



UESB
Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo 62 - UESB Vitória da Conquista - BA



**DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO DE ÁGUA: DOMÍNIOS DE CONHECIMENTOS
COMPLEXOS E POUCO ESTRUTURADOS SOB O OLHAR DOS
OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS DE BACHELARD**

Jefferson José dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Wagner Duarte José

Vitória da Conquista – BA

Novembro de 2022

JEFFERSON JOSÉ DOS SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO DE ÁGUA: DOMÍNIOS DE CONHECIMENTOS
COMPLEXOS E POUCO ESTRUTURADOS SOB O OLHAR DOS
OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS DE BACHELARD**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação (PPG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Duarte José

Vitória da Conquista – BA

Novembro de 2022

S236d

Santos, Jefferson José dos.

Distribuição e consumo de água: domínios de conhecimentos complexos e pouco estruturados sob o olhar dos obstáculos epistemológicos de bachelard. / Jefferson José dos Santos, 2022.

112f. il.

Orientador (a): Dr. Wagner Duarte José.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2022.

Inclui referência F. 110.

1. Hidrostática e Hidrodinâmica. 2. Teoria da Flexibilidade Cognitiva. 3. Obstáculos Epistemológicos de Bachelard. 4. Hipermídia. I. José, Wagner Duarte. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. IV. T.

CDD 532.2

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos dezesesseis dias do mês de dezembro de 2022, às 15h00, por meio da plataforma virtual *Google Meet*, de conta institucional da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada “*Distribuição e consumo de água: domínios de conhecimentos complexos e pouco estruturados sob o olhar dos obstáculos epistemológicos de Bachelard*”, de autoria de Jefferson José dos Santos, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo professor Dr. Wagner Duarte José, orientador do mestrando e contou com a participação dos professores Dr. Jules Batista Soares e Dr. Carlos Alexandre dos Santos Batista, na condição de examinadores; tendo sido APROVADA. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue (enviada), na secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.



Documento assinado eletronicamente por **Wagner Duarte Jose, Professor Pleno**, em 16/12/2022, às 17:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Alexandre dos Santos Batista, Professor**, em 16/12/2022, às 17:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jules Batista Soares, Professor Adjunto**, em 16/12/2022, às 21:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jefferson José dos Santos, Usuário Externo**, em 17/12/2022, às 09:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristina Porto Gonçalves, Coordenador(a) do Programa**, em 17/12/2022, às 12:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://seibahia.ba.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **00059398102** e o código CRC **106A9837**.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



**DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO DE ÁGUA: DOMÍNIOS DE CONHECIMENTOS COMPLEXOS
E POUCO ESTRUTURADOS SOB O OLHAR DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS
DE BACHELARD**

AUTOR: JEFFERSON JOSÉ DOS SANTOS

DATA DE APROVAÇÃO: 16 de dezembro de 2022

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA

PROF. DR. WAGNER DUARTE JOSÉ
PRESIDENTE DA BANCA EXAMINADORA/ORIENTADOR

PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE DOS SANTOS BATISTA
EXAMINADOR INTERNO

PROF. DR. JULES BATISTA SOARES
EXAMINADOR EXTERNO

2022



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300



AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo projeto de vida que traçou, e por revelar seu amor a cada passo que dei neste caminho.

Aos meus amados pais, Isabel e Ilídio, pelo amor que me deram, pelos valores e princípios que me ensinaram, pelo cuidado, força e abdicção de muitos de seus sonhos para que os meus fossem conquistados. Em especial pelo meu pai que deixou esta vida muito cedo, mas fez cada instante que pude estar com ele único.

A minha esposa, Graciely, pelo amor, encorajamento, compreensão e sabedoria em todos os momentos, por ver em mim mais além do que eu acreditava e trazer à tona os dons que Deus me deu para que eu seguisse neste caminho. Não podendo deixar de agradecer pelo fruto de nosso amor, nosso filho Miguel, que me foi concedido através de sua garra e determinação.

Ao meu orientador, Wagner, por ter me acolhido e abraçado as ideias que surgiram durante o período de maturação desta pesquisa, pelos aprendizados, pela compreensão nos momentos intensos que vivi durante a pesquisa.

Aos professores do mestrado, pelo aprendizado que me proporcionaram, pela atenção e compreensão diante das demandas profissionais e pela oportunidade de ter sido novamente seu aluno.

A Capes pelo apoio financeiro e ao Programa Nacional de Pós-Graduação, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) polo da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) por oportunizar a formação continuada de vários professores de forma efetiva e significativa para a nossa carreira.

Agradeço a toda minha família, pelo incentivo e cuidado para a que eu alcançasse este sonho.

RESUMO

Nesta dissertação avaliamos as potencialidades de uma sequência didática para o ensino de hidrostática e hidrodinâmica enquanto instrumento didático-pedagógico para promover a compreensão crítica estudantil no ensino médio de física. Baseados na Teoria da Flexibilidade Cognitiva, buscamos discutir a temática, Distribuição e Consumo de Água, em contextos complexos e pouco-estruturados a partir do enfrentamento dos obstáculos epistemológicos, na perspectiva bachelardiana, intrínsecos ao processo de aprendizagem. A pesquisa foi desenvolvida em uma turma do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Paulo VI na cidade de Vitória da Conquista - BA. A sequência didática foi desenvolvida a partir do contexto da falta d'água vivido no município de Vitória da Conquista no período de 2012 a 2017 e da compreensão dos moradores sobre o funcionamento de equipamentos hidráulicos relacionados ao consumo de água, com o intuito de melhor lidar com situações de racionamento de água. Para a organização das aulas desenvolvemos uma hipermídia intitulada *Água: Distribuição e Consumo*, dividida em três partes, contendo mini-casos e atividades. Os dados foram as interações verbais dos alunos e professor durante as aulas e as respostas escritas dos alunos, coletados por meio de gravação de áudio e questionários de sondagem, respectivamente, e analisados sob a perspectiva dos pressupostos teóricos. Com base em nossas análises verificamos a presença de concepções espontâneas acerca das situações apresentadas na hipermídia, resultando em obstáculos epistemológicos para a construção de conhecimentos sobre hidrostática e hidrodinâmica e generalizações inadequadas de conceitos da física, anteriormente apreendidos, para explicar os mini-casos. A retomada dos conceitos decorrentes dos confrontamentos das diferentes situações reais possibilitou a resignificação das ideias dos alunos sobre as características da física dos fluidos e suas implicações em situações cotidianas, sendo identificáveis aspectos da flexibilidade cognitiva em alguns alunos diante da condução das soluções propostas nas problemáticas finais da hipermídia.

Palavras-chave: Hidrostática e Hidrodinâmica. Teoria da Flexibilidade Cognitiva. Obstáculos Epistemológicos de Bachelard. Hipermídia.

ABSTRACT

In this dissertation, we evaluate the potential of a didactic sequence for teaching hydrostatics and hydrodynamics as a didactic-pedagogical tool to promote students' critical understanding in high school physics. Based on the Theory of Cognitive Flexibility, we seek to discuss the theme, Water Distribution and Consumption, in complex and little-structured contexts from the confrontation of epistemological obstacles, in the Bachelardian perspective, intrinsic to the learning process. The research was carried out in a group of the 1st year of high school at Colégio Paulo VI in the city of Vitória da Conquista - BA. The didactic sequence was developed from the context of the lack of water experienced in the municipality of Vitória da Conquista in the period from 2012 to 2017 and the understanding of residents about the operation of hydraulic equipment related to water consumption, with the aim of better dealing with situations of water rationing. To organize the classes, we developed a hypermedia called Water: Distribution and Consumption, divided into three parts, containing mini-cases and activities. The data were the students' and teacher's verbal interactions during classes and the students' written responses, collected through audio recording and probing questionnaires, respectively, and analyzed from the perspective of theoretical assumptions. Based on our analysis, we verified the presence of spontaneous conceptions about the situations presented in the hypermedia, resulting in epistemological obstacles for the construction of knowledge about hydrostatics and hydrodynamics and inadequate generalizations of previously learned physics concepts to explain the mini-cases. The resumption of concepts arising from the confrontation of different real situations allowed the re-signification of students' ideas about the characteristics of fluid physics and their implications in everyday situations, with identifiable aspects of cognitive flexibility in some students in the face of conducting the solutions proposed in the final problems of hypermedia.

Keywords: Hydrostatics and Hydrodynamics. Cognitive Flexibility Theory. Bachelard's Epistemological Obstacles. Hypermedia.

LISTA DE SIGLAS

BNCC – Base Comum Curricular.

CREF – Centro de Referência para o Ensino de Física.

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

EENCI –Experiências em Ensino de Ciências.

EJA – Educação de Jovens e Adultos.

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio.

IFUFRGS - Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

TFC – Teoria da Flexibilidade Cognitiva.

SBF – Sociedade Brasileira de Física.

UEPS – Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas mecânicos com suas respectivas tensões	41
Figura 2 - Representação do elemento de volume infinitésimo de um fluido	42
Figura 3 - Representação do vetor \hat{n} em relação ao elemento de superfície ΔS tomado para fora da porção de fluido	43
Figura 4 - Elemento de volume cilíndrico infinitésimo de ordem $dS dz$	44
Figura 5 - Ilustração de um recipiente contendo um líquido cujas ramificações estão sujeitas a pressão atmosférica p_0	47
Figura 6 - Representação do uso de uma mangueira de nível.....	47
Figura 7 - Esquemática das partes de uma bacia sanitária com caixa acoplada.....	48
Figura 8 - Prensa hidráulica baseada no Princípio de Pascal.....	48
Figura 9 - Esquemática de um corpo sólido cilíndrico imerso em um líquido e as respectivas pressões devido as forças superficiais.....	49
Figura 10 - Arranjo de forças que culminam no empuxo para um sólido de formato arbitrário.....	50
Figura 11 - Esquema de uma boia de caixa e a relação do empuxo no seu funcionamento.....	51
Figura 12 - Representação das linhas de corrente do escoamento de um fluido	52
Figura 13 - Tubo de corrente de um fluido estacionário.....	53
Figura 14 - Escoamento estacionário de um líquido por uma canalização de secções transversais de áreas distintas.....	53
Figura 15 - Representação de um tubo de corrente limitado por secções transversais distintas.....	54
Figura 16 - Interface gráfica de acesso às atividades e mídias.....	58

Figura 17 - Interface gráfica do encarte informativo do racionamento de água em Vitória da Conquista BA.....	59
Figura 18 - Interface gráfica de acesso aos mini-casos parte II.....	60
Figura 19 - Interface gráfica de acesso aos mini-casos parte III.....	62
Figura 20 - Introdução da atividade sobre consumo e gerenciamento de água.....	62
Figura 21 - Área de trabalho da ferramenta <i>Tinkercad</i>	63
Figura 22 - Simulação do medidor de nível de caixa-d'água no <i>Tinkercad</i>	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos encontrados nos periódicos das revistas CBEF e EENCI considerando título, autores e ano de publicação.....	20
Quadro 2 - Dissertações encontradas.....	22
Quadro 3 - Obstáculos epistemológicos apresentados na obra A formação do Espírito Científico de Bachelard	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. HIDROSTÁTICA E HIDRODINÂMICA NO ENSINO DE FÍSICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO	27
3.1. Concepções Espontâneas: Obstáculos Epistemológicos na Perspectiva de Gaston Bachelard	27
3.2. Aquisição de Conhecimento em Contextos Complexos e Pouco Estruturados: A Teoria da Flexibilidade Cognitiva na perspectiva de Bachelard.....	35
3.3. Concepções Alternativas na TFC: articulações com a epistemologia Bachelardiana.....	38
4. ESTUDO DOS FLUIDOS	40
4.1. Propriedades dos Fluidos.....	40
4.2. Pressão em um fluido	42
4.3. Equilíbrio em um campo de forças.....	44
4.4. O princípio de Pascal	48
4.5. O princípio de Arquimedes	49
4.6. Introdução a dinâmica dos fluidos.....	51
4.7. Conservação da massa e a Equação de Continuidade.....	52
4.8. A equação de Bernoulli	54
5. METODOLOGIA	56
5.1. Abordagem da pesquisa	56
5.2. Lócus e sujeitos da pesquisa	57
5.3. Desenvolvimento da sequência didática	58
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICE A – TERMOS DE AUTORIZAÇÃO	79
APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	86

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas educacionais, em especial os estudos orientados para o ensino e aprendizagem da Física, apontam para a importância de o professor construir pontes entre o cotidiano dos alunos e os conhecimentos científicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNABUCO, 2011) com o intuito de levar o aluno a compreender os problemas da realidade sob a ótica da ciência. Em tempos de grande desenvolvimento da ciência e tecnologia, mais do que nunca, é necessário preparar os estudantes para viverem e intervirem na sociedade de maneira consciente e crítica.

