

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARCELO BATISTA MAIA

**O ENSINO DE FLUIDOS E EQUAÇÃO DE BERNOULLI NA EDUCAÇÃO
BÁSICA**

CAMPO MOURÃO

2021

MARCELO BATISTA MAIA

**O ENSINO DE FLUIDOS E EQUAÇÃO DE BERNOULLI NA EDUCAÇÃO
BÁSICA**

The teaching of fluids and Bernoulli equation in basic education

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física no Polo 32 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof^o. Dr. Cesar Vanderlei Deimling
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. 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.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão**



MARCELO BATISTA MAIA

O ENSINO DE FLUIDOS E EQUAÇÃO DE BERNOULLI NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 16 de Dezembro de 2021

Prof Cesar Vanderlei Deimling, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Eriton Rodrigo Botero, Doutorado - Fundação Universidade Federal da Grande Dourados (Ufgd)

Prof Ivan Marcelo Laczkowski, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Natalia Neves Macedo Deimling, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 16/12/2021.

Dedico esse trabalho em especial minha família, amigos e orientadores, que foram os maiores apoiadores e incentivadores para esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, à Deus por nos permitir ter saúde e muita fé e vontade para não desistir pelo caminho.

Ao professor Dr. Cesar Vanderlei Deimling, meu orientador, pela total paciência, sabedoria e dedicação em cumprir um excelente trabalho de orientação, parceria e empatia.

A professora Dra. Natalia Neves Macedo Deimling por toda dedicação e paciência na coorientação, pelo seu trabalho maravilhoso dando sempre apontamentos e sugestões valiosas.

Agradeço a todas as amigas verdadeiras que o mestrado nos proporcionou durante nossa caminhada que nos fizeram mais fortes e tornaram os finais de semana de estudo maravilhosos, em especial minha amiga Luciane Sant'ana Moraes e meu amigo João Alfredo Pereira Neto que além da parceria das viagens a de todos os momentos sem medirem esforços sempre prontos a ajudar.

A minha amada mãe Laudcélia e meu pai Gideão (in memoria), a minha amada esposa Marciele Daiane, que sempre me apoiou, meus amados irmãos Lília e Marcos e demais Familiares e Amigos por sempre me apoiarem, dando muito amor e incentivo. Sem a participação de vocês, tudo isso não seria possível hoje. Amo vocês!

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) de Campo Mourão - PR, que sempre nos orientou e fizeram parte deste crescimento profissional e pessoal, durante nossa caminhada.

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido a mim por meio de bolsa.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Campo Mourão pelas condições proporcionadas para a realização desse curso de mestrado.

E a todos, que contribuíram de forma direta e indireta para minhas pesquisas e para que esse trabalho acontecesse.

“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.”

Albert Einstein

RESUMO

A disciplina de Física no Ensino Médio (EM) vem sendo muitas vezes criticada pelos seus métodos e procedimentos segundo alguns autores. Levando em consideração o estado de calamidade pública devido a pandemia do novo corona-vírus (Sars-Cov-2), em que a partir de relatos encontrados, percebe-se uma dificuldade na comunicação e na participação dos alunos nas atividades remotas. Buscando colaborar para tal avanço, este plano de unidade foi construído a partir da Pedagogia Histórico-Crítica (PHC), perpassando pelos 5 momentos pedagógicos propostos pela teoria e tendo como objetivo desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica (PDP) para o ensino do conteúdo de hidrodinâmica na disciplina de Física do ensino médio, tendo como ponto de partida a compreensão dos alunos sobre a prática social, ressignificando a nossa prática pedagógica, identificando os problemas sociais e como os conteúdos podem solucionar-los ou ajudar a entendê-los melhor. Em virtude do desenvolvimento do ensino no modo remoto, o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) foi imprescindível para possibilitar essa interação. Após o desenvolvimento desta PDP e a realização da análise dos resultados, pudemos perceber avanços consideráveis sobre os conceitos e aplicações da hidrodinâmica na disciplina de Física e no cotidiano.

Palavras-chave: ensino de física; ensino remoto emergencial; hidrodinâmica; movimento de fluidos; educação básica.

ABSTRACT

The discipline of Physics in High School (MS) has been often criticized for its methods and procedures, according to some authors. Taking into account the state of public calamity due to the new coronavirus pandemic (Sars-Cov-2), in which, based on reports found, a difficulty in communication and in the participation of students in remote activities is perceived. Seeking to collaborate for such advancement, this unit plan was built from the Historical-Critical Pedagogy (PHC), passing through the 5 pedagogical moments proposed by the theory and aiming to develop and evaluate a didactic-pedagogical proposal (PDP) for the teaching of hydrodynamics content in the discipline of Physics in high school, having as a starting point the understanding of students about social practice, giving new meaning to our pedagogical practice, identifying social problems and how the contents can solve them or help to understand them better. Due to the development of remote teaching, the use of Digital Information and Communication Technologies (TDICs) was essential to enable this interaction. After the development of this PDP and the analysis of the results, we could see considerable advances in the concepts and applications of hydrodynamics in the discipline of Physics and in everyday life.

Keywords: teaching physics; emergency remote learning; hydrodynamics; fluid movement; basic education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do líquido em a) e de um gás em b)	22
Figura 2 - Escoamento Laminar.....	23
Figura 3 - Escoamento Incompressível.....	23
Figura 4 - Escoamento não viscoso:.....	24
Figura 5 - Escoamento Irrotacional	24
Figura 6 - Conservação do volume em diferentes instantes	25
Figura 7 - Representação do escoamento de um fluido em dois pontos do cano.....	26
Figura 8 - Representação problema do escoamento de água por um furo em um reservatório.....	28
Figura 9 - Simulador do PHET Torre d'água	30
Figura 10 - Representação do escoamento de um fluido em torno da asa de um avião.	31
Figura 11 - Representação do escoamento de água por um furo em um reservatório.	33
Figura 12 - Representação do escoamento de água por canos de diferentes diâmetros	35
Figura 13 - Vista de diferentes pontos de instalação do tubo de Pitot em aeronaves..	37
Figura 14 - Visão esquemática do tubo de Pitot.....	38
Figura 15 - Aplicação do Efeito Venturi na esquerda, e detalhes do fluxo de fluido à direita.....	39
Figura 16 - Caixa de Água	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EM – Ensino Médio

PDP – Proposta Didático-Pedagógica

PHC – Pedagogia Histórico-Crítica

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

LDBEN – Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional

TDICs – Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

Gmeet – Aplicativo da google de sala virtual para reuniões

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Documentos norteadores para o Ensino de Física – hidrodinâmica	13
2.2	O Ensino de Física na perspectiva Histórico-Crítica	13
2.3	Introdução a fluidos ideais em movimento	21
2.3.1	Fluidos ideais	22
2.3.2	Equação de continuidade	24
2.3.3	Equação de Bernoulli	26
2.3.4	A Asa do Avião	30
2.3.5	O alcance do jorro de uma caixa de água	32
2.3.6	Escoamento com desnível e variação de velocidade	35
2.3.7	O tubo de Pitot e a aviação	37
2.3.8	O Efeito Venturi	38
3	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO:	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES:	43
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICE A - Questionário inicial	57
	APÊNDICE B - Questionário final	5
	APÊNDICE C - Produto Educacional	8

1 INTRODUÇÃO

O estado de calamidade pública devido a pandemia do novo coronavírus (Sars-Cov-2) exigiu adaptações em todos os setores da sociedade, incluindo a educação. Uma delas foi o início do ensino remoto, necessário para garantir o distanciamento físico / social entre os estudantes e profissionais da educação, tendo em vista contribuir com o controle do contágio

A princípio todo nosso trabalho estava estruturado de maneira a ser aplicado de forma presencial, porém ao se instaurar o estado de calamidade pública devido a pandemia do novo corona-vírus (Sars-Cov-2) exigiu adaptações em todos os setores da sociedade, incluindo a educação. Uma delas foi o início do ensino remoto, necessário para garantir o distanciamento físico / social entre os estudantes e profissionais da educação, tendo em vista contribuir com o controle do contágio.

Olhando para este momento supracitado, nosso projeto foi pensado uma proposta que se assemelhasse ao Ensino Presencial, ao qual o aluno tem a presença física do professor e que além de toda parte teórica, pode desenvolver práticas e experimentos laboratoriais, agora sendo aplicada de forma remota além de toda parte teórica aplicada, a partir de questionários, explicações, foram produzidos imagens e vídeos por nós, tudo a serem apresentados na sala de aula virtual elaborada via Google Meet, para assim diminuir o distanciamento Professor/Aluno no ensino médio (EM). Não nos esquecendo da parte prática, ou seja, a experimentação que o aluno participa de maneira mais efetiva da construção do conhecimento, talvez parecesse algo distante da realidade do momento, porém com a utilização do laboratório virtual PHET da Universidade de Colorado o que nos permitiu realizar todas as práticas de maneira virtual de forma que os alunos através do manuseio das práticas, poderiam produzir conhecimentos.

Com a chegada abrupta do vírus que se alastrou pelo mundo, exigindo dos professores e instituições educacionais um movimento de formação permanente, precisando se reinventar, mesmo considerando aqueles profissionais que já usavam práticas de ensino a distância, verificaram que não estavam plenamente preparados e não imaginavam que precisariam de mudanças acentuadas, rápidas e emergenciais com o uso de tecnologias e inovações no cenário de ensino e aprendizagem. As práticas de ensino remoto precisaram de uma organização, seleção de recursos, preparação, avaliação e atividades diferenciadas no ensino aprendizagem. A prática

docente é um desafio permanente, exigindo informação e comunicação em relação ao uso das tecnologias, não nos esquecendo que, todas as práticas elencadas não poderiam ser obrigatórias em função das mesmas demandarem uso de tecnologias, o que não era acessível a todos alunos (Liberali *et al*, 2020).

Para a realização do ensino a distância são inúmeros os desafios enfrentados, uma vez que as aulas são ministradas em AVA (Ambientes Virtuais de Aprendizagem). Nesse sentido, as instituições escolares precisam fazer levantamento de equipamentos, condições de acesso à internet dos servidores e dos alunos, oferecer suporte tecnológico ao maior número de alunos, gerenciar e oferecer apoio e subsídios destinados à formação de professores para que ocorra um ensino aprendizagem no ensino à distância.

Segundo Oliveira (2019) o conteúdo de hidrodinâmica no EM, embora tenha suma importância na formação de nossos educandos, este não consta na grade curricular o que desobriga sua aplicação ou é visto de maneira superficial, mesmo porque bibliografias utilizadas não apresentam o tópico em capítulos. Logo nossa proposta prevê a elaboração de uma PDP o qual objetivo é inserção do conteúdo de hidrodinâmica no EM, pois apesar dos alunos se depararem a todo momento em sua vida cotidiana com situações que envolvem conceitos de hidrodinâmica a exemplo do simples gesto de aguar um jardim a situações mais complexas que envolvem o bem estar da vida humana como no caso da circulação sanguínea pelo nosso corpo, mesmo assim segundo bibliografia citada acima que não eram contemplados nos planos didáticos.

Buscando contribuir com o Ensino de Física, realizamos esta PDP a ser disponibilizada aos professores do EM inserindo o conteúdo de hidrodinâmica para aplicar aos alunos do EM de maneira remota, tentado assim amenizar toda dificuldade em despertar a atenção e provocar a curiosidade em aprender dos jovens, como também tem por objetivo chegar até este aluno de uma maneira virtual, ambiente habitado por grande parte de nossos educandos, porém com outro foco.

