofre a determinação deste conflito de interesses que a caracteriza. A classe dominante não tem interesse na transformação histórica da escola, pois quer preservar seu domínio. Nessa perspectiva, uma teoria crítica não seja reprodutivista, só poderá ser formulada do ponto de vista do interesse dos dominados. A escola, dessa forma, se assume como um instrumento de luta contra a marginalidade, o que significa engajar-se no esforço para garantir aos trabalhadores um ensino da melhor qualidade possível nas condições históricas atuais.

Nessa perspectiva, qual seria então, o papel do professor e do aluno, na escola da pedagogia histórico-crítica? Ambos, alunos e professores são agentes sociais que se De acordo com Santos (2013) a PHC compreende que a escola é uma instituição determinada socialmente e que a sociedade é fundada no modo de produção capitalista e dividida em classes com interesses opostos. Nesse sentido, a escola, assim como a sociedade, sofre a determinação deste conflito de interesses que a caracteriza. A classe dominante não tem interesse na transformação histórica da escola, pois quer preservar seu domínio. Nessa perspectiva, uma teoria crítica que não seja reprodutivista, só poderá ser formulada do ponto de vista do interesse dos dominados. A escola, dessa forma, se assume como um instrumento de luta contra a marginalidade, o que significa engajar-se no esforço para garantir aos trabalhadores um ensino da melhor qualidade possível nas condições históricas atuais.

Nessa perspectiva, qual seria, então, o papel do professor e do aluno na escola da pedagogia histórico-crítica? Ambos, alunos e professores são agentes sociais que

se diferenciam no ponto de partida do processo educativo em relação ao conhecimento/objeto de ensino. Enquanto professores têm uma compreensão sintética precária, alunos têm uma compreensão sincrética do conteúdo. Nesta perspectiva, não existe a centralidade do professor, como ocorre no ensino tradicional, nem a centralidade do aluno, como na pedagogia nova ou construtivista, mas sim o foco do ensino, centrado no conhecimento, que será eixo da prática que tem professores e alunos como agentes ativos (BATISTA e LIMA, 2012, p. 7).

Segundo Saviani (2015, p. 79), enquanto na pedagogia tradicional os educandos são considerados como indivíduos abstratos e na pedagogia moderna os indivíduos são considerados indivíduos empíricos, lhes sendo atribuída centralidade no processo educativo em função de sua questionável originalidade, criatividade e autonomia, na PHC os alunos são tomados como indivíduos concretos, constituídos por uma multiplicidade de relações e determinações numerosas. Logo, o que é do interesse deste aluno concreto diz respeito às condições em que se encontra. Deste modo, deve ser considerado o contexto vivenciado por este estudante, tanto em termos históricos, quanto em termos sociais. Ressalta, ainda, que é para esse aluno concreto que o professor deverá possibilitar a assimilação dos conhecimentos, já que será por meio do ensino que ocorrerá a promoção do desenvolvimento do indivíduo. Logo, cabe ao professor a clareza do papel da escola enquanto instituição de difusão e produção de conhecimento, bem como do seu próprio papel no planejamento de ações que assegurem aos alunos a assimilação dos conhecimentos ali ensinados, sem os quais o indivíduo será privado de sua participação na sociedade (SAVIANI, 2008, p.40).

É importante lembrar que um professor consciente de seu papel deve ser um estudioso e conhecer os conteúdos a serem ensinados de forma complexa, compreendendo que são estes conhecimentos que, na escola, serão transformados em saberes escolares, que carregam em si todo o processo histórico de sua elaboração e que farão sentido para os alunos à medida que estes o acessem e o compreendam. Desse modo, ao preparar suas aulas o professor deve ter bem claro quais são as suas intencionalidades de ensino, considerando que cada conhecimento é que irá definir a melhor forma de ensiná-lo.

Outrossim, é válido frisar que na PHC os conteúdos não serão entendidos como na escola tradicional: desatualizados, desconectados da prática social, mecânicos, abstratos, fixos. Serão conteúdos objetivos, vivos, reais, dinâmicos,

atualizados, conectados à prática social, mas sem que sejam selecionados considerando-se uma utilização pragmática, imediatista, numa perspectiva utilitarista e simplista.