Segundo a Base Nacional Comum Curricular, o ensino das ciências da natureza deve ter o compromisso com o letramento científico, compreendido como a capacidade que os estudantes têm de compreender e interpretar o mundo natural, social e tecnológico, mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais da ciência (BRASIL, 2017). Em conformidade e em se tratando dos conhecimentos da Física, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002) já vinham orientando que a Física deve ter uma organização curricular pautada na contextualização, interdisciplinaridade e problematização.

As leis, modelos e teorias científicas são aplicados em problemas reais e concretos, preferivelmente, problemas que evidenciam a experiência cotidiana dos estudantes para que este reconheça informações, diferencie e selecione aquelas que são relevantes para a sua vida, perceba como certos acontecimentos interagem com o seu cotidiano, analise e tome decisões sobre assuntos que possam afetá-los de algum modo (SASSERON, 2019). Nesse contexto é preciso repensar sobre o que ensinar para os alunos nas aulas de Física e como oferecer condições para que sejam capazes de compreender os conhecimentos e as tecnologias que rodeiam suas vidas, dentro e fora da escola.

O estudante convive e interage diariamente com fenômenos que são objetos de estudo da Física. Ao se deparar no ensino formal com a compreensão de situações do dia a dia por meio dos conhecimentos científicos, o aluno se defronta com uma conjuntura conflituosa, pois já possui um conhecimento prévio sobre aquelas situações que, muitas vezes, difere das leis, teorias e modelos ensinados (CHICÓRA; CAMARGO, 2013). As experiências cotidianas vivenciadas pelos alunos resultam em

concepções espontâneas incorporadas no cognitivo, podendo interferir no processo de ensino e aprendizado.

Os estudos a respeito das concepções espontâneas no ensino da Física são crescentes. Relações entre força e movimento, conservação da corrente elétrica e a conservação da energia são temas em que o maior número de concepções intuitivas são destacadas em diferentes níveis de ensino (CHICÓRIA; CAMARGO, 2013). Na perspectiva de Bachelard (1996), essas concepções espontâneas resultam em obstáculos epistemológicos inerentes ao processo de construção do conhecimento, pois é por meio do enfrentamento desses obstáculos que o conhecimento científico avança. “Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado” (BACHELARD, 1996, p.17).

Os obstáculos epistemológicos são uma das causas do insucesso do ensino e aprendizagem da Física (BATISTA, 2018). Para solucionar essa problemática, faz-se necessário uma mudança de postura por parte do professor frente às concepções espontâneas e dificuldades apresentadas pelos estudantes, evidenciando a limitação das explicações baseadas em concepções espontâneas e o conflito entre ideias intuitivas e o conhecimento científico (CHICÓRIA; CAMARGO, 2013) a fim de que se assegure a formação de um sujeito autônomo e crítico, o qual utiliza aportes teóricos e processuais das Ciências para compreender e intervir no mundo em que vive.

Braga (2019) verificou na Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) caminhos que possibilitam o enfrentamento das concepções alternativas que se constituem como obstáculos epistemológicos à aprendizagem. A teoria foi proposta por Rand Spiro e colaboradores na década de 80 após constatarem a dificuldade que os alunos de medicina tinham em transferir o conhecimento para novas situações. Os autores verificaram uma tendência generalizada nos alunos para desenvolverem erros significativos na compreensão conceitual, observaram que as concepções espontâneas resultam da simplificação de fenômenos complexos na aprendizagem, na instrução e na investigação científica, interagindo e reforçando-se mutuamente em compreensões enganosas, criando concepções alternativas em cadeia (PESSOA, 2001).

O objetivo da TFC é desenvolver no aluno a capacidade de reestruturar flexivelmente o conhecimento presente na memória para resolver uma nova situação

e/ou problema, ou seja, a Flexibilidade Cognitiva (BRAGA, 2019). Para tal faz-se necessário variadas representações sobre determinado tópico conceitual, o conhecimento que tem que ser usado de muitos modos, deve ser aprendido, representado e aplicado multiformemente (PESSOA, 2001). Por isso, a TFC se baseia no desenvolvimento dos conceitos científicos por meio da abordagem de casos e mini-casos.

O estudo de casos/mini-casos do mundo real configura-se como um domínio de conhecimento complexo e pouco-estruturado, cada caso do mundo real pode ser decomposto e representado ao longo de muitas dimensões (BRAGA, 2019). O ensino e aprendizagem de conceitos da Física por meio da problematização de situações reais envolvidas em uma temática relevante pode possibilitar a apreensão e compreensão das concepções espontâneas e visões de mundo dos alunos com o intuito de levá-los a um distanciamento do pensamento de senso comum para um pensamento crítico frente aos desafios do mundo real e do exercício pleno da cidadania (DELIZOIVOC; ANGOTTI: PERNAMBUCO, 2011).

Consideramos que o ensino da Física a partir da discussão de temas importantes, seja a nível global, nacional e/ou regional, mas que impactam de algum modo a vida das pessoas, e a problematização de situações cotidianas pode possibilitar aos alunos utilizarem os conhecimentos científicos em outros contextos, para além da sala de aula. Deste modo, apresentamos nesta dissertação uma proposta para o ensino de Física a respeito da temática *Água: Distribuição e Consumo*, a fim de que os alunos analisem e compreendam problemas presentes no seu cotidiano por meio de alguns conceitos de hidrostática e hidrodinâmica.

Intentamos estabelecer ligações entre o mundo dos alunos e a Ciência de maneira a promover no aluno um distanciamento das concepções espontâneas¹ para um pensamento crítico. Nosso estudo ancora-se na ideia de obstáculos epistemológicos² sob a perspectiva de Gaston Bachelard (BACHELARD, 1996) e na Teoria da Flexibilidade Cognitiva, particularmente na aquisição de conhecimento em

¹ As concepções espontâneas são ideias intuitivas que construímos desde a infância, como explicações para os fenômenos que observamos em nosso cotidiano (CHICÓRA; CAMARGO, 2013)

² Segundo Bachelard, para que a construção do conhecimento científico avance, faz-se necessário conhecer e romper com os obstáculos epistemológicos, fruto das concepções espontâneas ou alternativas construídas a partir do empirismo vivenciado no dia a dia (ROCHA, 2013).

contextos complexos e pouco-estruturados, e no conceito de Flexibilidade Cognitiva³ (SPIRO; et al, 1980), a partir da seguinte questão de pesquisa:

Qual o potencial de uma sequência didática para o ensino de hidrostática e hidrodinâmica em promover nos alunos uma compreensão crítica das situações cotidianas a respeito da distribuição e consumo de água, na perspectiva da epistemologia de Bachelard?

Para elucidar a questão acima objetivamos nesse trabalho:

- Avaliar o potencial de uma sequência didática para o ensino de hidrostática e hidrodinâmica em promover nos alunos uma compreensão crítica das situações cotidianas, a fim de construir conhecimentos científicos em contextos complexos e pouco-estruturados para compreensão e interpretação do mundo, na perspectiva da epistemologia de Bachelard.

Como objetivos específicos buscamos:

- Elaborar, implementar e avaliar uma sequência didática de conteúdos de hidrostática e Hidrodinâmica a partir da discussão de casos reais, em termos de potencialidade para promover a compreensão crítica estudantil de uma turma de 1ª série do ensino médio sobre o tema distribuição e consumo de água.
- Identificar indícios de flexibilidade cognitiva estudantil, em termos da aproximação epistemológica entre as concepções de senso comum e os obstáculos epistemológicos de aprendizagem do conteúdo de hidrostática e hidrodinâmica;
- Apresentar implicações da sequência didática para o ensino-aprendizagem de e sobre a física vinculado à perspectiva dos referenciais epistemológico e educacional.

A pesquisa que realizamos caracteriza-se como uma abordagem qualitativa que se preocupa com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais, envolve contato do pesquisador com a situação investigada tendo o ambiente natural como

³ Capacidade que o sujeito tem de, perante uma situação nova ou problema, (re)organizar o conhecimento para resolver a situação ou problema em causa (CARVALHO, 2001)

sua fonte direta para coleta de dados (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009). Trata-se de uma pesquisa de desenvolvimento educacional, compreendida como o estudo sistemático do delineamento, desenvolvimento e avaliação de intervenções educacionais, intervenção que deve ser materializada por algum tipo de produto educacional. O produto passa por análises e ajustes de modo que, ao final da pesquisa, possa ser compartilhado e utilizado por outros educadores e pesquisadores (BARBOSA; OLIVEIRA, 2015).

O estudo se deu inicialmente por meio de uma revisão bibliográfica acerca das pesquisas sobre o ensino da física dos fluidos. A confecção da sequência didática foi baseada nos pressupostos teóricos metodológicos da TFC a fim de desenvolver a temática *Água: Distribuição e Consumo* por meio da discussão de casos e mini-casos, buscando apreender e problematizar as concepções espontâneas dos alunos segundo os obstáculos epistemológicos de Bachelard (1996). Alguns conhecimentos científicos sobre hidrostática e hidrodinâmica foram meios para compreensão das situações reais e construção de um pensamento científico, bem como conceder a Física um caráter aplicável ao estabelecer pontes entre as situações cotidianas e os conhecimentos científicos.

Realizamos a sequência didática com alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular de ensino do município de Vitória da Conquista - BA a qual sou professor da disciplina. No desenvolvimento da sequência didática em sala de aula alguns instrumentos foram utilizados para coleta, reflexão e análise dos dados como: as observações do pesquisador/professor presentes em diários de aula, questionários e as interações verbais durante a aula gravadas em áudio.

O capítulo 2 desta dissertação traz uma revisão bibliográfica sobre as pesquisas em ensino de física correspondentes ao estudo da Hidrostática e da Hidrodinâmica. Analisamos os trabalhos com o intuito de observar como está sendo apresentado o contexto dos fluidos nas perspectivas da pesquisa e fazer com que o produto educacional elaborado possa também contribuir com o ensino da Física dos fluidos.

O capítulo 3 contém uma síntese dos pressupostos teóricos norteadores da pesquisa bem como a base metodológica que favoreceu a construção da sequência didática.

O capítulo 4 reúne conhecimentos sobre os Fluidos apresentando definições e conexões das grandezas físicas com os equipamentos tecnológicos foco do estudo contido na sequência didática.

Os capítulos 5, 6 e 7 apresentam o desdobramento da sequência didática durante sua aplicação e as observações referenciadas nos pressupostos escolhidos.

Os apêndices A e B respectivamente trazem o produto educacional e os modelos de termos de autorização da pesquisa. O produto educacional foi pensado para dar mais condições para que o professor possa usufruir de recursos variados ao seu alcance. São listas de exercícios, vídeos, animações e protótipos que a escolha do professor pode ser explorada com o uso da hipermídia.

2. HIDROSTÁTICA E HIDRODINÂMICA NO ENSINO DE FÍSICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente revisão bibliográfica a respeito das pesquisas sobre o ensino de hidrostática e hidrodinâmica dos fluidos foi realizado nos periódicos Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e Experiências em Ensino de Ciências (EENCI), por serem periódicos dedicados predominantemente ao ensino de Ciências/Física e apresentarem em seu escopo propostas de ensino e relatos de experiência em sala de aula.

Além disso, mapeamos as dissertações do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), objetivando situar o estudo da Hidrostática e Hidrodinâmica nas áreas mencionadas por meio de propostas de ensino implementadas em sala de aula. Acessamos a página do programa no site da Sociedade Brasileira de Ensino de Física (SBF) e realizamos a pesquisa em cada polo do programa através dos *links* disponibilizados no site da SBF, um total de 57 polos em atividade.

A fim de efetuarmos um estudo mais completo no limite dos periódicos escolhidos e dos bancos de dissertações do MNPEF, verificamos desde o primeiro ano de publicação de cada periódico (CBEF: 1984; EENCI: 2006) e dos polos até 2021. Inicialmente os trabalhos nos periódicos e nas dissertações filtramos pelo título, palavras-chave e resumo para selecionarmos os artigos e dissertações que de algum modo abordasse assuntos de hidrostática/hidrodinâmica por meio dos descritores *hidrostática, hidrodinâmica e fluidos*. Após a seleção dos trabalhos, procedemos com a leitura completa e análise do *corpus* pautados nos objetivos desse estudo. A buscamos pelos artigos no CBEF e EENCI resultou num total de 12 trabalhos, destacados no Quadro 1.