Entretanto, para o sucesso da implementação da nossa PDP que é inserir o conteúdo de hidrodinâmica no EM de maneira remota, tendo como ponto de partida a ressignificação do conteúdo para o aluno, partindo de necessidades da prática social, percebendo a Física no seu meio, aliando a teoria à prática, elaboramos essa PDP 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.

O desenvolvimento deste trabalho tem o objetivo de elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica sobre o conteúdo de Hidrodinâmica, aplicada na disciplina de Física no Ensino Médio. A justificativa da escolha do tema citado se deu pelo motivo de ser um conteúdo que normalmente não é abordado no ensino médio, e quando abordado, por muitas vezes é tratado de maneira teórica, superficial e sem vínculo com a realidade do educando.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Documentos norteadores para o Ensino de Física – hidrodinâmica

Os livros didáticos de Física do EM, de um modo geral, apresentam a Física como ciência capaz de compreender os fenômenos naturais, importante para formação de todos os indivíduos, porém estes em sua grande maioria apresentam os conceitos de forma quantitativa, com seu foco na resolução de problemas, dando ênfase nos cálculos e rigores matemáticos, deixando de lado a contextualização e as relações com as demais áreas do conhecimento, DCE de Física Brasil (2008).

Moreira (2017) demonstra total preocupação com rumo que está tomando o Ensino de Física no Brasil, apresentando vários fatores que podem ter desencadeado essa desvalorização e banalização da Educação como um todo, a exemplo da falta e/ou despreparo dos professores, a desvalorização dos profissionais, a abordagem dos conteúdos, entre outros problemas como:

A carga horária semanal de Física no Ensino Médio era de seis horas, no antigo científico. Hoje é de duas horas ou menos. E tende a zero se a Física ficar inserida em uma só disciplina de “Ciências da Natureza”. É preciso lutar por mais aulas e pela não inserção da Física nessa “nova disciplina”. As interfaces entre disciplinas são importantes, atividades interdisciplinares ou multidisciplinares também, mas daí a “fundir” disciplinas como Física, Química e Biologia em uma só é um absurdo pedagógico. (MOREIRA, 2017).

2.2 O Ensino de Física na perspectiva Histórico-Crítica

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 científicos

nacionais da área. De acordo com Moreira (2018) diversos recursos instrucionais, projetos, revistas e publicações nessa área confirmam sua existência, consolidação e contribuição para o desenvolvimento científico. 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 que sejam bem avaliados nas provas nacionais, ao invés de ensinar Física propriamente dita. Ademais, os conteúdos curriculares não vão além da mecânica clássica e são 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, a ponto de alguns deles 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.

Mas afinal, cabe responder o que é exatamente a pedagogia histórico-crítica e qual o seu papel 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.

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.

Cabe destacar que há três décadas pesquisadores como Saviani (1991) e Libâneo (2003) dizem que a educação passa por um momento de reflexão, deixa de ser memorização dos conteúdos e passa 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 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.

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.

2.3 Introdução a fluidos ideais em movimento

Ao falarmos de fluidos não poderíamos deixar de citar a ideia de pressão, pois é nela que se tem origem escoamento de fluidos, pressão não ocorre somente em termos de força por unidade de área, embora força seja uma grandeza vetorial em que a direção é perpendicular a área aplicada, pressão é uma grandeza escalar, a exemplo do escoamento de líquidos e gases em que a pressão está em todas as direções do tubo que as contém, iremos aprofundar no decorrer do trabalho na discussão e entendimento da equação de Bernoulli, em que num breve resumo poderíamos descrever sua composição da seguinte forma:

$$P + \rho gy + \frac{\rho v^2}{2} = \text{constante}$$

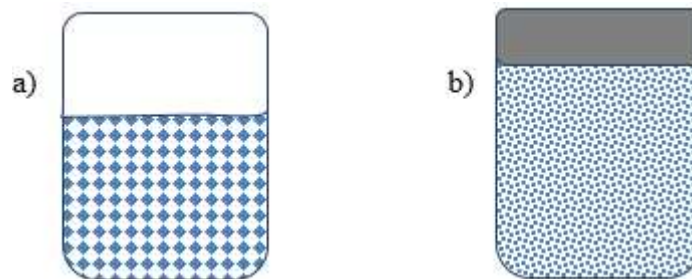
P = pressão (energia potencial por unidade de volume).

ρgy = pressão hidrostática (energia potencial gravitacional por unidade de volume).

$\frac{\rho v^2}{2}$ = pressão dinâmica (energia cinética por unidade de volume).

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, por exemplo se consideramos a mistura de areia, cimento, pedra e água na construção civil refere – se a essa mistura como fluido, pois a mesma irá se comportar como fluido, porém pesando em cada unidade de pedra brita da composição estamos nos referindo a sólidos. 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, o 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)



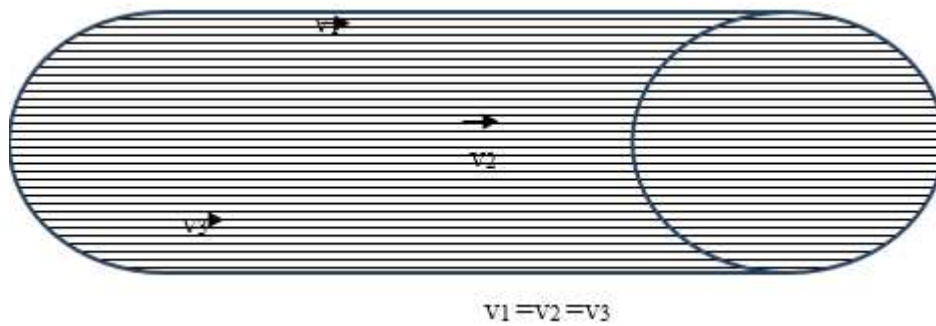
Fonte: Autoria própria (2021)

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

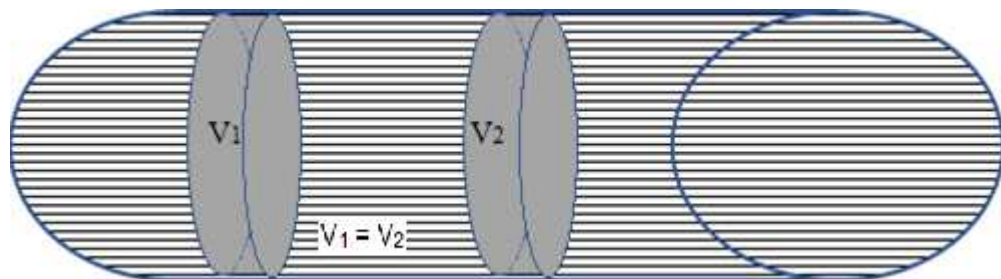
Para que um fluido possa ser classificado como ideal ele precisa apresentar simultaneamente as seguintes propriedades:

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 (2021)

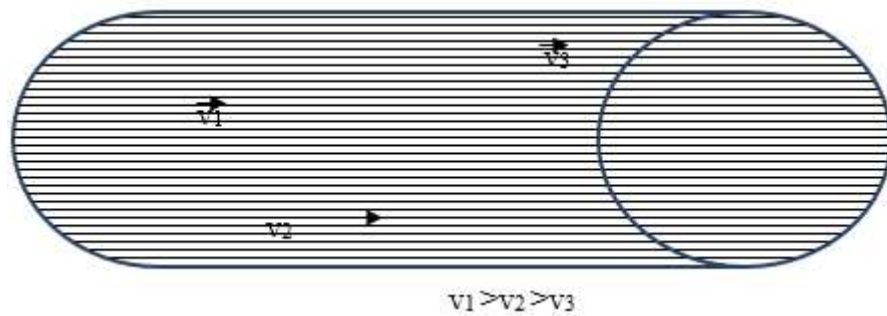
2. Escoamento incompressível: Supomos, como no caso dos fluidos em repouso, que o fluido ideal é incompressível, ou seja, que a massa específica tem um valor uniforme e constante. Essa característica pode ser entendida como a impossibilidade de variar o volume do fluido por meio de uma compressão, o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

Figura 3 - Escoamento Incompressível

Fonte: Autoria própria (2021)

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.

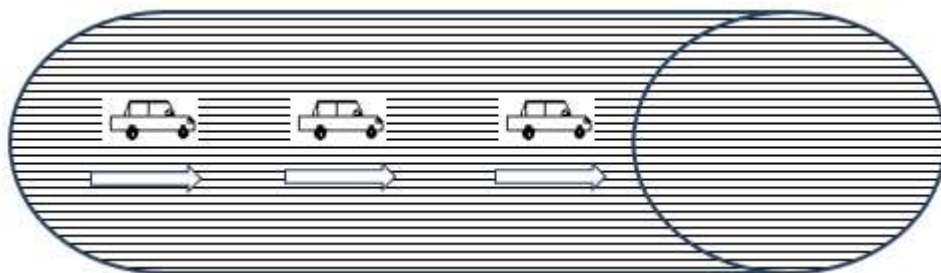
Figura 4 - Escoamento não viscoso:



Fonte: Autoria própria (2021)

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 (2021)

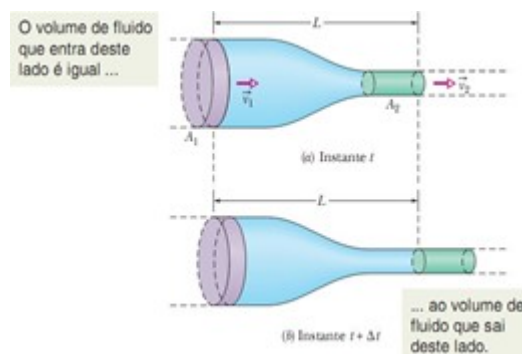
Na sequência apresentamos a equação de continuidade e a equação de Bernoulli, que possibilitam descrever alguns dos fenômenos relacionados ao comportamento dos fluidos ideais.

2.3.2 Equação de continuidade

A equação da continuidade possibilita determinar o fluxo ou vazão de um fluido durante o escoamento, logo se pensarmos em nosso contexto prático, conhecendo o fluxo ou a vazão de um escoamento constante, sabemos quantos metros cúbicos (ΔV [m^3]) ou quilogramas (Δm [kg]) estão fluindo a cada segundo [s]. Podemos perceber

os efeitos descritos pela equação da continuidade quando utilizamos uma mangueira de jardim com a ponta livre para molhar as plantas ou mesmo lavar o carro, e então, utilizamos o dedo polegar para diminuir a área de saída de água para aumentar a velocidade de escoamento da água. Essa situação é ilustrada na Figura 6, onde o fluido de volume ΔV percorre o caminho entre as duas áreas distintas $A_1 > A_2$, em um intervalo de tempo Δt . 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. 73)

Um fluido esco 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

$$\begin{aligned}\Delta V_1 &= A_1 \Delta x_1 = A_1 v_1 \Delta t \\ \Delta V_1 &= \Delta V_2 = A_1 v_1 \Delta t = A_2 v_2 \Delta t\end{aligned}$$

$$R_v = A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{constante} \quad (1)$$

(Equação de continuidade)

Podemos notar com base na equação 1, que o produto da área pela velocidade permanece constante ao longo do tempo, e sendo assim, se a área diminui em alguma região do cano, por consequência, a velocidade nessa região precisa aumentar. 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.