Sabe-se que o papel da escola é a socialização do saber sistematizado da ciência, pura e simples. Ensinar o conteúdo científico, para Saviani (2008) é promover o cidadão crítico e reflexivo, e para que o aluno aprenda esse conhecimento, de fato, se faz necessário entender que o conteúdo a ser ensinado na escola torna-se uma segunda natureza humana, já que a primeira natureza é aquela que nos é inata, instintiva, já nasce conosco.

Para a PHC o processo de transformação de primeira natureza para segunda é extremamente importante para o processo de ensino-aprendizagem. Sendo esse processo do qual as instituições educativas têm que se ocupar, como forma de superar as desigualdades sociais presentes no ambiente escolar. Assim, de acordo com Santos (2016) a tarefa a que se propõe a PHC em relação aos saberes aprendidos na escola implica em: identificar as formas mais desenvolvidas em que o saber produzido historicamente se expressa, reconhecendo as condições de sua produção e compreendendo as suas principais manifestações, bem como as tendências atuais de transformação; converter esse saber objetivo em saber escolar de modo a torna-lo assimilável pelos alunos no espaço e tempo escolares; e, por último, prover meios necessários para que os alunos não apenas assimilem o saber objetivo enquanto resultado, mas apreendam o processo de sua produção, bem como as tendências de sua transformação (SAVIANI, 2008a, p.09).

É necessário destacar, aqui, que para Saviani o método é explicitado a partir dos fundamentos do materialismo dialético, pois a partir dele, surgem questões tais como o conteúdo, o conhecimento e a ação do professor. Assim, de acordo com Marsiglia (2011), para compreendermos o processo de ensino-aprendizagem, precisamos ter em vista a relação entre vários elementos: conteúdo (o que), alunos (para quem), objetivo (para quê), recursos (como) e determinantes sociais do trabalho educativo.

Para Marsiglia (2011, p.29), no que diz respeito ao conteúdo, é preciso que o professor questione o porquê de ensinar determinado conteúdo. Por que ensinar esse e não aquele conteúdo? O que é essencial e/ou necessário? E mais importante que isso é que a escola viabilize a socialização do conhecimento distinguindo entre o

principal e o secundário, pois essa distinção será decisiva na escolha dos conteúdos a serem desenvolvidos na sala de aula.

Quanto ao “o quê” ensinar? Marsiglia (2011) afirma que é importante que os instrumentos sejam guiados aos objetivos do ensino. Para determinar quem é o aluno ao qual se dirigem as ações, é preciso conhecer os processos de desenvolvimento, identificando qual é a atividade-guia, isto é, qual atividade promoverá o maior desenvolvimento daquela etapa do indivíduo.

Na etapa do “para quê ensinar”, é importante, de acordo como autor, perguntar se o que é ensinado, de fato, humaniza o aluno, no sentido de fazê-lo ascender do empírico ao concreto. E por último, o como ensinar, que, segundo Marsiglia (2011), diz respeito a quais recursos serão utilizados para atingir os objetivos traçados, e se ao ensinarmos algo de uma determinada maneira, o quanto vamos atingir dos objetivos e de que outros métodos o professor pode lançar mão conseguir uma maior aproximação dos objetivos traçados.

Marsiglia (2011) ainda trata dos determinantes de realização do trabalho pedagógico que são justamente os condicionantes que precisamos levar em conta: quem são os alunos, qual é o conteúdo e quais os recursos disponíveis no momento. Deve-se ainda considerar que, um conteúdo empobrecido ou inadequado aos alunos a que se destina terá péssimas implicações para os resultados do processo de ensino e aprendizagem.

A PHC, segundo Saviani (2011), aponta ainda um método pedagógico para a prática escolar organizado em momentos articulados que terão peso e duração de acordo com as situações específicas em que se desenvolve a prática pedagógica. Assim, os momentos defendidos pelo autor são: 1º momento - prática social (inicial); 2º momento – problematização; 3º momento – instrumentalização; 4º momento - catarse; 5º momento - prática social (final).