Quadro 1: Artigos de periódicos considerando título, autores e ano de publicação

Nº	Periódico	Título	Autores	Ano
1	CBEF	Professores de Hoje, Alunos de Ontem... (dificuldades com alguns conceitos-chave sobre fluidos)	AXT	1988
2	CBEF	Demonstre em Aula uma Questão em Hidrodinâmica	FILHO	1996
3	CBEF	Arquimedes e a Coroa do Rei: Problemas Históricos	MARTINS	2000

4	CBEF	Experiencias de Laboratorio y Simulaciones Computacionales para la Enseñanza de los Fluidos	PESA	2004
5	CBEF	O Paradoxo Hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes	SILVEIRA; MEDEIROS	2009
6	CBEF	Frenagem de um Projétil em um Meio Fluido: "qual seria a distância, dentro da água, percorrida por um projétil calibre .50 com massa de 50 g e velocidade de 850 m/s?"	SILVEIRA	2013
7	CBEF	Uma Revisão da Questão da Garrafa PET da Prova ENEM 2013	RODRIGUES	2014
8	CBEF	Aplicabilidad del método de Stokes para medir la viscosidad de mezclas con gradiente de concentración	MEDINA; ALASTUEY; MARIGLIANO	2017
9	CBEF	O uso de jogos e simulação computacional como instrumento de aprendizagem: campeonato de aviões de papel e o ensino de Hidrodinâmica	SOUZA; MELLO	2017
10	CBEF	Um modelo de usina hidrelétrica como ferramenta no ensino de Física	TEIXEIRA; MURAMATSU; ALVES	2017
11	EENCI	Princípio de Arquimedes e Condições de Flutuação em Estações Laboratoriais no Ensino Fundamental	MOTA; SANTOS	2020
12	CBEF	Proposta de Sequência Didática para Hidrostática: Aprendizagem Ativa em Destaque no Ensino de Física	CID; PIZZI; LACERDA; OLIVEIRA	2021

Observa-se que, dos 12 artigos obtidos, 2 estão escritos em outro idioma (espanhol). O primeiro trabalho que aborda assuntos relacionados a hidrostática/hidrodinâmica foi publicado no CBEF em 1988, e os últimos trabalhos em 2021, evidenciando um intervalo de 33 anos e a pequena quantidade de artigos encontrada. No periódico EENCI o número de publicações é ainda menor, apenas uma em todas as 48 edições do periódico em 14 anos, sugerindo que o tema hidrostática/hidrodinâmica é pouco debatido/pesquisado nas revistas analisadas.

A dissertações foram pesquisadas em 51 polos do MNPEF, pois não foi possível acessar seis polos em função da não disponibilidade das páginas informadas pela SBF na rede. Dos polos pesquisados encontramos nove dissertações relacionadas com os descritores hidrostática, hidrodinâmica e fluidos. Apresentamos no quadro abaixo os títulos e respectivos autores das dissertações identificadas, bem como o ano de publicação.

Quadro 2: Dissertações encontradas

Nº	Título	Autor	Ano
1	Módulo didático que utiliza o kit de um elevador hidráulico como ferramenta de ensino do princípio de pascal	CALDAS	2015
2	O ensino de física na EJA: uma proposta com foco na utilização de atividades experimentais demonstrativas - um exemplo no estudo da hidrostática	GAMA	2015
3	Unidade de ensino potencialmente significativa em hidrostática	FEITOSA	2017
4	O processo de implementação de uma sequência de ensino investigativa e o desenvolvimento de conceitos relacionados à hidrostática no ensino médio	RODES	2017
5	Proposta de uma UEPS para desenvolver os temas densidade e pressão no ensino médio	FORTALEZA	2018
6	O estudo da hidrostática com o auxílio de metodologias ativas: <i>just-in-time teaching</i> e <i>peer instruction</i> como um facilitador para o ensino e aprendizagem	SANTOS	2019
7	Oficinas de aprendizagem experimental em física. o submarino de Arquimedes.	NACIMENTO	2019
8	Desenvolvimento de uma ferramenta web para o ensino de hidrostática	RODRIGUES	2020
9	A construção de uma sequência didática em uma perspectiva freiriana para o ensino de hidrostática	SANTOS	2021

O espaço temporal da primeira dissertação encontrada para a última foi de seis anos, um tempo bem inferior ao dos periódicos, todavia, considerando que foram analisadas todas as dissertações dos 51 polos do MNPEF, enfatizamos que a quantidade de dissertações publicadas que abordam hidrostática/hidrodinâmica é pequena e se mantém constante com uma média duas publicações ao ano.

No que concerne ao foco dos trabalhos, identificamos em alguns trabalhos um enfoque no desenvolvimento de conceitos de hidrostática/hidrodinâmica por meio de aparatos demonstrativos e/ou experimentais, a exemplo do trabalho de Axt (1988, p.160). O texto trata de dificuldades conceituais que alunos e professores de Ciências e de Física apresentam na área da mecânica dos fluidos, em especial com os conceitos de pressão hidrostática, pressão atmosférica e empuxo, propondo aos professores atividades experimentais como uma estratégia para o ensino desses conceitos. Teixeira, Muramatsu e Alves (2017) apresentam uma proposta de construção de um modelo interativo de usina hidroelétrica com materiais recicláveis e de baixo custo, que pode ser utilizado para trabalhar conceitos de mecânica rotacional, mecânica dos fluidos e eletromagnetismo em uma classe de Ensino Fundamental e Médio, de forma qualitativa.

Mota e Santos (2020) descrevem e analisam um conjunto de experimentos concebidos e implementados em duas escolas portuguesas do Ensino Fundamental para ajudar os alunos na compreensão do Princípio de Arquimedes e das condições de flutuação. Os resultados sugerem que as atividades experimentais foram importantes no combate às concepções alternativas, mas insuficientes no que concerne à aplicação da Segunda Lei de Newton no contexto do Princípio de Arquimedes e condições de flutuação. Medina e Marigliano (2017), confeccionaram um experimento que consiste em um tubo vertical contendo glicerina e água para discutirem por meio do método de Stokes as diferentes medidas de densidade e viscosidade das substâncias utilizadas e a relação dessas propriedades com a profundidade atingida por bolinhas que são liberadas dentro do tubo.

Caldas (2015) propôs um módulo didático composto por aulas teóricas, investigativas e experimentais (confeção de um elevador hidráulico) como instrumento pedagógico para a abstração dos conceitos de Fluidostática, com enfoque no Princípio de Pascal, a alunos do ensino médio. O questionário aplicado aos alunos após as atividades experimentais mostrou os efeitos positivos do experimento no ensino de Física. Nascimento (2019) apresenta uma oficina para abordar os princípios de hidrostática intitulada “O Submarino de Arquimedes”, que consiste em uma garrafa cheia de água, com um conta-gotas dentro. A oficina foi aplicada em uma turma de 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública, o professor mediador apresentou aos alunos o conta-gotas subindo e descendo dentro da garrafa PET para que os alunos expliquem o fenômeno. Os resultados do trabalho sugerem que as oficinas de aprendizagem experimental podem ser uma alternativa viável para melhorar a qualidade do ensino de física em nosso país.

Verificamos no trabalho de Souza e Mello (2017) a implementação de hipermídias com o objetivo de desenvolver conceitos de hidrodinâmica. Os autores apresentam uma sequência didática construída a partir de jogos educacionais, atividades experimentais e simulações computacionais para abordar o conteúdo de hidrodinâmica e sua aplicação no voo de aviões.

Sequências didáticas para o ensino da hidrostática baseadas em Metodologias Ativas são o foco dos trabalhos de Cid *et al* (2021) e Santos (2019). Três Metodologias Ativas são utilizadas como facilitadoras para o ensino e aprendizagem da Física: *Just-in-time Teaching* (ensino sob medida) e *Peer instruction* (instrução pelos

colegas/instrução por pares), Predizer-Observar-Explicar. Os resultados mostraram que as três metodologias integradas permitem uma melhor assimilação dos conceitos e definições de Hidrostática e um maior engajamento por parte dos alunos.

Os trabalhos de Filho (1996) e Rodrigues (2014) discutem os erros conceituais presentes em uma questão que ilustra por meio de uma imagem o vazamento de água por orifícios de uma garrafa. Filho (1996), apresenta esse problema presente em um livro didático, e Rodrigues (2014) revisa uma questão do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que traz a mesma ilustração, mas ambos questionam a imagem como sendo equivocada, reforçando os erros conceituais e concepções espontâneas dos alunos.

Constatamos também trabalhos com enfoque na História e Filosofia das Ciências. Martins (2000) discute a história de Arquimedes e a descoberta da falsificação da coroa do rei Hieron de Siracusa a partir de medidas da água derramadas pela coroa e por iguais pesos de ouro e de prata. Os resultados apresentados pelos autores indicam que a visão histórica referenciada é falsa, fazendo um serviço negativo ao ensino da física, pois descreve um método inviável de comparação de densidades, em vez de ensinar como se poderia realmente detectar a fraude.

Silveira e Medeiros (2009) analisam o denominado Paradoxo Hidrostático de Galileu, um enigma conectado com a Lei de Arquimedes para a Hidrostática. Segundo os autores, ignorar certos pressupostos presentes na formulação de determinadas leis na Física pode se constituir em sérios obstáculos epistemológicos para a compreensão do contexto de aplicação e/ou de validade dessas leis, fortalecendo o discurso ideológico tradicional, repleto de lacunas e ancorado em pressupostos empiristas–indutivistas.

Ribeiro (2018) propõe uma unidade de ensino seguindo os princípios da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) proposta por Moreira (2011) tendo como eixo norteador o ensino dos conteúdos densidade e pressão para uma turma do 1º ano do Ensino Médio com o objetivo de possibilitar uma aprendizagem significativa dos estudantes durante o processo de ensino e aprendizagem. Feitora (2017) elabora, aplica e avalia uma UEPS em Hidrostática, aplicada para alunos do 1º ano do ensino médio. Os resultados apresentados nos dois trabalhos indicaram o

desenvolvimento da aprendizagem dos alunos de forma significativa sobre o conteúdo abordado.

Rodes (2017) desenvolve e implementa uma sequência didática em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio para o ensino de Hidrostática, especificamente o Teorema de Stevin, sob a luz dos pressupostos teóricos e metodológicos do ensino de ciências por investigação. As conclusões da pesquisa reafirmam as contribuições do ensino por Investigação para a construção de conceitos físicos já apontadas pela literatura, ressaltando o caráter formativo da investigação, não apenas na educação científica, mas sobretudo no aprimoramento profissional docente. Pesa (2004) apresenta uma resenha do livro *Experiencias de laboratorio y simulaciones computacionales para la enseñanza de los fluidos* (CONCARE; KOFMAN; CÂMARA, 2001).

Dos trabalhos levantados, identificamos inspirações freirianas em dois. Santos (2021) apresenta uma proposta de sequência didática fundamentada nos pressupostos freirianos para o ensino e aprendizagem de hidrostática. A sequência foi desenvolvida por meio dos Três Momentos Pedagógicos em uma turma da 1ª série do Ensino Médio Integrada a Educação do campo na disciplina de Física. A problematização se deu a partir de uma visita dos estudantes a uma Barragem de represamento de água, possibilitando identificar nos discursos indícios para a construção de conhecimento de Hidrostática e de criticidade de suas próprias experiências. Os resultados indicaram que o diálogo e a problematização proporcionaram aos estudantes uma reflexão crítica sobre as questões que relacionavam os conhecimentos de Hidrostática com aspectos ambientais.

Gama (2015) expõe uma investigação que buscou analisar as contribuições, para ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos (EJA), de uma abordagem metodológica apoiada nas premissas da aprendizagem significativa desenvolvida por Ausubel (2003) e a educação dialógica e emancipatória defendida por Paulo Freire (2011, 2013), marcada pela utilização de Atividades experimentais demonstrativas para desenvolver conteúdos de Hidrostática. Os resultados do trabalho indicaram que a proposta atendeu as especificidades e as necessidades formativas dos sujeitos da EJA.

Os resultados desse levantamento bibliográfico substanciado explicitaram que os estudos sobre Hidrostática e Hidrodinâmica tem se expandido nas últimas décadas, todavia, a quantidade de trabalhos encontrados sinaliza para a necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas sobre a temática. Em especial estudos que relacionam a Hidrostática e Hidrodinâmica. No que se refere ao foco dos trabalhos, os resultados evidenciaram o predomínio do uso de aparatos demonstrativos e experimentais para o ensino de conceitos apenas da Hidrostática. E um enfoque demasiadamente conceitual e distante do cotidiano dos alunos, à exceção do trabalho de Santos (2021), que parte da problematização de uma situação do cotidiano dos alunos. Um exemplo é como podemos verificar no trecho a seguir retirado do artigo de Silveira (2013, p.157),

O objetivo deste artigo é desenvolver um modelo para a frenagem de um projétil em um meio fluido. Tratamos mais especificamente da frenagem de um projétil que se desloca inicialmente com velocidade de centenas de metros por segundo na água, objetivando estimar o seu *poder de penetração* no fluido. A motivação para o estudo se deu em função de uma pergunta, postada no sítio Pergunte do CREF-IFUFRGS, com o seguinte teor: Qual seria a distância, dentro da água, percorrida por um projétil calibre 50 com massa de 50 g e velocidade de 850 m/s? (<<http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=290>>. Acesso em: 12 jul. 2012)

A escassez de trabalhos que abordam situações cotidianas no domínio da Hidrostática e Hidrodinâmica, demonstra a necessidade da elaboração de propostas de ensino baseadas na problematização de situações cotidianas que busquem construir pontes entre os conceitos físicos relacionados a Hidrostática/Hidrodinâmica e as situações reais, a partir de temáticas relevantes.

O uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação também é pequeno, sendo verificado explicitamente apenas no trabalho de Souza e Mello (2017),

[...]desenvolveu-se nesse projeto um Produto Educacional com o objetivo de se buscar uma maior relação entre teoria, atividades lúdicas e as TICs, de modo que, se produzisse uma aprendizagem significativa a partir de uma sequência didática para o conteúdo de Hidrodinâmica” (SOUZA, MELLO, 2017, p.9).

Há poucos recursos diversificados de aprendizagem quando se trata do ensino de hidrostática e hidrodinâmica, como os recursos tecnológicos, a exemplo das hipermídias associadas a problemas do dia a dia dos alunos para possibilitar o diálogo, a reflexão crítica e participação deles no ensino do conhecimento científico.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Concepções Espontâneas: Obstáculos Epistemológicos na Perspectiva de Gaston Bachelard

Gaston Bachelard foi um cientista-educador, filósofo da Ciência e poeta francês que, por meio de suas obras, manifestou sua preocupação com a prática pedagógica, em especial no que diz respeito a formação do pensamento científico pelos alunos. Segundo Bachelard, para que o aluno apreenda conhecimento científico é necessário que ele supere os “obstáculos epistemológicos”, ou seja, é importante superar ou transpor uma série de “obstáculos epistemológicos”, por meio da aprendizagem, para se construir o pensamento científico (DELIZOICOV; ANGOTI; PERNAMBUCO, 2011). Estes obstáculos são “os retardos e perturbações que se incrustam no próprio ato de conhecer, uma resistência do pensamento ao pensamento” (JAPIASSU, 1976, p.171; apud ANGOTI; PERNAMBUCO, 2011).

Bachelard não possui obras destinadas exclusivamente ao contexto educacional, porém ele apresenta em seus textos reflexões acerca do conhecimento científico na escola (LOPES, 1996). Ele salienta para a necessidade de os professores conhecerem as concepções prévias dos alunos, criticando os professores pelo não reconhecimento desses obstáculos pedagógicos para a formação do pensamento científico pelos estudantes, para ele os obstáculos não podem ser negados, desprezados no processo de ensino e aprendizagem. “Sempre me surpreendeu o fato de que os professores de Ciências, mais que outros, não compreendem que não possa compreender. Poucos são aqueles que aprofundam a psicologia do erro” (BACHELARD, 1977 apud DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p.197).

O conceito de obstáculo epistemológico é empregado por Bachelard para interpretar o desenvolvimento científico, segundo Bachelard, a noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada no desenvolvimento histórico do conhecimento científico e na prática da educação (LOPES, 1996). Bachelard define obstáculo epistemológico como uma cristalização ou retrocesso ao ato de conhecer. É um conhecimento, uma concepção, e não uma dificuldade, ou uma falta de conhecimento. Este ato de conhecer “dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito é obstáculo à espiritualização” (BACHELARD, 1996, p.17). Estes obstáculos podem se manifestar

pela dificuldade em compreender determinados fenômenos, problemas, ou ainda, pelos erros que, para serem superados, deveriam conduzir à elaboração e a aceitação de um novo conhecimento (LINO, 2016).

É por meio de enfrentamentos que o conhecimento científico se desenvolve, também é por meio desses confrontos que se passa do conhecimento vulgar para o conhecimento formal em sala de aula. A negação e o confronto com tradições de pensamento são componentes fundantes da epistemologia bachelardiana (MILNITSKY; MUNHOZ, 2021). Ao julgar que o aluno chega às aulas de Física com muitos conhecimentos já construídos em outros espaços não formais de aprendizagem, ele argumenta que, durante a educação escolar, não se trata de adquirir uma nova cultura experimental, mas de modificar a cultura experimental já existente, fruto das interações cotidianas, derrubar os obstáculos epistemológicos já estruturados (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Estes obstáculos resultam das observações dos fenômenos e das experiências sem reflexão, quando o estudante em uma aula Física realiza uma simples observação sobre determinado fenômeno, sem buscar uma explicação aprofundada, se contentando com a simples observação e suas concepções iniciais sobre o fenômeno, essa concepção se torna um obstáculo a aprendizagem. “O obstáculo epistemológico tende a se manifestar mais decisivamente para mascarar a ruptura entre conhecimento comum e conhecimento científico, os obstáculos epistemológicos tendem a constituir-se, então, como anti-rupturas” (LOPES, 1996, p.16).

É tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato e proibir a busca de leis! Ainda hoje os maus alunos de Física “compreendem” as fórmulas empíricas. Acham que todas as fórmulas, inclusive as que decorrem de uma teoria bem-organizada, são empíricas. Pensam que as fórmulas não passam de um conjunto de números disponíveis, que basta aplicar a cada caso particular. (BACHELARD, 1996, p.37)

A curiosidade inicial, se não considerada e rompida, ao invés de auxiliar à apropriação de uma cultura científica, funcionará como uma dificuldade para tal. Para Lino (2016), se durante uma experiência realizada pelo professor em um laboratório, para provocar interesse, ele procurasse sempre causar assombro, por meio de alguma combustão ou explosão, o aluno focará muito mais na explosão, no fogo, do que na explicação do fato empírico propriamente dito. É por meio de uma psicanálise dos erros epistemológicos, ou seja, dos conhecimentos de senso comum dos alunos

que esses obstáculos serão identificados e confrontados para que haja a superação entre esses conhecimentos para o conhecimento científico (BACHELARD, 1996).

Na epistemologia de Bachelard o espírito científico é formado pela retificação dos erros e se fundamenta na aceitação de uma verdadeira ruptura entre o conhecimento sensível e conhecimento científico. Pois o conhecimento científico não pode ter sua base fundada sobre um conhecimento sensível. Mas partindo de uma percepção ingênua do fenômeno e superando uma série de obstáculos epistemológicos, o espírito atinge seu estágio científico. Assim se dá o progresso do pensamento científico (LINO, 2016, p.42).

O ato de conhecer sempre supõe o confronto de conhecimentos que, de algum modo, dificultam a compreensão do real. Os obstáculos são intrínsecos a construção de novos conhecimentos, pois é no “âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos” (BACHELARD, 1996, p.17).

Na medida em que o real científico se diferencia do real dado, o conhecimento comum, fundamentado no real dado, no empirismo das primeiras impressões, é contraditório com o conhecimento científico. O conhecimento comum lida com um mundo dado, constituído por fenômenos; o conhecimento científico trabalha em um mundo recomeçado, estruturado em uma fenomenotécnica⁴. É nesse sentido que o conhecimento comum acaba por se constituir em um obstáculo epistemológico ao conhecimento científico, exigindo que efetueemos o que Bachelard denomina de psicanálise do conhecimento objetivo (LOPES, 1996).

No quadro 3, destacamos os obstáculos epistemológicos que Bachelard (1996) apresenta na obra *A formação do Espírito Científico*.

Quadro 3 – Obstáculos epistemológicos apresentados na obra *A formação do Espírito Científico* (BACHELARD, 1996)

Obstáculos Epistemológicos	Resumo	Momento que podem surgir	Mecanismo de superação
Observação Primeira	É a opinião sem crítica científica. É o pensamento empírico idealizado pelo aprendiz durante a sua vivência com o mundo.	Quando durante uma aula, uma observação ou uma experiência o aprendiz se satisfazer de imediato simplesmente pela curiosidade do fato. Quando a imagem pitoresca provoca a adesão a uma hipótese não verificada permitindo uma explicação intempestiva	Construção racional bem explícita, a reflexão da experiência, para assim chegarmos num pensamento científico reavivando a crítica e expondo este conhecimento em contato com as condições que lhe deram origem.

⁴ Fenômenos que não estão naturalmente na natureza, construídos pela ciência por meio da técnica (LOPES, 1996).

Conhecimento Geral	É a imobilidade do pensamento científico quando se satisfaz com uma única definição que se apoia em uma ideia muito geral e superficial do fenômeno. Este conhecimento reduz o fenômeno a um simples fato sem necessidade de aprofundamento	Surge com as conclusões empíricas apreçadas de algum fenômeno. Quando o aluno se satisfaz com definições gerais de conceitos.	Será preciso então deformar os conceitos primitivos, estudar as condições de aplicação desses conceitos e, sobretudo, incorporar as condições de aplicação de um conceito no próprio sentido do conceito (racionalização).
Verbal	Pela simples imagem do fenômeno fica caracterizado o conhecimento a tal ponto que não se sente a necessidade de explicá-lo. Associar aos conceitos concretos interpretações abstratas.	As analogias que utilizamos no ensino, neste sentido, podem correr o risco de se tornarem obstáculos verbais ao conhecimento científico por associar aos conceitos concretos interpretações abstratas, fazendo o aluno pensar que avançou em suas ideias, mas não é o que ocorre	Utilizar analogias ou imagens metafóricas depois da explicação dos conceitos científicos.
Conhecimento Unitário	Atribui-se a qualidade de perfeição à ideia, fazendo com que generalize explicações para tudo. Valorização pré-concebida e abstrata das ideias da explicação, será o caso, portanto, não de um pensamento empírico, mas filosófico.	Pode surgir em um momento de preguiça intelectual, quando o aluno atribui a vários fenômenos a mesma explicação, ou seja, por um único pensamento ele o generaliza para vários outros.	Podemos evitá-lo através da verificação afincado do fenômeno, observando suas variáveis qualitativa e quantitativamente, mostrando que pode haver relações entre conceitos de fenômenos distintos, mas destacando as diferenças.
Conhecimento Pragmático	O pensamento pragmático acaba por ser um pensamento exagerado. Se caracteriza por explicar os fenômenos pela sua utilidade relativa ao homem.	Pode surgir em momentos de justificativa do porquê estudar aquele fenômeno, pois muitas vezes utilizamos da justificativa da utilidade dos fenômenos para poder estudá-los. Neste momento, pode ficar caracterizado a explicação do fenômeno, se tornando obstáculo a conhecimentos posteriores	Na tentativa da comprovação da ideia nunca dar explicações exageradas no sentido metafísico e filosófico.
Substancialista	É a atribuição de diversos poderes, virtudes e forças à substância. A	Surge quando o pensamento é guiado pelo que se vê e como se vê. É desta maneira	Este obstáculo é muito difícil de ser superado, pois se apoia no empirismo que tem

	explicação do fenômeno é dada pelos próprios adjetivos que se atribuem a substância.	que as qualidades designadas à substância são recebidas para a explicação dos fenômenos: dos sentidos.	uma base não muito segura, que são as proposições de observação. Portanto, devemos mostrar aos alunos que nossas observações podem ser falhas e não garantem a conclusão da explicação do fenômeno.
Animista	Atribui vida ou características dos seres vivos aos fenômenos e objetos inanimados.	Quando se tenta atribuir um valor vital e indiscutível à explicação do fenômeno, pela simples sedução de uma afirmativa sem provas. Quando se acha a analogia coerente o autor pode atribuir uma força sem limites aos elementos inanimados, animando-os, ou seja, atribuindo vida	Deve-se tomar cuidado com as analogias que relacionam as características dos seres vivos aos objetos inanimados.
Conhecimento Quantitativo	O pensamento científico não deve se aliar a nenhum destes extremos, o extremo quantitativo e o extremo qualitativo, que entram o pensamento por um todo. O extremo quantitativo é imediato e superficial se tornando subjetivo e obstáculo ao conhecimento qualitativo. O extremo qualitativo não faz ligação a um pensamento qualitativo de correlações entre objetos de um mesmo fenômeno, desta forma se tornando um obstáculo.	Este obstáculo pode surgir em um momento em que não é enfatizada, pelo professor ao aluno, a importância dos dois extremos, os conhecimentos que atribuem qualidade ao fenômeno e os conhecimentos que atribuem quantidade ao fenômeno.	Deve-se enfatizar sempre a importância de dados quantitativos e qualitativos para explicação por um todo de um fenômeno.

Fonte: LINO (2016, p.46)

No âmbito do ensino de Física, diferentes trabalhos referem-se aos obstáculos epistemológicos existentes na apreensão de alguns conceitos e fenômenos. Correia, Lima e Magalhães (2008), analisaram os obstáculos epistemológicos gerados pelo uso incorreto do conceito de calor. Segundo os autores, definir calor como sendo a energia transferida de um corpo para outro em virtude unicamente de uma diferença

de temperatura entre eles, conduz a crença de que calor é uma energia que já existe no corpo, pois se algo foi transferido de um lugar para outro é porque esse algo já existia naquele lugar de origem. Assim, a definição de calor recebe qualidades substancialistas, promovendo um obstáculo epistemológico que está baseado em uma cultura científica que ainda utiliza termos baseados na teoria do calórico (CORREIA; LIMA; MAGALHÃES, 2008).