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

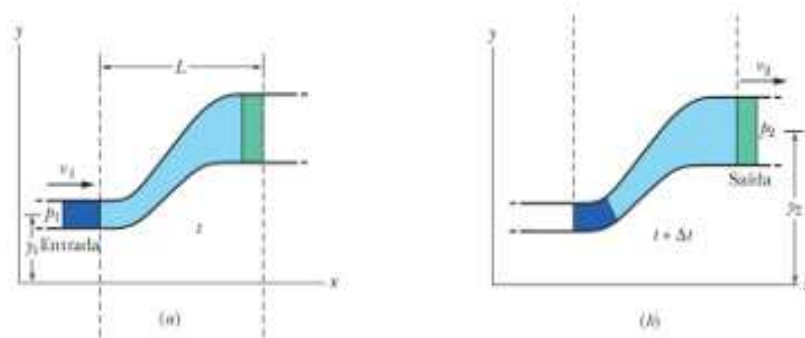
(vazão mássica)

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.

2.3.3 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 escoar 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. 75)

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

(equação de Bernoulli)

Outra forma de apresentar a equação de Bernoulli consiste em explicitar as variáveis em dois pontos diferentes do cano, como por exemplo, na entrada e na saída 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)
ρ	Densidade	kg/m ³
v	Velocidade	m/s
g	Aceleração gravitacional	m/s ²
y	Altura	m

Fonte: Autoria própria (2021)

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 Δm 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 Δm , temos:

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

Reescrevendo novamente o elemento de massa Δm 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 ΔV pode ser descrito como:

$$W_p = -P_2\Delta V + P_1\Delta V$$

$$W_p = -(P_2 - P_1)\Delta V$$

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 ΔV e separando as variáveis com índice 1 daquelas com índice 2 temos:

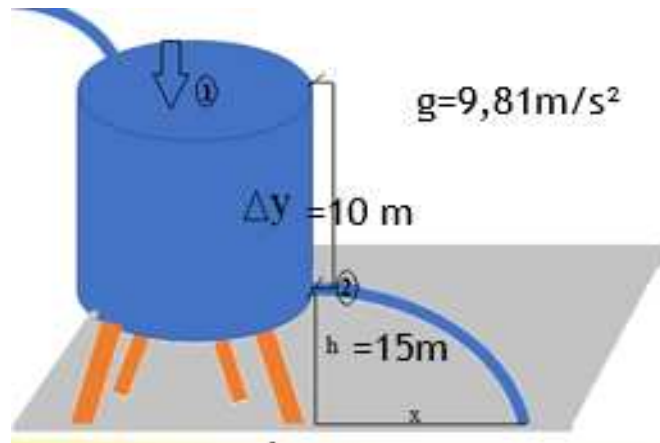
$$-\rho g(y_2 - y_1) - (P_2 - P_1) = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$$

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

(equação de Bernoulli)

Para facilitar a compreensão da equação de Bernoulli, podemos aplica-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 (2021)

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 termos, e, 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 ρ 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:

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

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

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

$$t = \sqrt{\frac{30}{9,81}}$$

$$t = \sqrt{\frac{30}{9,81}}$$

$$t = 1,75s$$

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 :

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

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

$$v_2 = 14m/s$$

Finalizando com a equação do lançamento oblíquo encontramos:

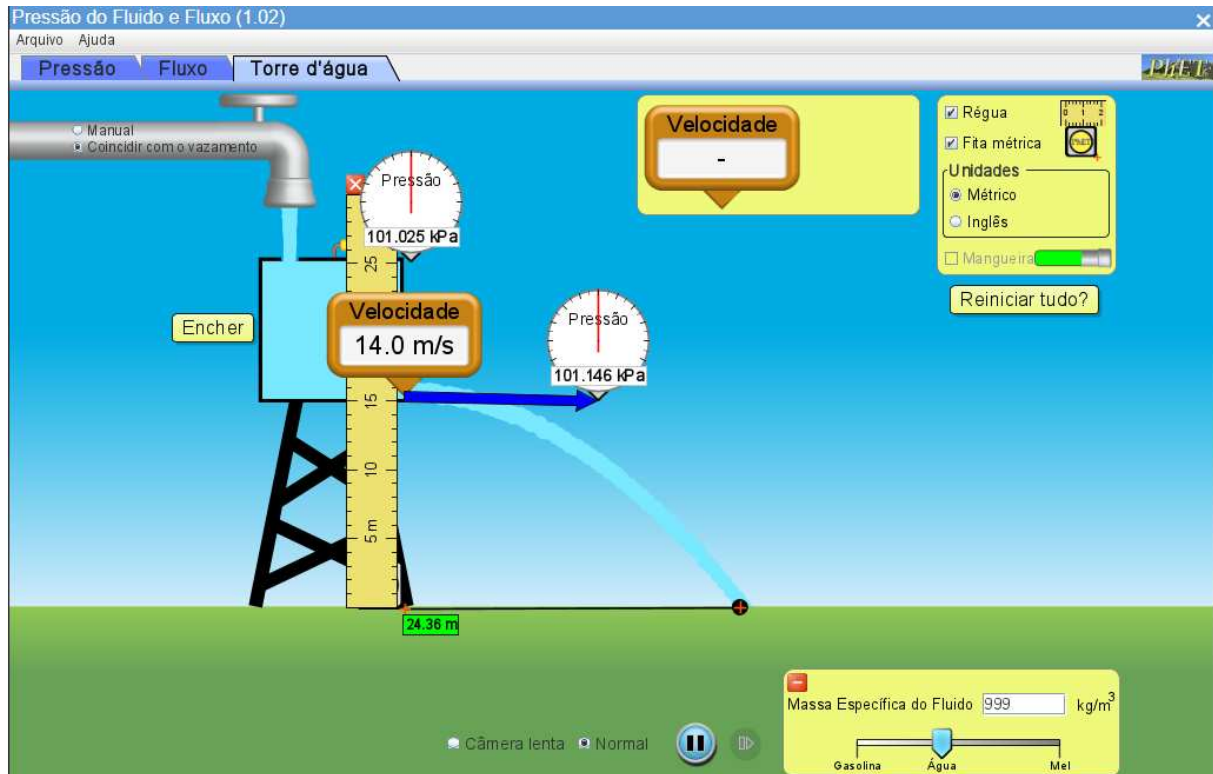
$$x = x_0 + vt \quad (8)$$

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

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

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



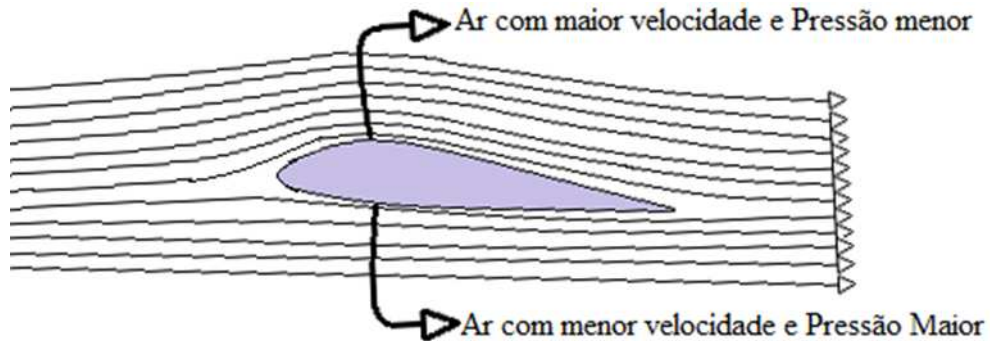
Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/fluid-pressure-and-flow/latest/fluid-pressure-and-flow.html?simulation=fluid-pressure-and-flow&locale=pt_BR , acesso em 20/01/2021

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.

2.3.4 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: Autoria própria (2021)

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 aumenta o caminho que o ar percorre na parte superior em relação ao caminho na parte inferior da asa. Considerando que uma pequena porção de ar leva o mesmo tempo para percorrer a parte superior em relação à parte inferior, podemos associar que a velocidade do ar é maior na parte superior em relação à inferior. Como a pressão do ar depende da velocidade dele, quanto maior a velocidade, menor a pressão. Sendo assim, a pressão na parte superior da asa será menor que na parte inferior. 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 do 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.

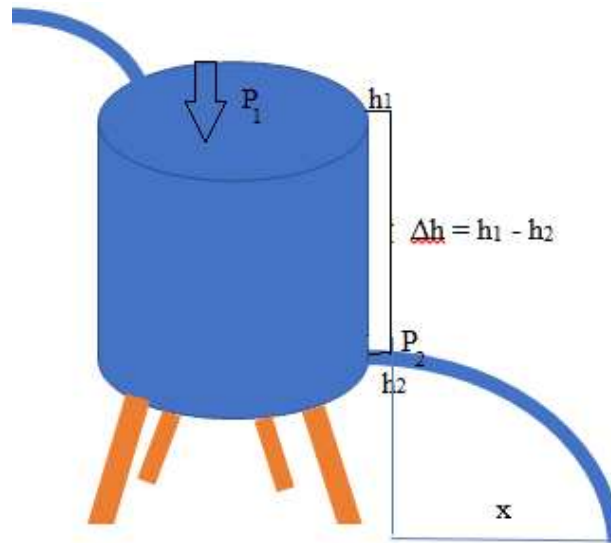
Um fenômeno desagradável - e em certos momentos perigoso - relacionado com o voo do avião é a turbulência. Na maioria das vezes ela consiste em uma trepidação, e, em casos mais intensos, resulta em uma “queda” de alguns metros, que pode preocupar e assustar muito os passageiros. A turbulência normalmente 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.

2.3.5 O alcance do jorro de uma caixa de água.

Nesta situação, analisaremos uma caixa de água que possui um furo em sua lateral, 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 (2021)

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 lateral. 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 ρ da equação:

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

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

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

onde Δh 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 notado entre a situação acima descrita e a queda de uma gota de chuva por uma variação de altura Δh .

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

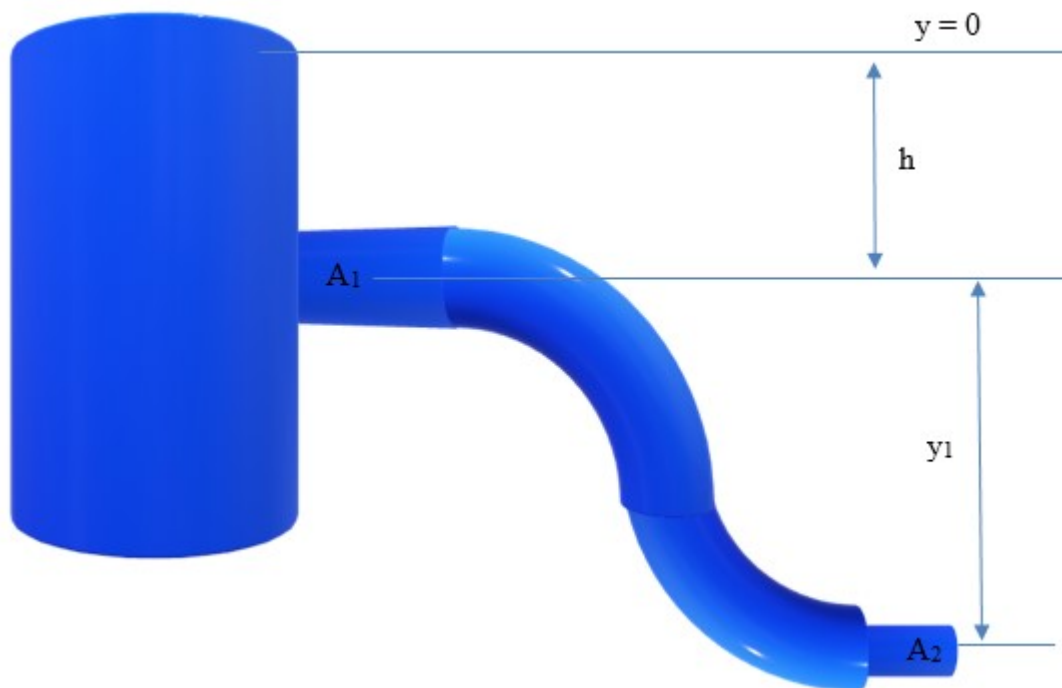
$$x = 2\sqrt{(h_1 - h_2)(h_2)}$$

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 .