Esses momentos, de acordo com Saviani (2011) têm a função de estimular a atividade e iniciativa dos alunos sem abrir mão da iniciativa do professor. Também poderão favorecer o diálogo dos alunos entre si e com o professor, mas sem deixar de valorizar o diálogo com a cultura acumulada historicamente; levarão em conta os interesses dos alunos, os ritmos de aprendizagem e o conhecimento. Vejamos cada um deles:

O primeiro momento – a prática social inicial - é comum tanto ao professor quanto ao aluno. Porém, cada sujeito pode se posicionar de modos diferentes, uma



vez que tanto um quanto o outro são agentes sociais com experiências distintas. Dessa forma o primeiro passo implica em partir do saber, do conhecimento que o aluno já possui sobre o conteúdo. O professor precisa ser aquele que instiga que desafia o aluno a aprender. Nesse sentido, de acordo com Gasparin (2003, p.17) o docente precisa ter a sensatez de observar os conhecimentos que os alunos já possuem, para assim conseguir ensiná-los. Do ponto de vista pedagógico, existe uma diferença que para Saviani (2011) não pode ser perdida de vista, uma vez que o professor está de um lado e o aluno de outro. Ambos em níveis diferentes de compreensão da prática social.

O segundo momento – a problematização - consiste em selecionar e discutir os problemas que têm sua origem a partir do primeiro momento, ou seja, da prática social. Os alunos precisam entender que para aprender é preciso se questionar, investigar, refletir, ir ao fundo para encontrar um caminho que possa solucionar as questões que foram levantadas na prática social. Para Gasparin (2003, p.36), as dúvidas surgidas neste momento serão mediadas pelo educador que dará um tratamento mais amplo, possibilitando, assim, que os educandos entendam tais problemas em suas diferentes dimensões e busquem a solução dos mesmos com base no conhecimento científico.

No terceiro momento – a instrumentalização - são desenvolvidas ações didático-pedagógicas que possibilitem aos educandos a apropriação do conhecimento. Aqui os conteúdos selecionados são transmitidos aos estudantes numa perspectiva dialogada, crítica, e totalizadora a partir de diferentes métodos, recursos e estratégias, permitindo a ação tanto do professor quanto dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. É nesta fase que acontece a aprendizagem propriamente dita, isto é, o conhecimento passa do momento empírico ao concreto.

No quarto momento – a catarse - será realizada a determinação do nível de aprendizagem do aluno, isto é, como o estudante irá compreender o conteúdo e a prática social. Desse modo, a síntese de acordo com Gasparin (2003) se faz necessária, pois demonstra o grau de assimilações dos novos conteúdos. Esta pode ser realizada de modo escrito ou oral. É neste momento, de acordo com o autor, que o educando é capaz de situar e entender as questões sociais postas no início e trabalhadas nos demais momentos, o conteúdo em uma nova totalidade social, dando a aprendizagem um novo sentido.

Finalizando, o quinto momento – a prática social final - consiste no que está associado diretamente com a prática social inicial com uma diferença. Na prática inicial, o conhecimento da realidade era baseado no senso comum e agora, nesta fase final, passa a ser orientado, sistematizado, com um caráter científico, capaz de modificar e orientar a ação do educando na sociedade.

Segundo Saviani (2013), é importante entender o caráter dialético da teoria, uma vez que não se trata apenas de uma relação mecânica entre os momentos pedagógicos do método que determinaria que primeiro se realizaria o passo da problematização, depois da instrumentalização e, no momento seguinte, a catarse. Na verdade, esses se intercalam e se interpenetram.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise das obras pesquisadas podemos observar que as abordagens sobre ensino de Hidrodinâmica no ensino médio relatam algumas dificuldades apresentadas pelos educandos na compreensão dos conceitos físicos. Para a superação dessas dificuldades, muitos trabalhos optaram pela utilização da experimentação por meio de simuladores e das TICs, visando provocar a curiosidade nos estudantes, sem deixar de lado os conceitos físicos e o formalismo matemático, pois segundo Galileu Galilei, a matemática é a linguagem da Física.