Pietrocola (2013) desenvolveu uma pesquisa sobre o ensino e a aprendizagem de conceitos de física moderna e contemporânea na educação básica, buscando identificar na sala de aula obstáculos epistemológicos relacionados a compreensão do funcionamento de um acelerador de partículas. O autor verificou que os obstáculos epistemológicos possuem um papel decisivo no contexto do ensino e aprendizagem. Em sua pesquisa, os obstáculos epistemológicos promoveram erros conceituais em que as concepções e percepções do cotidiano ou concepções científicas dos alunos orientaram a interpretação dos fenômenos e dos objetos de estudo, e impediram a correta compreensão, ou, construção do novo conhecimento (PIETROCOLA, 2013).

Pereira (2017) analisou conceito de energia em livros didáticos dos anos iniciais do ensino fundamental através da idealização de obstáculo verbal na perspectiva bachelardiana. As dificuldades quanto ao que é energia ratificaram o caráter de obstáculo verbal que o termo expressa, especificamente, com razões justificadas nas análises dos livros didáticos que demonstram palavras ou esquemas que remetem energia ao trabalho, consumo, geração, transporte, o que substancializa ou materializa a energia e que podem ser consideradas como idealizações do obstáculo epistemológico verbal.

É durante o processo de ensino e aprendizagem que o professor pode constatar a existência desses obstáculos epistemológicos. Assim devemos trabalhar para que o conhecimento pré-estabelecido dos alunos não os leve a uma aprendizagem errônea, incompleta, ou a não aprendizagem. Desta forma, é impossível explicar um princípio científico se antes não confrontarmos as experiências primárias, sem fazer a psicanálise dos erros iniciais (BACHELARD, 1996). Nesse contexto, o erro não pode ser considerado como um fracasso, mas sim um passo importante para se adquirir novos conhecimentos. O conhecimento científico não é produto da continuidade do conhecimento cotidiano, mas acontece a partir do

enfrentamento dos obstáculos epistemológicos que se estabelece como um conjunto de retificações de erros (PEREIRA, 2017).

[...] Desta forma a noção de obstáculo além de poder ser utilizada para analisar a gênese histórica de um conhecimento, pode ser utilizada no ensino ou no estudo do desenvolvimento de ideias espontâneas dos alunos, ideias suscetíveis a se tornarem um obstáculo à aquisição de novas. Os obstáculos de origem epistemológica são inerentes ao saber e podem ser identificados historicamente nas dificuldades que os cientistas encontraram. Uma vez, conhecidas tais dificuldades, estas podem ser confrontadas analisando erros recorrentes, que se agrupam em torno de concepções, durante o aprendizado de determinado conceito. Pois a maioria desses obstáculos são encontrados e observados ainda hoje (LINO, 2016, p.47).

Bachelard argumenta que é necessário errar em ciência, pois o conhecimento científico só se constrói pela correção desses erros. Assim, o que existe não são verdades iniciais, mas erros iniciais. A ciência é um discurso verdadeiro sob fundo de erro. “O conhecimento científico se estrutura através da superação desses erros, em um constante processo de ruptura com o que se pensava conhecido” (LOPES, 1996, p.12). O pensamento fechado e estático sobre a ciência preza pela continuidade entre o conhecimento comum e conhecimento científico, recusa a retificação dos erros introduzindo analogias, metáforas para reforçar a ideia de uma ciência fácil e simples, podendo ser considerada como um refinamento do senso comum. “Uma manifestação clara dessa marca continuísta é a tentativa constante da escola de fazer do conhecimento escolar a ponte capaz de mascarar a ruptura entre conhecimento comum e conhecimento científico” (LOPES, 1996, p.7).

Esse processo de rupturas/negação não acarreta o abandono das teorias anteriormente construídas. Mas, de reorganizar, de ir além de seus pressupostos, por introduzir uma nova racionalidade. A filosofia bachelardiana não se configura como uma atitude de recusa, mas sim conciliação, no sentido da convivência com o diverso (LOPES, 1996). “A concepção norteadora da filosofia do não consiste em uma síntese dialética que, segundo Bachelard, permite negar uma visão de mundo e ascender a outra” (PINTO; ZANETIC, 1999, p.4). Uma coexistência de diferentes formas de compreender o mundo e expressar diferentes conceitos, teorias, de maneira assertivamente a depender do contexto, onde o conhecimento de senso comum cede lugar para o conhecimento racional (MILNITSKY; MUNHOZ, 2021).

Assim, temos diferentes interpretações para o mesmo fenômeno, diferentes perfis epistemológicos que se amparam em visões filosóficas distintas. Para o conceito de massa, como propõe Bachelard, essas visões vão de um *racionalismo*

ingênuo (no animismo a noção de massa está ligada a uma apreciação quantitativa grosseira que se concretiza no desejo de comer. O fruto maior para uma criança é o melhor, e, portanto, tem mais massa); passando para um *empirismo positivista* (o primeiro obstáculo é superado quando compreendemos a diferença entre o grande e o pesado. Quando isto ocorre o conceito de massa se interioriza passando a significar uma riqueza íntima que pode ser medida pela balança); depois para um *racionalismo clássico* (o terceiro aspecto torna-se claro com a mecânica de Newton, em que a massa é definida como o quociente da força pela aceleração. O aspecto dinâmico substitui o estático) (PINTO; ZANETIC, 1999).

Seguido de um *racionalismo completo* (com a teoria da relatividade percebe-se que a noção de massa tida como absoluta possui uma *estrutura funcional interna*. A noção de massa passa a depender da velocidade e associa-se com a energia como função da matéria); e por fim, um *racionalismo discursivo* (da mecânica de Dirac complicando ainda mais a estrutura interna da noção de massa, passando a distinguir duas massas, uma positiva (relativa à matéria), e outra negativa (relativa à anti-matéria) chegando assim à dialetização do conceito. A visão racional da mecânica clássica, por exemplo, é destacada por Bachelard como um forte obstáculo ao ultra racionalismo da mecânica quântica (PINTO; ZANETIC, 1999).

Segundo Lopes (1996), professores e pesquisadores devem ser vigilantes no sentido de buscar ultrapassar os obstáculos epistemológicos presentes nas aulas, e nas pesquisas. Por não analisar epistemologicamente o que ensina, os professores tendem a reforçar obstáculos dos quais eles deveriam auxiliar os alunos a superar. Bachelard contribui para que as compreensões sobre o conhecimento de senso comum sejam ponderadas. O papel do professor é questionar o conhecimento de senso comum dos alunos, assim como o seu próprio conhecimento cotidiano, considerando que

campos de conhecimento diversos têm racionalidades distintas, não unificáveis, não redutíveis uma à outra. Não é possível compreender a lógica das ciências com a racionalidade do conhecimento cotidiano, tal qual não é possível viver no cotidiano de forma que cada uma de nossas ações reflita uma lógica científica (LOPES, 1996, p.22).

A filosofia bachelardiana contraria o conhecimento estático, imutável, a passividade, a memorização mecânica que rejeita o erro, como verificamos usualmente nas escolas. Privilegia o pensamento dinâmico, plural, a discussão e o confronto entre antigos e novos conhecimentos.

3.2 Aquisição de Conhecimento em Contextos Complexos e Pouco Estruturados: A Teoria da Flexibilidade Cognitiva na perspectiva de Bachelard

A TFC é uma teoria construtivista de ensino, aprendizagem, representação e recontextualização do conhecimento, desenvolvida no final da década de 80 por Rand Spiro e colaboradores. Os primeiros trabalhos sobre a teoria tratam das dificuldades que alunos do curso de medicina tinham em transferir o conhecimento apreendido na academia para situações reais e/ou novas situações, compreendidas pelos autores da teoria como domínios de conhecimento complexo e pouco-estruturado (VIDMAR; SAUERWEIN, 2020; BRAGA, 2019).

A TFC delimita sua aplicação a aquisição de conhecimento de nível avançado em domínios complexos e pouco-estruturados, mas também a transferência de conhecimento para novas situações.

“Nesse nível o estudante adquire uma compreensão mais profunda do assunto a fim de possibilitar a aplicação desse conhecimento em diferentes contextos. Um domínio complexo e pouco estruturado é caracterizado por muitos conceitos que interagem de diferentes formas[...] visto que, a irregularidade está associada à complexidade e pouca estruturação, sendo necessário se atentar ao todo e à interação com os contextos” (BRAGA, 2020, p. 3).

A complexidade e pouca estruturação do contexto advêm da utilização de conceitos que podem ser difíceis por exigirem o gerenciamento de muitos processos cognitivos simultâneos; um grau de abstração para compreender aspectos pouco concretos; divergência entre o conceito e o conhecimento que já se possui; conceitos muito variáveis na sua aplicação (PESSOA, 2001). A incompatibilidade entre o novo conhecimento e o conhecimento de senso comum, uma das características do domínio complexo e pouco estruturado que promove exigências ao nível da intuição ou do conhecimento prévio que, na concepção de Bachelard (1996), não pode ser negligenciada

para a construção de novos conhecimentos, é preciso passar por um processo de superação do que o autor chama de “obstáculos epistemológicos”, ou seja, na impossibilidade do questionamento perante um determinado conhecimento, fazer om que exista uma espécie de instinto conservativo do conhecimento em detrimento do formativo (SANTOS, 2020, p.55).

A irregularidade do domínio permite que os mesmos conceitos assumam diferentes significados quando colocados em contextos diferentes, induzindo ao erro.

Segundo Bachelard (1996), o erro conduz o processo de enfrentamento, é o elemento motor da produção do conhecimento, precisa ser analisado e superado, evidenciando que o conhecimento não é absoluto e acumulativo, mas resultado de várias retificações necessárias que proporcionam o desenvolvimento do ser humano (SANTOS, 2020).

O objetivo da TFC é promover o desenvolvimento da Flexibilidade Cognitiva, “capacidade que o sujeito tem, de perante uma nova situação(ou problema) reestruturar o conhecimento para resolver a situação (ou problema) em causa” (CARVALHO, 2000, p.173). Quando diante de situações complexas e pouco-estruturadas, como os casos do mundo real, é necessário que o estudante seja capaz de reestruturar conhecimentos, associar diversos conceitos, recontextualizar o conhecimento para aplicá-lo a nova situação. Para aprender em um domínio complexo e pouco estruturado é necessário dominar e relacionar uma multiplicidade de conceitos que interagem entre si.

Para que o sujeito desenvolva a flexibilidade cognitiva a TFC busca proporcionar ao sujeito a construção de esquemas flexíveis ao longo do processo de apreensão do conhecimento. As múltiplas representações de conhecimento é uma das orientações que auxiliam nessa construção flexível de conhecimento. Segundo Vidmar e Sauerwein (2020) As múltiplas representações do conhecimento se referem a dois aspectos principais:

(i) múltiplas formas de organização do conhecimento, por meio de casos, mini casos e temas de análise conceitual interligados e (ii) múltiplas mídias – textos, imagens, gráficos, animações, vídeos – para apresentação do conhecimento (caso, mini caso e tema) (VIDMAR; SAUERWEIN, 2020, p.3).

A TFC utiliza uma abordagem centrada no estudo de casos, estes são o ponto de partida para analisar um domínio de conhecimento. Os casos são situações reais nas quais se aplica o conhecimento conceitual para preparar os alunos para aplicarem o conhecimento que eles adquirem na escola aos casos do mundo real. Os casos podem ser o capítulo de um livro, uma sequência de um filme, um acontecimento histórico, uma notícia, entre outros. Os casos devem ser variados e abrangerem diferentes perspectivas do conhecimento (SPIRO; FELTOVICH; COULSON, 1987 apud BRAGA; JOSÉ, 2021). Vidmar e Sauerwein (2020) ressaltam que a ideia dessa abordagem não é deixar de ensinar conceitos, estes são tão importantes quanto os

casos, o que se altera é a forma como os conhecimentos serão trabalhados, proporcionando uma aprendizagem contextualizada para o ensino de física.

Conforme Moreira (2021), ensinar e aprender física envolve conceitos e conceituação, modelos e modelagem, bem como, situações que façam sentido para o estudante, competências científicas, dialogicidade, criticidade e interesse. Demandas antigas, mas que ainda se constituem como desafios para o ensino de física, sendo o maior deles o interesse, todavia, “o ensino focado na preparação para a testagem, no aplicacionismo de fórmulas, na memorização de respostas corretas, provoca desinteresse dos alunos. É uma perda de tempo” (MOREIRA, 2021, p.7). Para despertar o interesse dos alunos, entre outras coisas, é necessário usar situações que dão sentido aos conceitos, situações do entorno do aluno em níveis crescentes de complexidade e abstrações. Também é importante levar em conta o conhecimento prévio deles (MOREIRA, 2021).