2.3.6 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 (2021)

Analisando a Figura 10, 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:

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

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho\left(\frac{A_2v_2}{A_1}\right)^2 + \rho gh = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g(h + y_1)$$

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:

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

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho\left(\frac{A_2v_2}{A_1}\right)^2 + \rho gh = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g(h + y_1)$$

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:

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

$$\frac{\Delta P_1}{\rho} + \frac{1}{2}\left(\frac{A_2v_2}{A_1}\right)^2 + gh = \frac{1}{2}v_2^2 + g(h + y_1)$$

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

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

$$v_2^2 \left(\frac{R_2^4}{R_1^4} - 1 \right) = 2 \left(gy_1 - \frac{\Delta P_1}{\rho} \right)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \left(gy_1 - \frac{\Delta P_1}{\rho} \right)}{\left(\frac{R_2^4}{R_1^4} - 1 \right)}} \quad (9)$$

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, ΔP_1 será positivo, maior que ρgy_1 . Por outro lado, quando $R_2 > R_1$, resulta em $\Delta P_1 < \rho gy_1$.

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.

2.3.7 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.

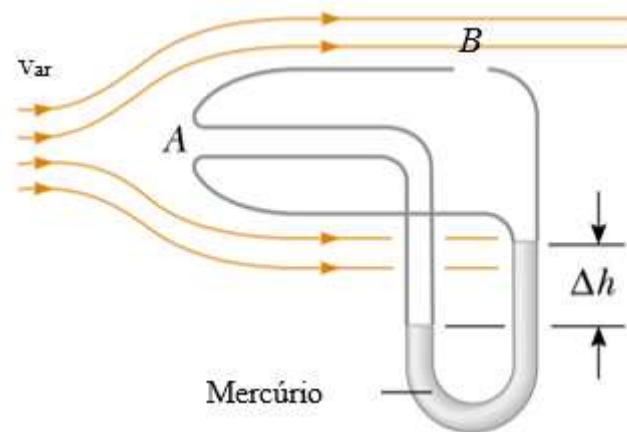
Figura 13 - Vista de diferentes pontos de instalação do tubo de Pitot em aeronaves.



Fonte: <https://hidraulica.tolentino.pro.br/bernoulli-prat.html>, acesso em 20/01/2021.

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 de maneira indireta pela diferença de altura da coluna de um líquido, Δh - normalmente Mercúrio, Hg - conforme segue:

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

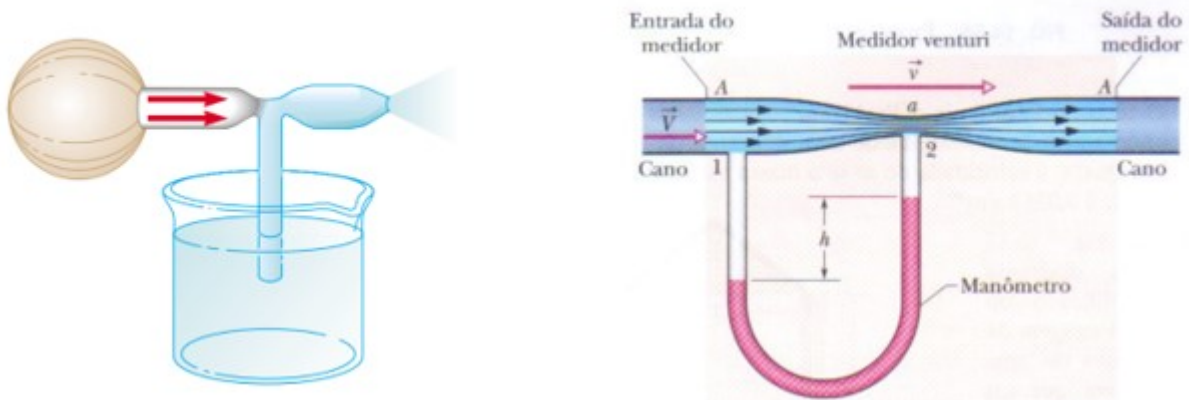
Portanto, pela equação (10), conhecendo a variação de pressão entre “A” e “B” podemos aferir a velocidade relativa entre o ar e o avião.

2.3.8 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 constricção. 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 13, 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: SERWAY, JEWETT (2016, p.444)

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

Uma forma simples de quantificar este 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:

$$\Delta P = \rho_{\text{líq}} g h$$

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:

$$v_1 \pi R_1^2 = v_2 \pi R_2^2$$

$$v_2 = \frac{v_1 R_1^2}{R_2^2}$$

Substituindo em (11), temos:

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

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.

3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO:

Este trabalho foi produzido baseando-se nos princípios da pesquisa qualitativa. Uma pesquisa qualitativa estuda os aspectos subjetivos das relações humanas, ou seja, aborda dados que não podem ser quantificados estatisticamente. Nossa pesquisa avalia o contexto em nossos educandos estão inseridos, e a característica da comunidade ao qual estes fazem parte.

Neste sentido, TAQUETTE e BORGES (2021) afirmam que,

As Ciências Sociais, surgida no século XIX estudam questões de natureza subjetiva que são diferentes das pesquisadas pelas ciências naturais. Para isso, por vezes exigem um método diferente, que não procura uma explicação ou uma razão para o problema, mas a sua compreensão. Não é equacionado em números, e é denominado de método qualitativo. Por não se traduzir numericamente, os dados resultantes de investigações qualitativas não podem ser comprovados por meio de testes estatísticos e, por isso, muitas vezes são contestados quanto à sua confiabilidade. É necessário um novo olhar, teórico e conceitual e metodológico sobre o objeto da prática social, visto que dados produzidos por métodos quantitativos não são capazes de levar à compreensão em profundidade dos problemas que envolvem os seres humanos em sociedade. (TAQUETTE e BORGES 2021, p. 206)

Esta pesquisa foi realizada no ano letivo de 2020 nos meses de agosto setembro, outubro e novembro. Foram levantados os dados de um grupo de 20 alunos do 3º Ano do Ensino Médio do período matutino de uma instituição da rede pública de Ensino, do Município de São Pedro do Iguaçu, que está localizado na região oeste do Estado do Paraná. Esta instituição atende uma turma de cada das séries iniciais do Ensino Fundamental e uma turma de cada do Ensino Médio, sendo que o EM é ofertado no período matutino e o Ensino Fundamental no período vespertino.

Devida pandemia Corona Vírus (Sars-Cov-2) toda aplicação desta proposta pedagógica de ensino se deu de maneira remota, obedecendo as determinações dos decretos vigentes com aula síncronas e assíncronas em que as aulas eram ministradas transmissão em tempo real pelo plataforma Gmeet e também com apresentação de vídeos, imagens e textos, enquanto os experimentos foram realizados através da plataforma PHET-Colorado e vídeos produzidos por nós, utilizando também diálogos em uma roda de conversa pelo aplicativo Gmeet que esclareçam as dúvidas dos alunos.

Nossa proposta didático-pedagógica foi elaborada segundo os 5 momentos pedagógicos da PHC propostos por Saviani (2008) e discutidos por Gasparin (2009) sendo eles: Prática Social Inicial, Problematização, Instrumentalização, Catarse

Prática Social Final. A intervenção foi distribuída em 5 encontros e cada encontro teve 2 horas/aula de 50 minutos cada, ao qual inserimos um momento pedagógico a cada encontro. Esse foi o tempo suficiente para tal desenvolvimento levando em consideração toda a necessidade de conteúdos teóricos e práticos previstos 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, foi aplicado o “Questionário Inicial”.

No segundo encontro, no segundo momento pedagógico foram lembradas as questões levantadas no questionário inicial apresentando, mediando as dúvidas com base no conhecimento científico, apresentando os conceitos físicos comparando-os com acontecimentos do cotidiano. No terceiro encontro foram apresentados os roteiros e as ferramentas de aprendizagem a serem utilizados para formação dos conceitos científicos. Nesses encontros foram desenvolvidas a problematização e a instrumentalização.

No quarto encontro - o quarto momento, a catarse – foi realizado o experimento realizado via vídeo e realizaremos o levantamento dos conceitos físicos apropriados pelos educandos, avaliando o grau de assimilação dos novos conceitos, percebendo a Física presente nos acontecimentos.

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

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Segundo Lavoura (2018) e Lavoura e Martins (2017), na tentativa de aplicar os cinco momentos da Pedagogia Histórico-Crítica de forma mecanicamente organizada, destituem-se os fundamentos da teoria onde o professor utiliza a teoria sem o devido conhecimento numa abordagem superficial. Por esse motivo, ainda que nosso relato de experiência descreva a intervenção a partir dos cinco momentos pedagógicos, eles não ocorreram de maneira estanque e fixa, mas articulada e dialética.

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado em uma turma de terceiro ano do ensino médio, pois os mesmos já haviam tido contato com os conteúdos de hidrostática, apresentando os pré-requisitos necessários para aplicação do trabalho. Cabe ressaltar que todas as interações deste trabalho aconteceram de maneira remota em virtude do momento de Pandemia enfrentado, buscando motivar os educandos por meio de diferentes recursos, trabalhando experimentos disponíveis na plataforma PHET-Colorado e através de imagens e vídeos produzidos por nós, utilizando também diálogos em uma roda de conversa pelo aplicativo Gmeet que esclareçam as dúvidas dos alunos.

De acordo com Gasparin (2012) a prática social inicial é o momento de contextualização dos conteúdos em que o professor, observando o que ocorre no cotidiano dos educandos, planeja os tópicos a serem trabalhados mais adequados a realidade dos alunos.

Na primeira aula realizamos a apresentação da pesquisa-intervenção explicando seus objetivos e, a partir da anuência de todos, iniciamos uma conversa sobre os conteúdos relevantes ao desenvolvimento deste trabalho de modo a ativar os conhecimentos prévios dos alunos relevantes ao tema Hidrodinâmica. Após esta discussão inicial, projetamos na tela um questionário com questões abertas, denominado aqui de questionário inicial, a fim de que pudéssemos identificar com mais clareza os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema. As questões foram apresentadas uma a uma, tendo sido disponibilizado um tempo para que todos as respondessem em seus cadernos. Após a sinalização de término da resposta de cada questão, os estudantes encaminharam as fotos das respostas para registro. Em

seguida, foi solicitado que os estudantes apresentassem oralmente suas respostas, a fim de que fosse possível estabelecer um novo debate e socialização dos conhecimentos com entre a turma.