A partir dos relatos destacados, podemos perceber que a utilização de estratégias de ensino como a experimentação e o uso de TICs no ensino de Física, nos trazem notórios resultados, fazendo com que o sucesso na aprendizagem atinja uma maior parcela dos educandos, com conceitos bem definidos.

Neste contexto, temos que tomar muito cuidado ao aplicar o questionário inicial e também o final para que estes possam representar a real situação de nossos educandos para termos o ponto de partida, deixando bem claro os objetivos do nosso projeto para que os alunos vejam significados. Sendo assim, este trabalho está embasado nos pressupostos teóricos da pedagogia Histórico-Crítica e traz grandes possibilidades de melhorias na aplicação do conteúdo inicial de hidrostática e o conteúdo de hidrodinâmica.

Com o desenvolvimento deste trabalho esperamos fazer com que esta contribuição possa nortear o trabalho de professores e profissionais da educação, de modo a aproximar os educandos do conhecimento científico de maneira atrativa e mais agradável, ressignificando sua prática docente.

## REFERÊNCIAS

CAMARGO, T. L.; CASTANHA A. P., **Os pressupostos teóricos metodológicos da pedagogia histórico-crítica e os desafios da sala de aula: entrevista com Dermeval Saviani**, vol. 11 número 22 Jul./dez. 2016

CHAVES, E. M. **Experimentando a Hidrostática: uma proposta para o ensino de Física, em turmas de Ensino Médio.** / Ednilton Mariano Chaves; orientador Júnior Márcio Rosa Cruz. - Brasília, 2015. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/experimentando-termologia-uma-proposta-para-o-ensino-de-f%C3%ADsica-em-turmas-de-ensino-m%C3%A9dio>. Acesso em: 05 de set. 2020

**DCE SEED-PR, Diretrizes Curriculares da Educação Básica de Física –** Secretaria de Estado da Educação do Paraná, 2008

GASPARIN, J. L. **Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica. 3. ed.** Campinas, SP: Autores Associados, 2002.

Halliday, D.; Resnick, R. & Walker, J. **Fundamentos de Física, Vol 2.** Cap. 18 da 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MOREIRA, M. A., **Uma análise crítica do ensino de física. Ensino de Ciências • Estud. av. 32 (94) • Sep-Dec 2018.** Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>. Acesso em 21 de jul. 2021.

NANNI, R. **A Natureza do Conhecimento Científico e a Experimentação no Ensino de Ciências.** Revista Eletrônica de Ciências, São Carlo, n. 26, maio, 2004.  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_pt_BR.html), acesso em 12 de set. 2020.

ROCHA, F. S., Projeto de um calorímetro de relaxação para ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, 278 p. 278-297, abr. 2017.

ROSA, C. T. W. da, Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 292-305, abr. 2016.

SANTOS, M. P., **A pedagogia histórico-crítica e a formação continuada de professores para as classes multisseriadas em escolas do campo**. Dissertação mestrado profissional em educação do campo. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. UFRB. Amargosa, Bahia, 2016. Disponível em: <https://ufrb.edu.br/ppgeducampo/turma-ii-2014?download=32:magnolia-pereira-dos-santos>. Acesso em: 12 de set 2020.

SANTOS, R. E. O., **Pedagogia histórico-crítica: que pedagogia é essa?** Horizontes, v. 36, n. 2, p. 45-56, mai./ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.24933/horizontes.v36i2.520>. Acesso em: 21 de jul. 2021.

SAVIANI, D., **Pedagogia Histórico-Crítica: primeiras aproximações**. Campinas: Autores Associados, 2003.

SAVIANI, D., **Pedagogia Histórico-Crítica: primeiras aproximações**. Campinas: Autores Associados, 2008.

Saviani, D. **Pedagogia Histórico-Crítica: primeiras aproximações**, 11.ed.rev.— Campinas, SP: Autores Associados, 2011.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W., **Princípios de física**. Cengage Learning, 2016.

SOUZA, B. N., **O Ensino de Ciências para a Pedagogia Histórico-Crítica**. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. s, SC – 3 a 6 de julho de 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2040-1.pdf>. Acesso em: 21 de jul. 2021.