Os casos devem ser decompostos e analisados em unidades menores denominadas de mini-casos, permitindo que aspectos importantes dos casos que se perderiam no estudo do todo sejam estudados de maneira relevante; e evitando uma sobrecarga cognitiva (BRAGA; JOSÉ, 2021). Os mini-casos permitem que a complexidade seja abordada por meio de pequenas partes, promovem assim uma melhor compreensão do caso. “Constituem-se como a unidade fundamental de ensino” (VIDMAR; SAUERWEIN, 2020, p.3).

Na TFC o conhecimento precisa ser reorganizado em meio a um domínio de conteúdo amplo, complexo e irregular para diferentes usos. Para isso os autores propõem expor o aluno a complexidade desde o início, utilizando analogias para indicar as semelhanças bem como as limitações e os aspectos enganosos das analogias, as múltiplas representações do conhecimento, o estudo de casos e o conhecimento conceitual como conhecimento aplicado ao caso (PESSOA, 2001). Se conhece inicialmente o todo para a partir daí analisar as partes que o constituem, assim, “o processo de ensino-aprendizagem inicia com tratamentos complexos, porém situados em mini casos cognitivamente gerenciáveis, auxiliando também na subsequente reestruturação do conhecimento” (VIDMAR; SAUERWEIN, 2020, p.3).

3.3 Concepções Alternativas na TFC: articulações com a epistemologia Bachelardiana

Os primeiros trabalhos sobre a TFC tratam de estudos realizados com alunos de medicina e assuntos dessa área do saber. Os autores verificaram nos alunos uma tendência generalizada de desenvolverem erros significativos na compreensão conceitual em função da predominância das concepções alternativas, fruto das simplificações no processo ensino-aprendizagem. Os autores concluíram que os estudantes do curso de medicina apresentavam dificuldade em empregar o conhecimento para novas situações (PESSOA, 2001; BRAGA, 2019).

“A simplificação de um assunto bem como a metodologia de ensino tradicional leva a abordagens monolíticas” (PESSOA, 2001, p.149), como resultado, os alunos têm dificuldade em transferir o conhecimento, ficando no campo da simples reprodução do que foi apreendido. Segundo Spiro, et al. (1988 apud PESSOA, 2001), abordagens iniciais simplificadas impedem a aquisição da complexidade, pois os alunos preferem manter a abordagem simplificada e rejeitam o novo conhecimento que não se ajusta ao conhecimento inicial. Por isso, os autores defendem que a complexidade seja tratada desde o início. Mesmo que acarrete algumas dificuldades, isto facilitará o processo de transição das concepções espontâneas para o novo conhecimento conceitual (PESSOA, 2001).

Uma alternativa consiste no uso de analogias, pois estas ajudam os alunos a iniciarem na complexidade, porém, salientam o cuidado que deve se ter com elas, pois a utilização indevida pode promover o aparecimento de concepções espontâneas. As concepções alternativas verificadas nos alunos de medicina têm origem, geralmente, das incompreensões específicas dos conceitos, e da tendência de reduzirem importantes aspectos da complexidade em nome da simplificação (PESSOA, 2001).

“Os erros identificados nos alunos de medicina incluem erros de conteúdo que frequentemente integram generalizações, fazendo com que determinados assuntos sejam vistos como mais simples do que realmente são. Por outro lado, representam mentalmente processos dinâmicos como se fosse estáticos” (SPIRO et al., 1988; apud PESSOA, 2001, p.153).

As concepções alternativas pré-existentes sustentam outras que podem surgir, originando a construção de redes de concepções alternativas (SPIRO et al., 1988; apud PESSOA, 2001). Segundo os autores da TFC, os diferentes modos de se apresentar conhecimentos complexos de forma mais fácil são enviesamentos de

aquisição no processo de apreensão de conhecimento de nível avançado em contextos complexos e pouco-estruturados. Entre os enviesamentos, todos derivados da simplificação, está o da “exagerada confiança nas estruturas pré-compiladas do conhecimento” (PESSOA, 2001, p.155). Os estudantes utilizam as concepções de senso comum como receitas para enfrentar novas situações ou casos, gerando erros e compreensão incorreta dos conceitos (PESSOA, 2001).

Essas concepções espontâneas, se não consideradas no contexto do ensino e aprendizagem podem configurar-se como entraves a aquisição de conhecimentos científicos, sendo necessário superá-las para a formação do espírito científico (BACHELARD, 1996). Isto equivale a um confronto entre o senso comum e o conhecimento científico para que haja a aceitação e construção do conhecimento científico. Mas, no âmbito da TFC, também a transferência de conhecimento para novas situações e aquisição de conhecimento de nível avançado em contextos complexos e pouco estruturados.

A flexibilidade cognitiva é essencial na construção, organização e reestruturação do conhecimento face a novas situações e contextos de utilização ((VIDMAR; SAUERWEIN, 2020). Para que, quando diante de situações complexas, que demande um conhecimento crítico e profícuo, o aluno seja capaz de reestruturar conhecimentos científicos para aplicá-los na situação em pauta.

4. ESTUDO DOS FLUIDOS

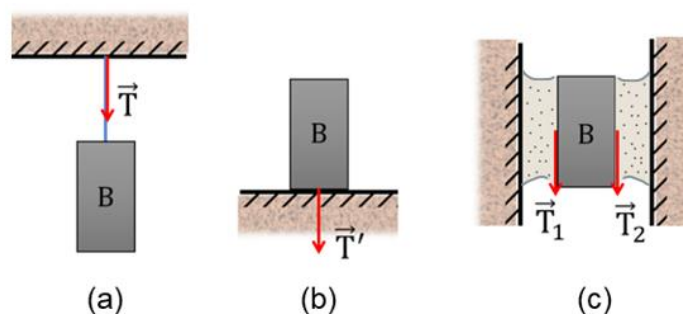
A água é um recurso essencial para a vida e ter acesso a ela fez surgir novos estilos de vida sustentados por tecnologias bem disseminadas, mas que operam através de conhecimentos pouco explorados por seus usuários restringindo-os a somente esta função. Caixas d'água, sistemas de descargas, chuveiro e tubulações hidráulicas são exemplos de elementos que para um uso correto precisam ser compreendidos na ótica instrumental e funcional viabilizando escolhas mais coerentes apoiados em ações sustentáveis e que visam a economia de água e uma melhor qualidade de vida. A física é uma área do conhecimento que é base do funcionamento destas tecnologias e, por isso, compreender os seus conceitos é essencial para a formação crítica dos alunos. Neste capítulo iremos abordar alguns conceitos da mecânica dos fluidos com enfoque nos líquidos.

4.1. Propriedades dos Fluidos

Para compreender as propriedades de alguns corpos é necessário tomar partido de algumas características observadas e idealizadas. Um corpo sólido, por exemplo, apresenta geralmente volume e forma bem definidos, podendo ser razoavelmente alteradas por forças externas, já um líquido possui um volume bem definido, porém não assumindo uma forma única, ou seja, amolda-se ao recipiente que o contém. A sua capacidade de deformação confere a propriedade de escoar ou fluir, o que faz jus a sua nomenclatura, fluido (NUSSENZVEIG, 1983).

A forma com que os materiais sólidos e líquidos se comportam com a ação de forças pode trazer uma melhor caracterização. Se levarmos em consideração forças que atuam em superfícies, que geralmente são proporcionais a área, observaremos a presença de tensões classificadas como normais e tangenciais, distinguíveis em relação às superfícies sobre as quais atuam.

Figura 1 – Sistemas mecânicos com suas respectivas tensões.



Fonte – Adaptado de Nussenzveig (1983).

Na figura 1 (a) e (b) vemos dois exemplos de tensões normais, a de tração \vec{T} atuando em um elemento de superfície do teto e a de compressão \vec{T}' , também compreendida como uma pressão sobre o elemento de superfície no chão, ambas entram em equilíbrio com as forças externas. Para a situação apresentada em (c) com o bloco B colado entre duas paredes teremos duas tensões tangenciais \vec{T}_1 e \vec{T}_2 chamadas de tensões de cisalhamento que causarão um deslizamento de camadas adjacentes da cola até que ocorra a solidificação e conseqüentemente uma equiparação das forças internas com o peso do bloco, ou seja, o equilíbrio da estrutura. Se levarmos em consideração a ação das tensões tangenciais na cola ainda líquida verificaremos uma diferença fundamental entre os sólidos e líquidos, o fluido se escoar e permanece em movimento quando está sujeito a uma força tangencial, que mesmo de pequena intensidade pode provocar uma significativa deformação quando atuante por um período suficiente (NUSSENZVEIG, 1983).

Para o caso de um fluido real é observado uma resistência ao deslizamento relativo das camadas mais próximas o que é uma característica chamada de viscosidade, definida como a taxa de variação espacial da velocidade relativa de deslizamento. Enquanto para um sólido a resistência a esforços é relativo à deformação, num fluido líquido teremos uma dependência à velocidade de deformação, logo um fluido em equilíbrio, não pode haver tensões tangenciais o que é pertinente para as considerações da estática dos fluidos (MASSEY, 2002).

4.2. Pressão em um fluido

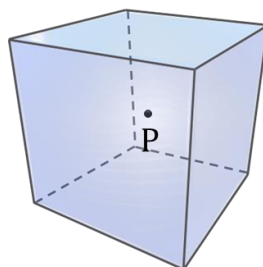
Os aspectos que serão levantados a seguir correspondem a escala macroscópica, um modelo de fluido contínuo, com muitos átomos, distâncias interatômicas muito menores que as distâncias macroscópicas e suas propriedades variando ponto a ponto.

Considerando um elemento de volume infinitésimo $\Delta V = \Delta x \Delta y \Delta z$ de um fluido podemos definir a densidade ρ , em um ponto P, por

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta m}{\Delta V} \right) = \frac{dm}{dV} \quad (1.1)$$

onde Δm é a massa de um volume ΔV do fluido em volta do ponto P, figura 2. Cabe ressaltar que o elemento infinitésimo de volume quando tem seu valor tendendo a zero na equação (1.1) estamos considerando as características do modelo de fluido estabelecido anteriormente fazendo que tenhamos uma variação contínua na escala macroscópica. A densidade ρ é dada em $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ no sistema internacional de unidades de medidas (SI).

Figura 2 – Representação do elemento de volume infinitésimo de um fluido.



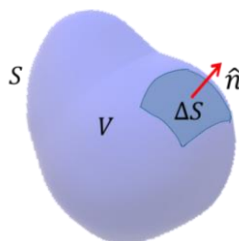
Fonte – Próprio autor (2021).

Como analisamos, um fluido para estar em equilíbrio cada porção deve ter a resultante das forças nulas, sendo o conjunto de forças num meio contínuo classificadas como volumétricas e superficiais. As forças volumétricas têm um longo alcance e atuam em todos os pontos do meio, um exemplo é a força gravitacional que podemos verificar, nesta perspectiva, uma relação direta com o volume ΔV . Em torno de um ponto do meio com densidade ρ temos que esta força volumétrica é dada por

$$\overline{\Delta F} = \Delta m \vec{g} = \rho \vec{g} \Delta V \quad (1.2)$$

Em um líquido também temos a presença das forças superficiais que atuam nas camadas limitadas por elementos de superfície S , cada porção horizontal atua sobre a camada logo abaixo. Para uma secção tomada em outras direções é necessário especificar um vetor \hat{n} convencionalmente normal e dirigido para fora do elemento de superfície ΔS , figura 3.

Figura 3 – Representação do vetor \hat{n} em relação ao elemento de superfície ΔS tomado para fora da porção de fluido.



Fonte – Adaptado de Nussenzveig, (1983).

Ao longo de \hat{n} deve ser verificado uma tensão correspondente a um esforço de tração e conseqüentemente uma componente oposta que chamamos de pressão (NUSSENZVEIG, 1983). A força superficial sobre um elemento de superfície dS corresponde a uma pressão p :

$$d\vec{F} = -p \hat{n} dS \quad (1.3)$$

onde

$$p = \left| \frac{d\vec{F}}{dS} \right| = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(\frac{\overline{\Delta F}}{\Delta S} \right) \quad (1.4)$$

Na condição de um fluido em equilíbrio a pressão p não depende de \hat{n} fazendo que seja imutável em todas as direções, ou seja, a pressão é dependente da posição P , ou seja, $p = p(P)$. A grandeza pressão pode ser apresentada em diversas unidades de medida, no caso do SI é equivalente a $1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa}$, também sendo verificada em atmosfera, $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ e o milímetro de mercúrio, $1 \text{ mmHg} = 1,316 \times 10^{-3} \text{ atm}$ como exemplo.

4.3. Equilíbrio em um campo de forças

Os líquidos como a água estão sujeitos a ação da gravidade e no caso estático temos seus fenômenos intrinsecamente relacionados.