Neste momento da aula iniciamos a primeira questão do questionário inicial “Ao fecharmos parcialmente com o dedo a ponta da mangueira de jardim, porque o jato de água tem um maior alcance?” Em uma condição ideal, esperaríamos que os educandos percebessem que a mesma água que sai da secção maior que é a torneira terá que passar por uma secção menor quando se fecha parcialmente a ponta da mangueira o que só se torna possível com o aumento da velocidade da água, verificando a equação da continuidade e levando o jorro da água ter um maior alcance. Após apresentarmos a questão verificamos que todos os alunos foram unânimes em dizer que quando se fecha parcialmente a ponta da mangueira a pressão aumenta, o que faz com que a água tenha um maior alcance. Alguns deles citaram que, além da pressão, a velocidade com que da água sai da mangueira também aumenta, tendo assim um maior alcance. Neste sentido, foi esperada a presença de grandezas físicas como a pressão nas respostas, pois ela é muito utilizada no contexto da hidrostática, que já havia sido tratada com os estudantes, permitindo dessa forma a elaboração de um raciocínio que colabora com a interpretação do fenômeno.

Na sequência, colocamos a segunda questão: “Explique usando conceitos da Física por que o avião voa”. Esperava-se que os alunos citassem a aerodinâmica do avião na sua totalidade a exemplo do formato da asa que após iniciar o movimento através da propulsão das turbinas faz com que a força de sustentação seja maior que a força peso, fazendo o avião levantar vôo. Com exceção de dois alunos que citaram que o avião voa pela “força” das turbinas que impulsionam o avião e que a aerodinâmica das asas faz com que o avião levante voo aumentando sua velocidade, os demais apenas citaram que o mesmo voa pela “força dos motores” e não citaram nenhum conceito da Física relevante para essa interpretação.

A terceira questão trouxe um problema aos estudantes: “Entre 31 de maio e 1º de junho de 2009, um avião que saía do Rio de Janeiro com destino a Paris caiu no Oceano Atlântico com 228 pessoas à bordo. Uma das possíveis explicações para este evento fatal seria a formação de gelo nos dispositivos obrigatórios conhecidos como tubo de pitot. Seu funcionamento está baseado nos conceitos de hidrodinâmica. Explique o funcionamento deste dispositivo e quais variáveis devem ser observadas no processo”. Esperava-se que a resposta dos alunos fosse que o tubo de pitot

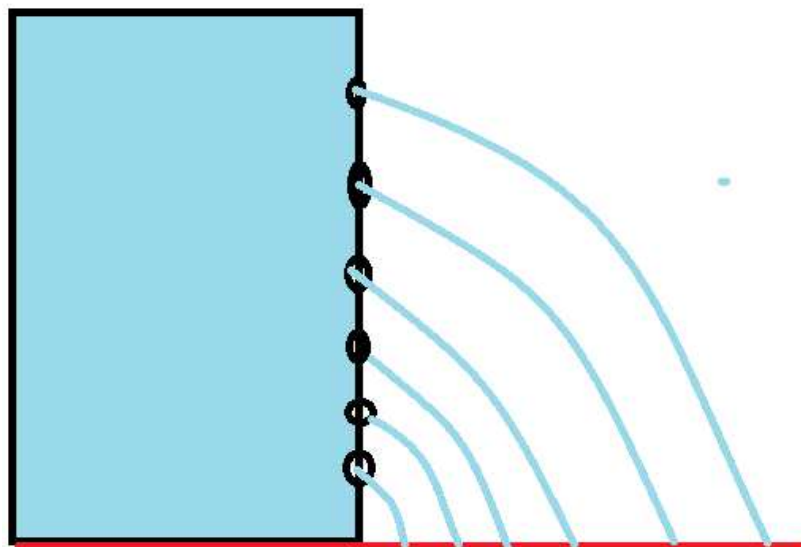
mensura a velocidade do avião através do escoamento do ar no tubo e o congelamento teria ocasionado sua obstrução, alterando a medida de velocidade do avião em relação ao ar. A partir desta questão, um aluno citou que o congelamento do tubo de pitot não teria passagem correta do “fluxo de ar”; outro inferiu que a passagem do ar úmido congelou o sistema, o que levou a parar de funcionar e um outro estudante escreveu:

“O tubo de Pitot funciona como um hidrômetro, a corrente de água passa por uma hélice calculando assim a velocidade do avião, o que não aconteceu pelo tubo estar congelado, isso poderia ser evitado utilizando tubos com isolamento térmico para a água não congelar.”(Aluno1)

Conceito este errado, pois neste caso o tubo de Pitot é utilizado para medir a diferença de pressão gerada pelo fluxo de ar no tubo, o que não ocorreu pela obstrução gerada pelo gelo, mais adiante explicada em detalhes, outros alunos citaram também que o avião poderia ter decolado em um clima quente e, ao passar pelo oceano em um clima frio, teria congelado e parado de funcionar; ou ainda que foi o vapor do calor do motor do avião que ocasionou o congelamento. Todavia, durante a discussão, nenhum estudante explicou o funcionamento do tubo de pitot de maneira correta.

A quarta questão pedia para que os estudantes: “Observe a figura abaixo que representa uma caixa de água com furos em diferentes alturas por onde a água pode escoar horizontalmente. Explique o por que essa figura não retrata a realidade.”.

Figura 16 - Caixa de Água



Fonte: Autoria Própria (2021)

Esperava-se que os alunos tivessem observado que ao mesmo tempo em que a água que saía do furo tinha a pressão da coluna de água também teria a ação da força da gravidade em direção ao solo. Ao longo do debate oral os alunos disseram que a imagem estava errada pelo furo de baixo ter maior pressão e, portanto, jorrar a água mais longe do que o furo de cima. Com isso, indicaram que a imagem deveria ser o inverso, ou seja, quanto mais embaixo o furo, o jorro da água iria mais longe, por ter mais pressão, não levaram em consideração que a pouca altura do furo da base influenciaria no alcance do jorro.

Na questão cinco “Tendo uma caixa de água descrita no problema anterior, em que altura deve ser feito um furo para que a água alcance uma distância maior? Explique por quê?”, dois alunos apresentaram respostas interessantes, pois na questão anterior citaram que quanto mais baixo o furo, maior seria a pressão e maior alcance do jorro, porém, nesta questão, os mesmos afirmaram que o furo deveria ser posicionado no meio da caixa, relacionando altura e pressão, sendo que os demais estudantes permaneceram afirmando que, quanto mais baixo o furo, maior seria o alcance do jorro.

A sexta questão solicitava, a partir de uma breve contextualização, no que consiste o efeito Venturi. Nesta questão os estudantes descreveram que o efeito Venturi consiste na rapidez que o ar passa por um canal estreito que aumenta pressão e “dispersa” os líquidos. É interessante notar que mesmo que o raciocínio apresentado esteja correto, nota-se que ele é extremamente superficial, empobrecido de argumentos físicos, o que remete que o mesmo pode ter sido obtido a partir de uma rápida e superficial busca pela resposta na internet.

A questão sete trouxe o seguinte problema: “Por ter a capacidade de formar placas nas artérias, os níveis elevados de colesterol LDL estão associados com o aumento de placas nas veias e artérias, bem como com o aumento de doenças, como a aterosclerose, desencadeadoras de infartos e derrames. Explique por que no local de formação da placa de uma artéria a pressão sobre suas paredes tende a diminuir.” Abaixo seguem algumas respostas obtidas dos alunos:

“Porque as placas impedem a circulação correta do sangue trazendo uma fragilidade a veias e artérias” (Aluno 2), “Por conta do fluxo sanguíneo diminuir” (Aluno 3), “Porque ela tem desidratação” (Aluno 1).

Avaliando as respostas acima, podemos notar que a maioria dos estudantes associou que a queda no fluxo sanguíneo seria responsável pela diminuição da

pressão. Entendemos que para obter uma resposta satisfatória para essa questão seria necessária a utilização da equação de Bernoulli, relacionando o aumento da velocidade na região afetada pela constrição com a diminuição da pressão na mesma região.

Finalizado esse levantamento de conhecimentos prévios a partir do questionário inicial e do debate oral das questões, a partir das respostas dos alunos podemos observar que eles apresentam conhecimentos que são pré-requisitos para o desenvolvimento dos conteúdos de hidrodinâmica, e com esse momento inicial da intervenção, entendida aqui como prática social inicial, foi possível ajustarmos nossas estratégias de ensino para alcançar os objetivos do trabalho.

Em seu livro, uma didática para a pedagogia histórico-crítica, Gasparin (2012) destaca que a prática social inicial é sempre uma contextualização de conteúdo, momento em que o professor toma conhecimento sobre o ponto onde deve iniciar sua ação e o que falta para atingir seus objetivos propostos.

Dando sequência à interação com os estudantes, no segundo encontro, relembremos alguns conceitos sobre hidrostática como densidade, pressão hidrostática, pressão atmosférica, massa específica, e outros conceitos básicos de Física, para que houvesse uma maior compreensão da hidrodinâmica.

Começamos com a introdução dos conteúdos com a dimensão conceitual, articulando-os com algumas situações cotidianas. De acordo com HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. (2009) na Hidrostática os fluidos encontram-se em equilíbrio estático ou dinâmico, porém na Hidrodinâmica os fluidos se encontram fora do equilíbrio, ou seja, a força resultante aplicada ao fluido não é nula. A Hidrodinâmica é a área da física dedicada ao estudo de fluidos em movimento sob a ação de forças.

Buscando introduzir estes conceitos, demos enfoque ao tópico respeitando o formalismo matemático, mas utilizando uma linguagem acessível aos alunos, com questões problematizadoras que, articulando a teoria com a prática social, mostravam a relação e aplicação deste conteúdo na realidade, tanto na simples ação de aguar o jardim, passar um perfume, quanto em processos mais elaborados, como o voo do avião ou até mesmo a incrível “máquina” que é o corpo humano, analisando a circulação sanguínea. Esses são alguns dos conhecimentos que consideramos de suma importância para formação do educando no ensino médio, especialmente considerando o fato de que são poucos os livros que dão enfoque a este conteúdo por não ser contemplado no currículo desta etapa da escolarização básica.

Começamos com a questão problematizadora de jogar água com a mangueira de jardim, lembrando as hipóteses levantadas na prática social inicial, para isso vimos o quão difícil seria o estudo do escoamento de fluidos se trabalhássemos com fluidos reais, tendo em vista a obtenção das variáveis experimentais relacionado aos problemas. Utilizando o laboratório virtual Phet Colorado, foi possível conduzir simulações com parâmetros bem definidos comparando os resultados obtidos com aqueles previstos pela teoria. Neste sentido, nos limitamos os estudos à verificação e comparação do comportamento descrito pelos fluidos ideais, observando o escoamento laminar, irrotacional, incompressível e não viscoso. Utilizando o simulador¹, a todo momento conduzíamos medidas em diferentes situações, para que os alunos, pelas suas observações, pudessem verificar tais características por meio da manipulação das equações, de modo a compreender o comportamento dos fluidos ideais e suas características. Uma das situações que essa abordagem se tornou muito relevante foi na medição de fluxo, pois a partir da vazão obtida do simulador do PHET, os estudantes puderam determinar a área e velocidade em pontos distintos do tubo, e comparar os dados com aqueles obtido através da equação da continuidade.