Consideraremos um fluido imerso em um campo de forças na condição de equilíbrio, a sua força volumétrica $\Delta\vec{F}$ é equivalente a

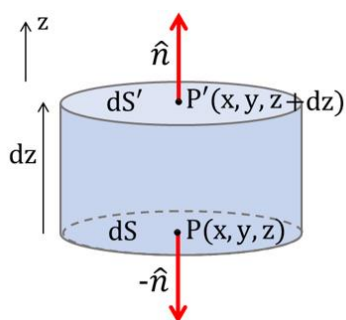
$$\Delta\vec{F} = \vec{f} \Delta V \quad (1.5)$$

onde \vec{f} será chamado de densidade de força e para o caso do campo gravitacional conforme (1.2) escreveremos como

$$\vec{f} = \rho \vec{g} \quad (1.6)$$

O efeito da força volumétrica para um elemento de volume cilíndrico pode ser ilustrado com a figura 4.

Figura 4 – Elemento de volume cilíndrico infinitésimo de ordem $dS dz$.



Fonte – Adaptado de Nussenzveig, (1983).

A partir da atuação da força volumétrica na direção z , levando em consideração a relação (1.5), estabeleceremos a seguinte relação:

$$F_z = f_z dS dz \quad (1.7)$$

onde $dS dz$ é o correspondente ao infinitésimo de volume.

Tendo em vista a presença das forças superficiais $d\vec{F}$, para uma distribuição total com base em (1.3) temos

$$d\vec{F} = [-p(x, y, z + dz) + p(x, y, z)] dS \quad (1.8)$$

Como as coordenadas de P e P' se diferem a menos de um infinitésimo dz, conforme a figura 4, a soma em (1.8) pode ser escrita como

$$-p(x, y, z + dz) + p(x, y, z) = -\frac{\partial p}{\partial z}(x, y, z) dz \quad (1.9)$$

Somando a força volumétrica a contribuição superficial na condição de equilíbrio obteremos a relação

$$F_z = \left(f_z - \frac{\partial p}{\partial z} \right) dS dz = 0$$

Assim para f_z

$$f_z = \frac{\partial p}{\partial z} \quad (1.10)$$

Pela relação (1.10) vemos que a componente z da densidade de força volumétrica é igual a taxa de variação da pressão com z. Tomando \hat{n} paralelo aos eixos x e y analogamente obteremos as componentes f_x e f_y :

$$f_z = \frac{\partial p}{\partial z}, \quad f_y = \frac{\partial p}{\partial y}, \quad f_x = \frac{\partial p}{\partial x} \quad (1.11)$$

logo a densidade de força volumétrica pode ser escrita como o gradiente de uma função escalar, no caso a pressão p, portando

$$\vec{f} = \text{grad } p \quad (1.12)$$

Tomando o eixo z orientado verticalmente para cima, a densidade de força volumétrica terá as suas componentes f_x e f_y iguais a zero tornando p uma função de z que consideraremos como uma altitude. Retomando a (1.6)

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g \quad (1.13)$$

Com a relação (1.13) e a figura 4 podemos perceber que à medida que atingimos maiores altitudes em relação a superfície inferior a pressão diminui pelo peso específico ρg .

Para um fluido incompressível definido com $\rho = \text{constante}$ e a força volumétrica conservativa, podemos assumir que

$$\vec{F} = -grad U \quad (1.14)$$

onde U é a energia potencial no campo de força \vec{F} .

Para uma análise mais minuciosa tomaremos a densidade de energia potencial u e as relações (1.12) e (1.14) verificando que

$$\vec{f} = -grad u = grad p \quad (1.15)$$

Tendo em vista que as derivadas parciais de $(-u)$ e p em relação as componentes do gradiente devem ser iguais, as grandezas distinguirão por uma constante. Para vizinhanças da superfície da Terra a densidade de energia potencial é dada por $\rho g z$.

Logo sendo z igual a altitude

$$p(z) = -\rho g z + \text{constante} \quad (1.16)$$

Integrando (1.16) em relação a z entre os limites z_1 e z_2 , caracterizados como altitudes, temos

$$p(z_2) - p(z_1) = -\rho g (z_2 - z_1) \quad (1.17)$$

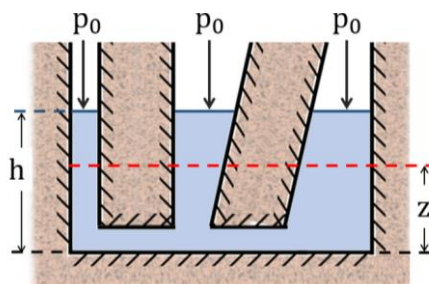
Se tratarmos de z_1 como uma superfície livre do líquido, em contato com a atmosfera e $z_1 - z_2 = h$, a profundidade abaixo da superfície, a pressão no interior do líquido é dada por

$$p = p_0 + \rho g h \quad (1.18)$$

onde p_0 é a pressão atmosférica. Ao nível do mar podemos aproximá-la a $101,325 \text{ kPa} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$.

A equação (1.18) é a Lei de Stevin que trata do aumento linear da pressão com a profundidade. Uma situação que é explicada pela lei de Stevin é o princípio dos vasos comunicantes, constitui de um recipiente com diversos ramos possuindo superfícies livres de um líquido, todas sobre a mesma altura h , figura 5. Mesmo com ramos de formatos diferentes a pressão no fluido tem o mesmo valor à correspondente altura z (NUSSENZVEIG, 1983).

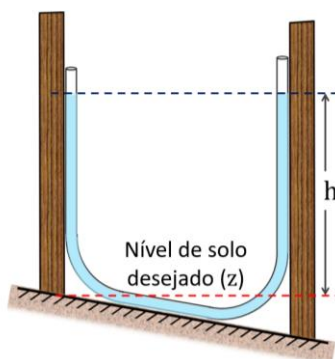
Figura 5 – Ilustração de um recipiente contendo um líquido cujas ramificações estão sujeitas a pressão atmosférica p_0 .



Fonte – Próprio autor (2021).

O princípio dos vasos comunicantes é a base de funcionamento de instrumentos como mangueiras de nível e sistemas hidráulicos como a entrada do sifão de uma bacia sanitária. Para as mangueiras de nível o líquido contido tem nas extremidades deste recipiente superfícies livres que indicam na mesma altura um alinhamento horizontal favorecendo a implantação de uma superfície sem desníveis como na figura 6. Uma bacia sanitária para evitar a proliferação de gases indesejados vindos da saída de esgoto mantém um volume de água no seu interior conforme o esquema da figura 7, já que a curvatura antes do sifão retém o mesmo nível d'água que a contida na bacia sanitária.

Figura 6 – Representação do uso de uma mangueira de nível.



Fonte – Próprio autor (2021).

Figura 7 – Esquemática das partes de uma bacia sanitária com caixa acoplada.



Fonte – Adaptado de Questão 78 da prova azul do primeiro dia do Enem 2011. Disponível em https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2011/dia1_caderno1_azul.pdf . Acesso em 9 de Agosto de 2021.

4.4. O princípio de Pascal

A pressão em um líquido só depende do desnível entre dois pontos deste líquido, por tanto se causarmos uma variação de pressão em um dos pontos transmitiremos por todo o líquido uma mesma variação de pressão (NUSSENZVEIG, 1983). A situação trata-se de uma consequência da lei de Stevin e por sua vez do equilíbrio de um fluido. O contexto é conhecido como princípio de Pascal e teve sua principal aplicação na construção da prensa hidráulica. Levando em consideração o esquema da figura 8, para que as forças sobre os pistões estejam em equilíbrio a proporção das aberturas vedadas pelos pistões devem ser proporcionais a estas forças (MASSEY, 2002).

$$p_1 = p_2 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (1.19)$$

Com base em (1.19), se dobrarmos a força F_2 com a intenção de manter o equilíbrio, a área da abertura A_2 também deve ser dobrada.

Figura 8 – Prensa hidráulica baseada no princípio de Pascal.



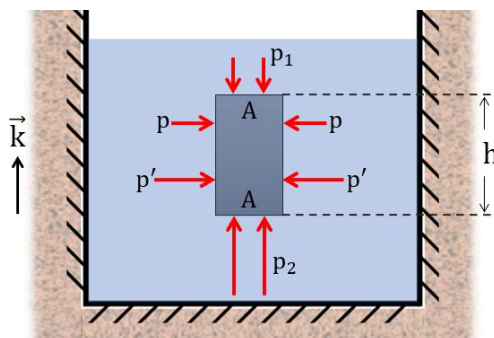
Fonte – Adaptado de Nussenzveig (1983).

O princípio de Pascal ainda é verificado quando analisamos o sistema hidráulico de uma casa. Se uma caixa d'água colocada no ponto mais alto de uma distribuição de pontos de hidráulica, ou seja, saídas para torneiras e equipamentos como chuveiros é elevada, a variação de pressão devido a esta mudança será verificada em toda tubulação. Por exemplo, se elevarmos a caixa d'água em 10 metros todos pontos de hidráulica terão um acréscimo de pressão equivalente a 1 atm.

4.5. O princípio de Arquimedes

Em 1586 Simon Stevin enunciou o chamado princípio de solidificação que trouxe uma análise sobre um fluido em equilíbrio. Stevin supôs que se uma parte de um fluido fosse solidificada mantendo-se imerso, o seu volume ainda estaria em equilíbrio com o restante do fluido. Esta colocação nos traz que as forças superficiais que atuam sobre a superfície do sólido têm sua resultante igual e oposta a soma das forças volumétricas, por tanto as pressões superficiais não se alteram (NUSSENZVEIG, 1983).

Figura 9 – Esquematização de um corpo sólido cilíndrico imerso em um líquido e as respectivas pressões devido as forças superficiais.



Fonte - Adaptado de Nussenzveig, (1983).

Considerando um cilindro sólido imerso em um líquido, figura 9, é possível verificar que as forças que atuam nas superfícies laterais se equilibram, mas as pressões exercidas pelo líquido nas bases do cilindro resultam em uma força verticalmente para cima já que $p_2 > p_1$. Pela relação (1.17) tomando os limites as pressões p_2 e p_1

$$p_2 - p_1 = \rho g h \quad (1.20)$$

multiplicando ambos os lados da equação (1.20) pela área A da base do cilindro temos

$$p_2 A - p_1 A = \rho g h A \quad (1.21)$$

O produto da pressão pela área é equivalente a somatória das forças que atuam na respectiva superfície e no caso de (1.21) a esquerda da igualdade nos revela a resultante das forças superficiais que representaremos como $\vec{E} = E \vec{k}$. Para a direita da equação, o produto $A h$ é igual ao volume do cilindro de altura h , logo

$$E = \rho g V = m g \quad (1.22)$$

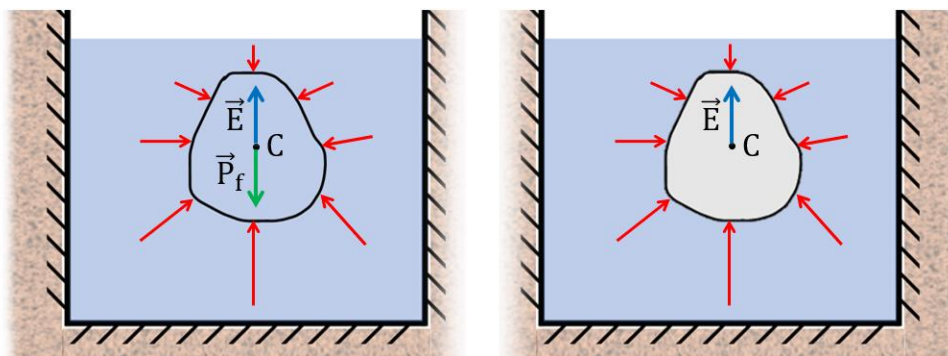
onde a força \vec{E} é chamada de empuxo é dada por

$$\vec{E} = m g \vec{k} = -\vec{P}_f \quad (1.23)$$

onde \vec{P}_f é o peso da porção de fluido deslocada.

Arquimedes de Siracusa no século III a.C. enunciou que um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido recebe dele um empuxo igual e contrário a P_f e aplicado no centro de gravidade C da mesma como na figura 10 (NUSSENZVEIG, 1983). Arquimedes expôs o pensamento depois tratado por Stevin como princípio da solidificação, ambos chegaram a mesma conclusão, não há uma dependência da forma do sólido imerso, mas do volume de líquido deslocado ou do peso desta porção de fluido como apresenta a relação (1.23).

Figura 10 – Arranjo de forças que culminam no empuxo para um sólido de formato arbitrário.