No terceiro encontro, a partir da observação do escoamento de água em uma torneira observando a área de secção da água imediatamente ao sair da torneira é bem maior que a área de secção imediatamente antes de tocar o solo onde situa e analisando que o volume de água que saia da torneira era o mesmo que tocava o solo alguns alunos relacionaram o fato de a velocidade de escoamento aumentar durante a queda livre. Em seguida foi apresentado um roteiro para realizar uma atividade utilizando o simulador supracitado na aba fluxo em que os alunos puderam analisar as medições e ver que o volume de entrada era mesmo de saída apesar de termos deixado a área de secção de entrada menor que a área de secção de saída, porém o medidor de velocidade aferida na entrada era bem menor que a velocidade aferida na saída do tubo, provocando os educandos construir uma tabela com os dados de diferentes medições com área de secção de entrada e velocidade de entrada, com área de secção de saída e na sequência a calcular a equação da continuidade:

$$R_v = A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{constante}$$

¹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/fluid-pressure-and-flow

Ainda com simulador, na aba “Torre d’água”, apresentamos um roteiro para elaboração do problema da caixa de água, ao qual utilizando a régua e a trena presentes foi possível modificar o cenário de maneira a representar o problema proposto realizando a medição do alcance máximo do jato de água quando a caixa é furada em sua base na lateral em que o aluno realizou a seguinte afirmação:

“Professor a quantidade de água que está entrando na caixa é igual a quantidade que está saindo, por isso que o jato de água sempre está na mesma distância, por que se fechar a torneira a distância da água iria diminuindo até a água acabar e parar de cair no pé da caixa.” (Aluno 4)

Podemos perceber que através deste comentário o aluno percebeu que existe pressão da coluna de água, o que influencia no alcance do jorro, logo se o volume da caixa de água permanecesse constante a pressão também permaneceria constante em cada furo. Para correlacionar o simulador ao uso de equacionamentos apropriados, propomos um problema no qual fosse determinado o alcance máximo de um jorro de água que saia de um furo situado na base de uma caixa d’água situada a 15m de altura em relação ao solo e a caixa com uma coluna d’ água de 10m de acordo com a figura 8.

Após o desenvolvimento dos passos descritos no roteiro envolvendo a utilização do simulador, constantes no apêndice, foi notável a satisfação dos alunos, ao obterem o mesmo resultado pelo desenvolvimento dos cálculos propostos e de maneira ainda mais rápida e prática pelo simulador, verificando a possibilidade de mudança de cenário e obtendo resultados imediatos.

No quinto e último encontro foi realizado um panorama sobre o caminho percorrido pelo conteúdo desenvolvido na aplicação deste Produto Educacional e posteriormente aplicado o questionário final que se deu da seguinte forma.

Em relação a primeira questão “1- Ao fecharmos parcialmente com o dedo a ponta da mangueira de jardim, porque o jato de água tem um maior alcance?” obtivemos respostas que pode se verificar a assimilação do conteúdo, pois quase unânimes em dizer que para sair o mesmo volume de água que entrava por uma secção maior e sair por esta secção menor, a água aumentava sua velocidade de saída relacionando assim a Equação da Continuidade.

Na segunda questão “2- Explique usando conceitos da Física por que o avião voa?” foi ainda mais notório a relação que fizeram do voo do avião com a Equação de Bernoulli o que podemos perceber a partir de uma resposta em especial citada por um aluno.

“O avião voa por causa da aerodinâmica de suas asas que faz o ar passar mais rápido por cima da asa diminuindo a pressão em cima da asa quando aumenta velocidade e fazendo o avião subir.” (Aluno 4)

Na terceira questão “Entre 31 de maio e 1º de junho de 2009, um avião que saía do Rio de Janeiro com destino a Paris caiu no Oceano Atlântico com 228 pessoas à bordo. Uma das possíveis explicações para este evento fatal, seria a formação de gelo nos dispositivos obrigatórios conhecidos como tubo de pitot. Seu funcionamento está baseado nos conceitos de hidrodinâmica. Explique o funcionamento deste dispositivo e quais variáveis devem ser observadas no processo.” Citando uma resposta:

“O tubo de Pitot é um equipamento usado para medir a velocidade do avião pela diferença de pressão e como o gelo fechou a passagem do ar o equipamento não funcionou.” (Aluno 6)

Observando a resposta dada sobre o funcionamento do tubo de Pitot percebeu-se um possível avanço nos conceitos físicos do escoamento de fluidos e suas propriedades.

Na quarta questão “Observe a figura que representa uma caixa de água com furos em diferentes alturas por onde a água pode escoar horizontalmente. Explique o por que essa figura não retrata a realidade.” Na maioria das respostas relacionaram com o experimento em que foi apresentado no vídeo, apesar de respostas curtas, apresentam conceitos de Física, como a que segue:

“Está errada porque o certo era o desenho mostrar o furo do meio jogar água mais longe porque ele tem metade da altura e metade da pressão” (Aluno 4)

Na quinta questão “Tendo uma caixa de água descrita no problema anterior, em que altura deve ser feito um furo, para que a água alcance uma distância maior? Explique por que?” Nesta questão houve repetição de parte da resposta da questão

4, pois usaram este exemplo para dizer que a imagem da questão quatro não representava a realidade:

“O furo do meio vai jogar água mais longe porque ele tem metade da altura e metade da pressão.” (Aluno 4)

Na sexta questão “O efeito Venturi, demonstrado em 1797 pelo físico italiano Giovanni Battista Venturi que viveu entre os anos de 1746 e 1822, possui uma vasta aplicação que varia desde pistolas de pintura, bicos de pulverização, aeronáutica, mecânica (carburadores) até odontologia (sugadores de saliva). Explique no que consiste o efeito Venturi.” Para explicar o conceito do Efeito Venturi o aluno 3 citou princípios da equação de Bernoulli, como podemos perceber abaixo:

“O furo por onde passa o vento é muito pequeno então o vento passa muito ligeiro aí a pressão faz subir o líquido” (Aluno 3)

Na sétima questão “Por ter a capacidade de formar placas nas artérias, os níveis elevados de colesterol LDL estão associados com o aumento de placas nas veias e artérias, bem como, com o aumento de doenças, como a aterosclerose, desencadeadoras de infartos e derrames. Explique por que no local de formação da placa de uma artéria a pressão sobre as paredes da artéria tende a diminuir.” Observando as respostas pode se perceber que fizeram uso de conceitos físicos, a exemplo do aluno 5 que respondeu da seguinte forma:

“Porque a veia vai diminuindo sua grossura o sangue tem que passar mais ligeiro naquele lugar e assim baixa pressão naquele lugar.” (Aluno 5)

Na oitava questão “O que vocês acharam das atividades desenvolvidas sobre o conteúdo de hidrodinâmica? Justifiquem sua resposta.” a partir das respostas obtidas podemos perceber que essa Proposta Didático-Pedagógica teve uma boa aceitação por parte dos alunos, pois além da participação e do desenvolvimento das atividades propostas obtivemos respostas como do Aluno 6 a seguir:

“Eu achei muito interessante porque descobri como funcionava muita coisa que eu usava.” (Aluno 6).

Na nona questão “Essas atividades contribuíram para ampliar o seu conhecimento sobre hidrodinâmica? Vocês conseguiram compreender a relação deste conteúdo com a realidade? Justifiquem sua resposta.” A partir das repostas da questão 9 foi notório que obtivemos êxito na aplicação desta Proposta Pedagógica de Ensino, como relatou o Aluno 6 em sua resposta:

“Sim, Sim, porque algumas dessas situações que nós vimos nesse conteúdo essa acontecem em nosso dia a dia por isso foi muito bom saber” (Aluno 6).

Podemos perceber que a partir das repostas dadas pelos alunos ao ser aplicado o questionário final, que o desenvolvimento do produto educacional obteve êxito, pois além destes se colocarem dispostos a participar da implementação PDP, é notável o avanço do conhecimento científico dos educandos ao analisarmos as repostas do questionário final baseando se em conceitos físicos, ou seja, a nova prática social.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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

A partir dos relatos destacados e da aplicação deste produto educacional 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, além do mais os dados levantados nos mostram uma insatisfação dos alunos para com Ensino de Física, nos levando a repensar nossas práticas

Cabe destacar que o momento pandêmico e o baixo investimento na educação, nos trouxe limitações na aplicação deste produto educacional, levando nos a realizar algumas adaptações para que todos tenham condições parecida na busca de conhecimentos, porém tivemos algumas limitações na aplicação pois dos 20 alunos que constavam na lista de chamada da turma apenas 10 alunos conseguiam participar das atividades online, ou por não terem acesso à internet ou por terem dispositivos muito antigos não dando as devidas condições, sendo que destes 10 alunos podemos considerar que 6 alunos participaram assiduamente de todas atividades propostas.

Portanto temos que realizar uma prática pedagógica planejada e cheia de intencionalidade e sempre tomando muito cuidado na abordagem dada em cada conteúdo, a exemplo desta Proposta Didático-Pedagógica que, 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, ou seja, estejam dispostos a aprender, sendo assim, este trabalho foi embasado nos pressupostos teóricos da PHC e trouxe grandes possibilidades de melhorias no desenvolvimento do conteúdo inicial de hidrostática e o conteúdo de hidrodinâmica com vistas a Física

Moderna e Contemporânea, ampliando as discussões e incentivando a pesquisa no Ensino de Física.

REFERÊNCIAS

BENASSI, C. B. P.; FERREIRA, M. G.; STRIEDER, D. M. **O percurso do Ensino de Física na Educação Básica: um olhar comparativo entre os PCNs e a BNCC.** Arquivos do Mudi, v. 24, n. 3, p. 11-20, 1 dez. 2020.

HALLIDAY, RESNICK, J. WALKER. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica.** Vol.2, 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008

LIBERALI, F. C.; *et al.* **EDUCAÇÃO EM TEMPOS DE PANDEMIA: brincando com um mundo possível.** 1. ed. Campinas, SP: Pontes Editores, 2020.

MARSIGLIA, A. C. G. **Pedagogia histórico-crítica: 30 anos,** Campinas, SP: Autores Associados, 2011.

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea.** Revista do Professor de Física, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017. DOI: 10.26512/rpf.v1i1.7074. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074>. Acesso em: 31 out. 2021.

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 jul. 2021.

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 jul. 2021.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações.** 8. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

SAVIANI, D.; DUARTE, N. **Pedagogia histórico-crítica e luta de classes na educação escolar.** Campinas: Autores Associados, 2015.

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.

TAQUETTE, S. R.; BORGES, L. **Pesquisa qualitativa para todos**. Editora Vozes, 2021.

APÊNDICE A - Questionário inicial



Mestrado em ensino de Física
Questionário inicial para levantamento de dados sobre:
EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Colégio Estadual _____

Aluno (a): _____ nº _____ Série _____

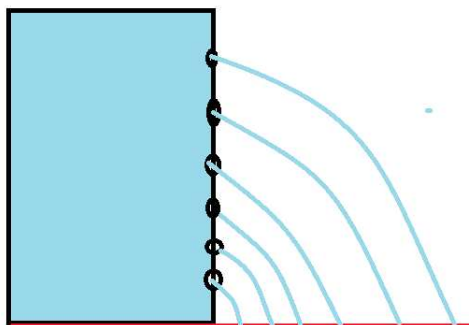
Responda conforme o seu entendimento.

1) Ao fecharmos parcialmente com o dedo a ponta da mangueira de jardim, porque o jato de água tem um maior alcance?

2) Explique usando conceitos da Física por que o avião voa?

3) Entre 31 de maio e 1º de junho de 2009, um avião que saía do Rio de Janeiro com destino a Paris caiu no Oceano Atlântico com 228 pessoas à bordo. Uma das possíveis explicações para este evento fatal, seria a formação de gelo nos dispositivos obrigatórios conhecidos como tubo de pitot. Seu funcionamento está baseado nos conceitos de hidrodinâmica. Explique o funcionamento deste dispositivo e quais variáveis devem ser observadas no processo.

4) Observe a figura que representa uma caixa de água com furos em diferentes alturas por onde a água pode escoar horizontalmente. Explique o por que essa figura não retrata a realidade.



5) Tendo uma caixa de água descrita no problema anterior, em que altura deve ser feito um furo, para que a água alcance uma distância maior? Explique por que?

6) O efeito Venturi, demonstrado em 1797 pelo físico italiano [Giovanni Battista Venturi](#) que viveu entre os anos de [1746](#) e [1822](#), possui uma vasta aplicação que varia desde pistolas de pintura, bicos de pulverização, aeronáutica, mecânica (carburadores) até odontologia (sugadores de saliva). Explique no que consiste o efeito Venturi.

7) Por ter a capacidade de formar **placas nas artérias**, os níveis elevados de colesterol LDL estão associados com o aumento de placas nas veias e artérias, bem como, com o aumento de doenças, como a aterosclerose, desencadeadoras de infartos e derrames. Explique por que no local de formação da placa de uma artéria a pressão sobre as paredes da artéria tende a diminuir.

APÊNDICE B - Questionário final



Mestrado em ensino de Física
Questionário Final para levantamento de dados sobre:
EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Colégio Estadual _____

Aluno (a): _____ nº _____ Série _____

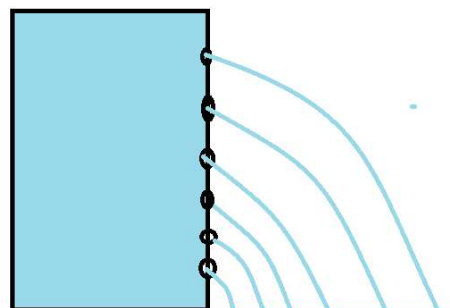
Responda conforme o seu entendimento.

1) Ao fecharmos parcialmente com o dedo a ponta da mangueira de jardim, porque o jato de água tem um maior alcance?

2) Explique usando conceitos da Física por que o avião voa?

3) Entre 31 de maio e 1º de junho de 2009, um avião que saía do Rio de Janeiro com destino a Paris caiu no Oceano Atlântico com 228 pessoas à bordo. Uma das possíveis explicações para este evento fatal, seria a formação de gelo nos dispositivos obrigatórios conhecidos como tubo de pitot. Seu funcionamento está baseado nos conceitos de hidrodinâmica. Explique o funcionamento deste dispositivo e quais variáveis devem ser observadas no processo.

4) Observe a figura que representa uma caixa de água com furos em diferentes alturas por onde a água pode escoar horizontalmente. Explique o por que essa figura não retrata a realidade.



5) Tendo uma caixa de água descrita no problema anterior, em que altura deve ser feito um furo, para que a água alcance uma distância maior? Explique por que?

6) O efeito Venturi, demonstrado em 1797 pelo físico italiano [Giovanni Battista Venturi](#) que viveu ente os anos de [1746](#) e [1822](#), possui uma vasta aplicação que varia desde pistolas de pintura, bicos de pulverização, aeronáutica, mecânica (carburadores) até odontologia (sugadores de saliva). Explique no que consiste o efeito Venturi.

7) Por ter a capacidade de formar **placas nas artérias**, os níveis elevados de colesterol LDL estão associados com o aumento de placas nas veias e artérias, bem como, com o aumento de doenças, como a aterosclerose, desencadeadoras de infartos e derrames. Explique por que no local de formação da placa de uma artéria a pressão sobre as paredes da artéria tende a diminuir.

8) O que vocês acharam das atividades desenvolvidas sobre o conteúdo de hidrodinâmica? Justifiquem sua resposta.

9) Essas atividades contribuíram para ampliar o seu conhecimento sobre hidrodinâmica? Vocês conseguiram compreender a relação deste conteúdo com a realidade? Justifiquem sua resposta.

APÊNDICE C – Produto Educacional

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



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 CAMPO 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^o: Dr. Cesar Vanderlei Deimling
Co-Orientador(a): Prof^a. Dr^a.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

1	INTRODUÇÃO	3
2	OBJETIVOS	4
2.1	Objetivo geral	4
2.2	Objetivos específicos	4
3	JUSTIFICATIVA	5
4	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	6
5	DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	7
6	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
6.1	Fundamentação teórica de Física	8
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
6.2	Fundamentação teórica de teorias de aprendizagem	26
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS	35

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.

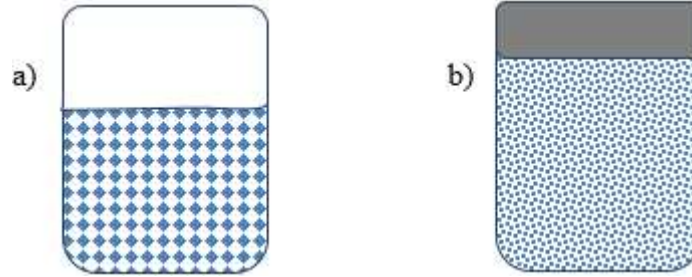
6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

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)

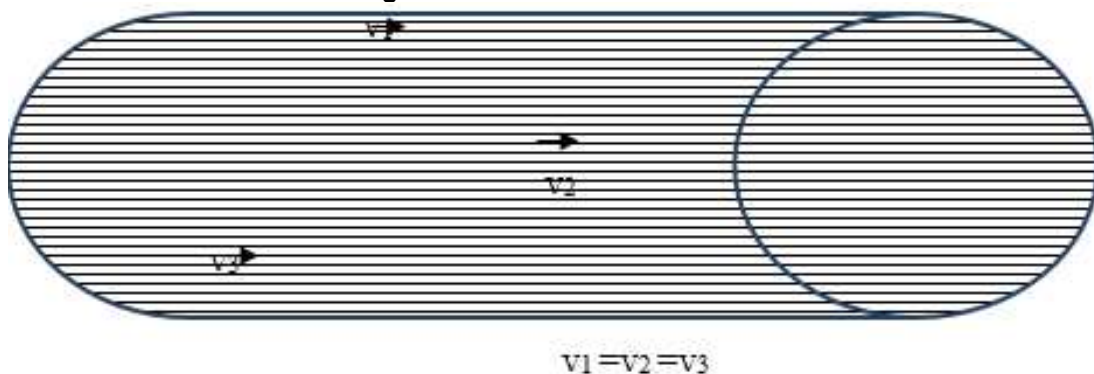
Os fluidos podem ser classificados em dois tipos: fluidos reais e fluidos ideais. No escoamento de fluidos reais, a exemplo da água, mel, gasolina, entre outros, ocorre a dissipação de energia durante o escoamento. Por exemplo, na maioria dos escoamentos haverá interação entre o fluido e a parede do 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.

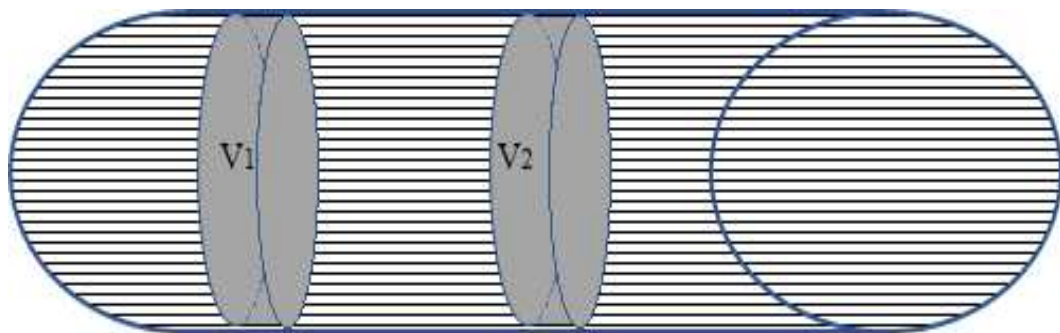
Figura 2 - Escoamento Laminar



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

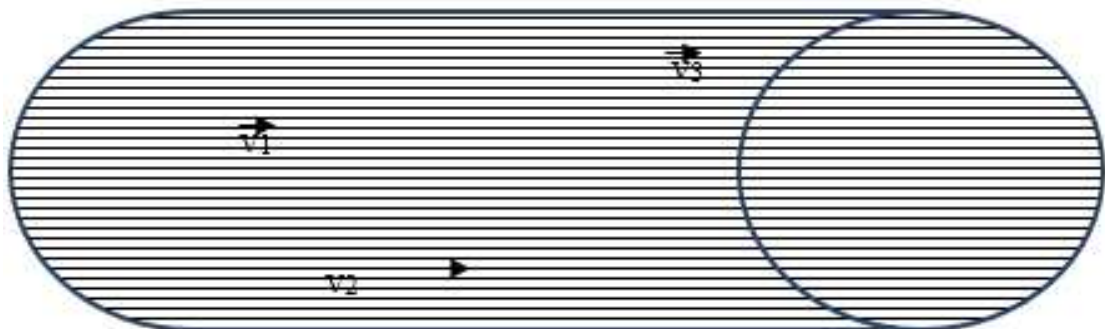


$$V_1 = V_2$$

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

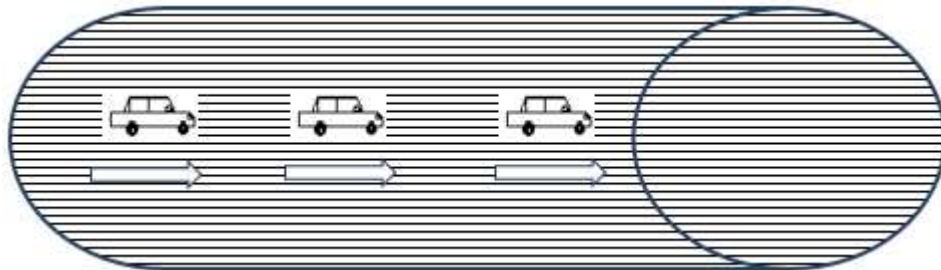


$$v_1 > v_2 > v_3$$

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



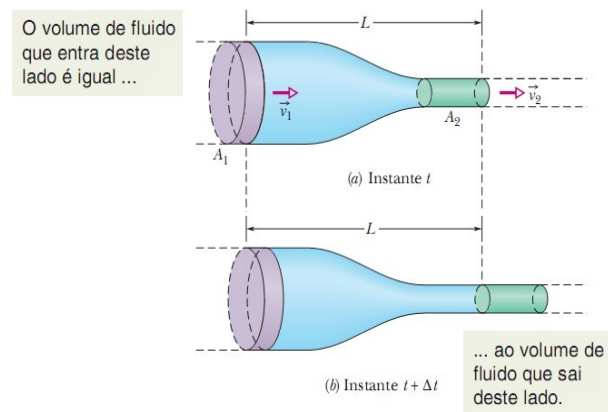
Fonte: Autoria própria (2020)

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 (ΔV [m³]) ou quilogramas (Δm [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 ΔV percorre o caminho entre as duas áreas distintas $A_1 > A_2$, em um intervalo de tempo Δt , 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.

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

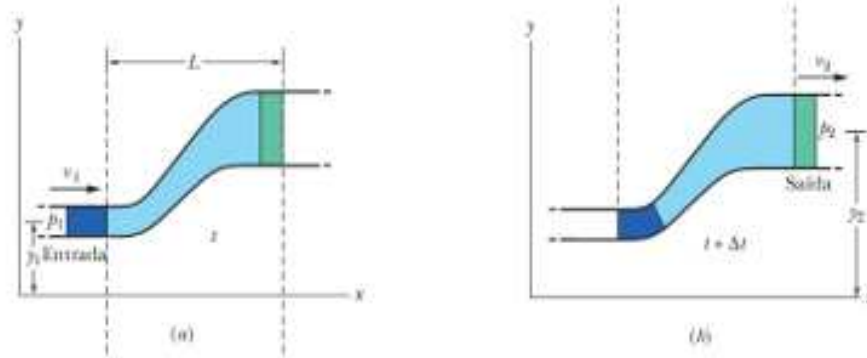
(vazão mássica)

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)
ρ	Densidade	Kg/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 Δm 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 Δm , temos:

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

Reescrevendo novamente o elemento de massa Δm 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 ΔV 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:

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

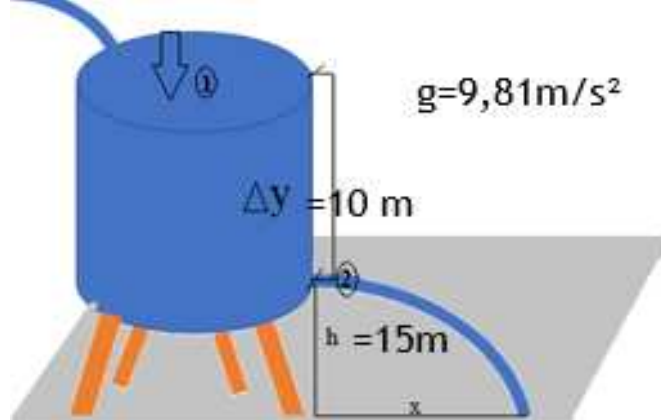
Simplificando os elementos de volume ΔV e separando as variáveis com índice 1 das de índice 2 temos:

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

(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 ρ 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:

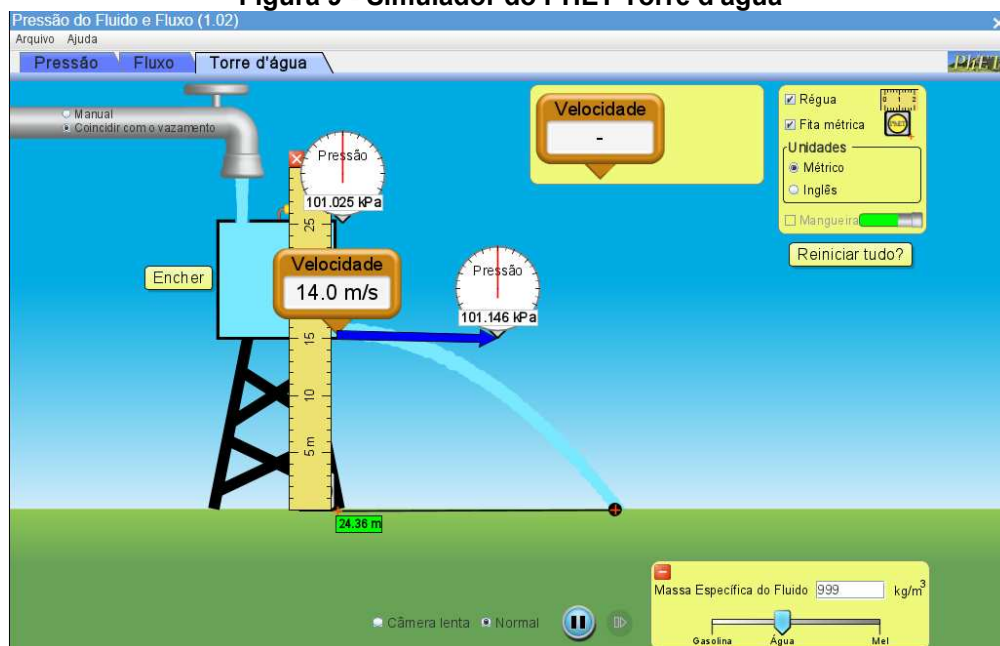
$$x = x_0 + vt \quad (8)$$

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

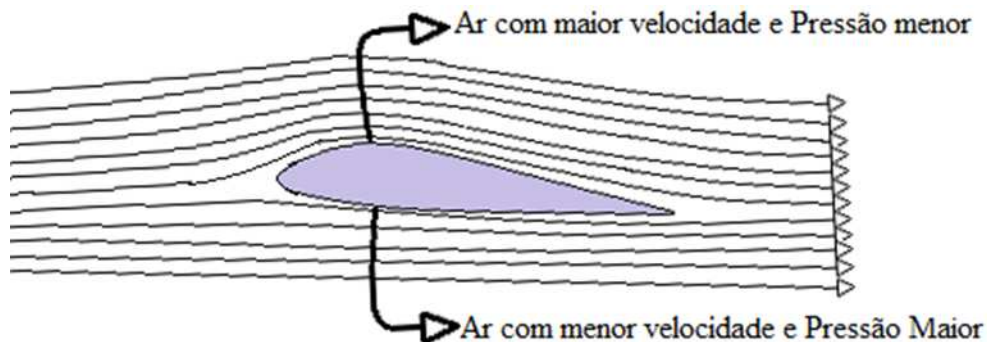
acesso 12 set. 2020.

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.

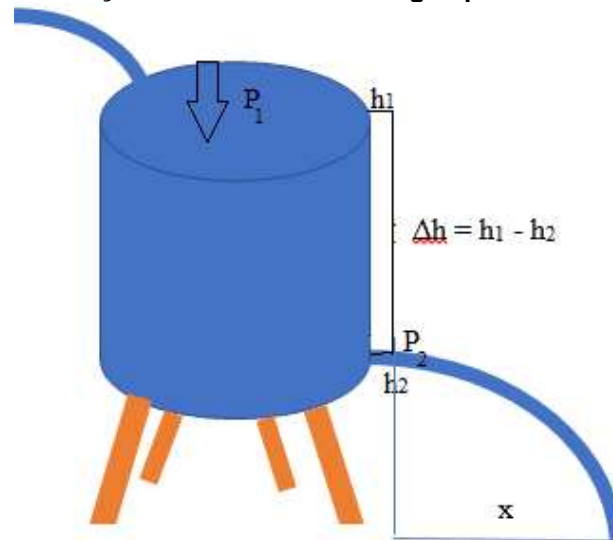
Um fenômeno desagradável - e em certos momentos perigoso - relacionado com o voo do avião é a turbulência. Na maioria das vezes ela consiste em uma trepidação, e, em casos mais intensos em uma queda, que pode preocupar e assustar muito os passageiros. A turbulência normalmente ocorre quando o avião passa 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 ρ 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 Δh 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 Δh .

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

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

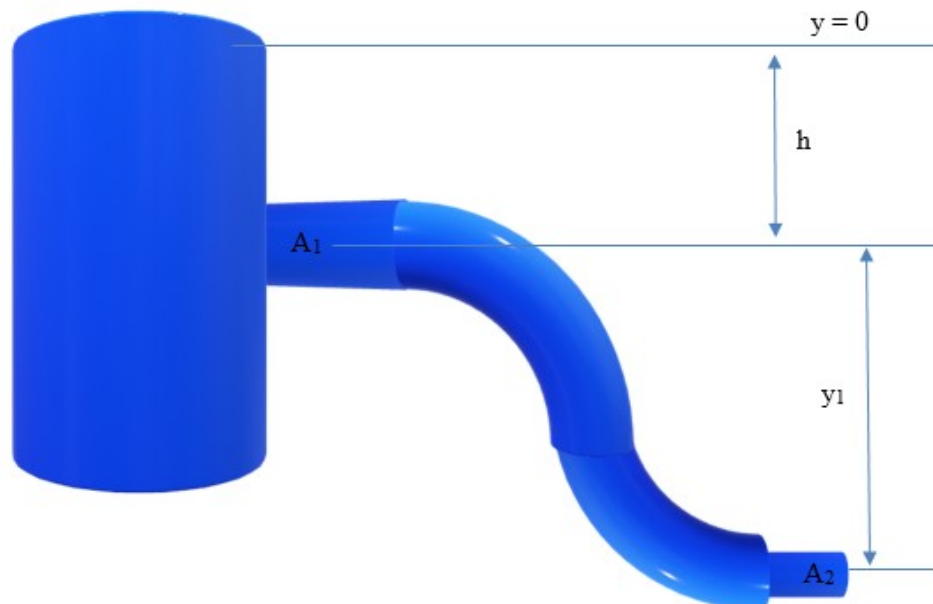
Analisando a equação acima, podemos notar que o alcance, x , depende dentre outras coisas da escolha do valor h_2 , podendo até ser nulo, caso h_2 seja tomado como 0 ou h_1 .

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, ΔP_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.

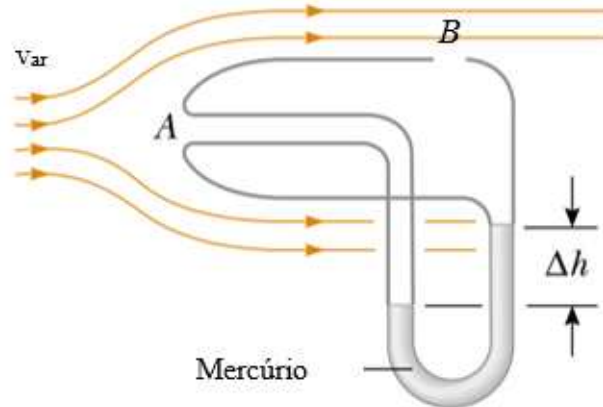
Figura 13: Vista de diferentes pontos de instalação do tubo de Pitot em aeronaves.



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:

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

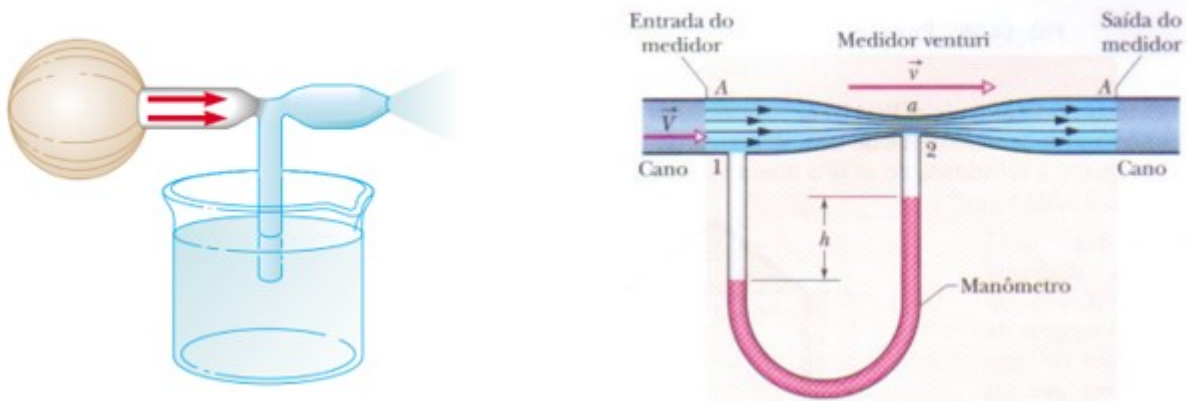
Portanto, pela equação (10), conhecendo a variação de pressão entre “A” e “B” podemos aferir a velocidade relativa entre o dispositivo e o avião.

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 constricção. 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, 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.