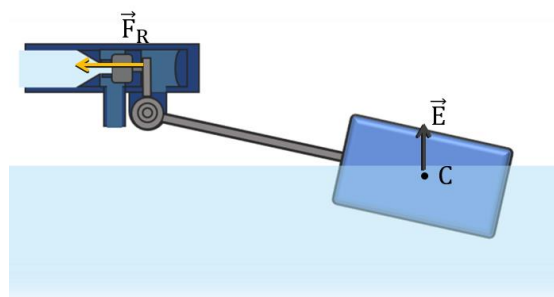


Fonte – Adaptado de Nussenzveig, (1983).

Uma característica que pode ser verificada na imersão de um objeto sólido em um fluido é a flutuabilidade, a relação do peso do objeto com o peso do fluido deslocado, é o principal motivo que determina se o objeto flutua. Se a densidade média do objeto sólido é menor que a do líquido veríamos este flutuando já que $|\vec{E}| > |\vec{P}_f|$.

O aproveitamento da flutuabilidade de corpos imersos em líquidos é utilizado para a vedação da válvula de enchimento de uma caixa d'água. No sistema ilustrado pela figura 11, a boia quando é submersa pelo aumento do nível d'água tem o empuxo \vec{E} como força potente que a partir de sua haste, agindo como braço de força, pressiona uma bucha de vedação contra a saída de água com uma força resistente \vec{F}_R impedindo que o reservatório ultrapasse o nível desejado.

Figura 11 – Esquema de uma boia de caixa e a relação do empuxo no seu funcionamento.



Fonte – Próprio autor (2021).

4.6. Introdução a dinâmica dos fluidos

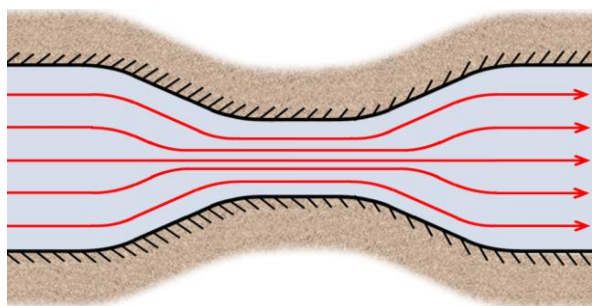
A dinâmica de um fluido não é algo trivial, mas é possível com algumas considerações alcançar noções importantes. Para descrever o movimento de um fluido precisamos assumi-lo como um conjunto de elementos de volume assemelhando-os como partículas. Para Lagrange, acompanhar a trajetória total de uma partícula ao longo do tempo fomentaria a descrição completa do movimento do fluido, mas esta é uma tarefa difícil e pouco usada já que o detalhamento das trajetórias raramente é algo necessário. No estudo do movimento dos fluidos a predominância das abordagens segue o método Euleriano que leva em consideração

um ponto \vec{r} do fluido e observando nele a variação da velocidade \vec{v} das partículas que o perpassam ao longo do tempo t .

$$\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t) \quad (1.24)$$

Na descrição de Euler, as propriedades do escoamento são obtidas tendo em vista a relação das velocidades e do tempo, do qual é o agrupamento de vetores, constituído ponto a ponto que define nele um campo vetorial, chamado de campo de velocidades (NUSSENZVEIG, 1983). A figura 12 mostra ilustra as linhas de corrente para um escoamento dentro de uma canalização.

Figura 12– Representação das linhas de corrente do escoamento de um fluido.



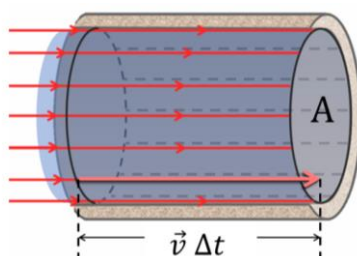
Fonte – Adaptado de Nussenzveig (1983).

O escoamento de água a baixas velocidades em uma tubulação ligada a um grande reservatório é um exemplo de quando o campo de velocidades não tem uma variação no tempo fazendo com que as linhas de corrente coincidam com as trajetórias das partículas do fluido (NUSSENZVEIG, 1983). Este exemplo corresponde a um escoamento estacionário que por sua vez permite que façamos (1.24) ser escrita como $\vec{v} = \vec{v}(\vec{r})$.

4.7. Conservação da massa e a Equação de Continuidade

Ao tratar da evolução de um sistema físico recorreremos muitas das vezes a leis de conservação que fornecem uma condução segura ligada a simetria natural do fenômeno. Na ótica da lei da conservação da massa iremos analisar o escoamento estacionário de um líquido como a água.

Figura 13 – Tubo de corrente de um fluido estacionário.



Fonte – Adaptado de Nussenzveig, (1983).

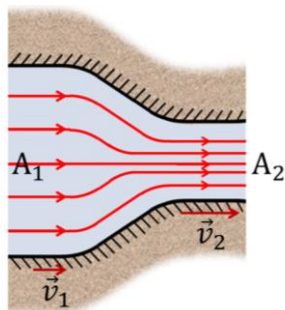
Considerando linhas de correntes que formam uma superfície cilíndrica de secção transversal de área A (figura 13), a massa de água Δm de densidade ρ que atravessa essa secção num intervalo de tempo infinitésimo Δt com velocidade $v = |\vec{v}|$ é dada por

$$\Delta m = \rho A v \Delta t \quad (1.24)$$

onde $A v \Delta t$ é equivalente ao volume do cilindro traçado pelas linhas de corrente.

A partir da análise anterior consideraremos um escoamento também estacionário de água por uma canalização de secções transversais A_1 e A_2 cujas linhas de corrente estão destacadas na figura 14.

Figura 14 – Escoamento estacionário de um líquido por uma canalização de secções transversais de áreas distintas.



Fonte – Adaptado de Nussenzveig, (1983).

Para o movimento consideraremos que a massa de água Δm_1 que entra em A_1 igual a massa Δm_2 que sai em A_2 já que o intervalo de tempo Δt considerado é o mesmo.

$$\Delta m_1 = \rho_1 A_1 v_1 \Delta t = \Delta m_2 = \rho_2 A_2 v_2 \Delta t \quad (1.25)$$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (1.26)$$

Supondo o fluido incompressível, ou seja, a densidade ρ constante faremos $\rho_1 = \rho_2 = \rho$, logo

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1.27)$$

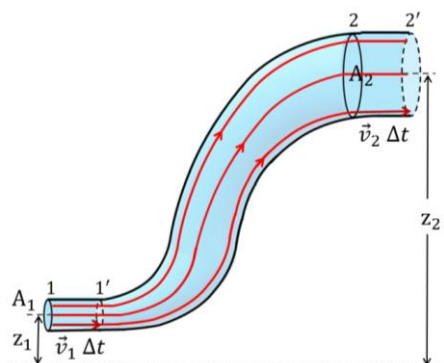
Nas condições de escoamento o produto $A v$ é uma constante que chamamos de vazão medida no SI em $m^3 s^{-1}$ (NUSSENZVEIG, 1983).

A equação (1.27) é para o caso analisado uma generalização da Equação da Continuidade.

4.8. A Equação de Bernoulli

Como apresentamos, as leis da conservação são pontos de partida para a análise de diversos fenômenos físicos. Para caracterizar a pressão em um fluido que carrega as características de um chamado fluido ideal, ou seja, ser incompressível e com um escoamento estacionário iremos desenvolver uma abordagem baseada na lei da conservação da energia.

Figura 15 – Representação de um tubo de corrente limitado por secções transversais distintas.



Fonte – Adaptado de Nussenzveig, (1983).

Para um filete de corrente figura 15, levando em consideração que uma porção de fluido compreendido entre 1 e 1' será levado a ocupar a porção entre 2 e 2' e que pela relação (1.25) as massas das duas porções são iguais, a variação da energia cinética ΔT e a variação da energia potencial gravitacional ΔU correspondem a

$$\Delta T = \frac{1}{2} \Delta m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m_1 v_1^2 \quad (1.32)$$

$$\Delta U = -g(\Delta m_2 z_2 - \Delta m_1 z_1) \quad (1.33)$$

O trabalho das forças de pressão na situação da figura 15 é

$$(p_1 A_1)(v_1 \Delta t) - (p_2 A_2)(v_2 \Delta t) \quad (1.34)$$

Com ΔT adicionado a ΔU é igual ao trabalho das forças de pressão, temos

$$\frac{1}{2} \Delta m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m_1 v_1^2 = p_1(A_1 v_1 \Delta t) - p_2(A_2 v_2 \Delta t) \quad (1.35)$$

Considerando (1.24) em (1.35)

$$\frac{1}{2} \Delta m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m_1 v_1^2 = p_1 \left(\frac{\Delta m_1}{\rho} \right) - p_2 \left(\frac{\Delta m_2}{\rho} \right) \quad (1.36)$$

Como $\Delta m_1 = \Delta m_2$

$$\frac{1}{2} v_2^2 + g z_2 + \frac{p_2}{\rho} = \frac{1}{2} v_1^2 + g z_1 + \frac{p_1}{\rho} \quad (1.37)$$

multiplicando a equação (1.37) por ρ já que o fluido é incompressível, temos

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + p + \rho g z = \text{constante} \quad (1.38)$$

A equação (1.38) é chamada a Equação de Bernoulli.

5. METODOLOGIA

5.1. Abordagem da pesquisa

A pesquisa permite uma maior aproximação e um melhor entendimento da realidade a ser investigada como um processo permanentemente inacabado, fornecendo subsídios para uma intervenção no real (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). A natureza deste estudo nos conduziu a uma abordagem qualitativa do tipo pesquisa de desenvolvimento educacional com a finalidade de analisar os dados obtidos tendo em vista os objetivos dessa pesquisa. Segundo Minayo (2001, p.14):

A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa [...] com um nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. (MINAYO, 2001, apud GERHARDT; SILVEIRA, 2009 p.32).

A pesquisa de desenvolvimento compreende a intervenção em termos da geração do produto educacional a ser disseminado para um público mais amplo. Esse tipo de pesquisa possui uma vocação para a mudança educacional, o empoderamento, o compartilhamento e a reusabilidade. A premissa é a de que a pesquisa deve contar com os atores envolvidos nos próprios processos de mudanças nos contextos pedagógicos. Deste modo, busca-se o encontro de saberes do campo científico e do campo profissional, de modo que as características do produto educacional precisam se adequar tanto aos saberes teóricos quanto aos saberes docentes (BARBOSA; OLIVEIRA, 2015). Reeves (2006 apud BARBOSA; OLIVEIRA, 2015, p, 9) apresenta, de modo simplificado, o processo da pesquisa de desenvolvimento:

(i) Identificação e análise do problema pelos pesquisadores e práticos em colaboração; (ii) Desenvolvimento de um protótipo de produto educacional, baseado na teoria/literatura e nos saberes docentes; (iii) Ciclos iterativos de testagem e refinamento na prática; (iv) Reflexão para produzir princípios de desenvolvimento e aperfeiçoar as características do produto educacional com vistas à prática (Reeves, 2006).

Desta forma, a pesquisa de desenvolvimento contribui para o campo científico com entendimentos teóricos, bem como para o campo prático/educacional, com o produto que auxiliará no processo de ensino e aprendizagem e contribuirá com a

prática de professores, entre outros. Os resultados da pesquisa de desenvolvimento têm estreita relação com o contexto no qual o estudo foi desenvolvido, assim, os produtos educacionais não podem ser encarados como “receitas de bolos”, a depender do contexto no qual serão utilizados, a compreensão teórica e o produto deve ser revisado.

Os dados da pesquisa foram obtidos por meio das interações verbais de alunos e professor gravadas em áudios e questionários aplicados aos alunos durante o desenvolvimento das atividades. As reflexões acerca dos dados coletados foram realizadas a partir do objetivo dessa pesquisa e dos referenciais teórico-metodológicos, buscando analisar o potencial de uma sequência didática para o ensino de hidrostática e hidrodinâmica em promover nos alunos uma compreensão crítica das situações cotidianas, a fim de utilizarem os conhecimentos científicos para compreensão e interpretação do mundo.

5.2. Lócus e sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi realizada no Colégio Paulo VI, localizado na zona oeste do município de Vitória da Conquista Bahia, instituição privada e confessional, estruturada na pedagogia franciscana, com 65 anos de atuação na comunidade conquistense.

No ano letivo de 2021, foi implementado o novo ensino médio na turma da 1ª série, composta por 26 alunos. Em sua maioria, a turma se constituiu de moradores da região, vindos do ensino fundamental oferecido pela instituição.

A busca de ações, em consonância com a BNCC, levou os professores das Ciências da Natureza sinalizarem temáticas que podiam ser relevantes a comunidade escolar. As questões voltadas a melhoria da qualidade de vida como alimentação, impactos ambientais e consumo de recursos naturais foram pontuados.

Atuando como professor de Física da turma da 1ª série, ao longo das atividades, verificamos um interesse da turma na busca de compreender como os conhecimentos físicos poderiam ser relevantes ao seu projeto de vida. A partir disto, o planejamento da sequência didática foi direcionado a trabalhar elementos que

instruíssem o aluno a compreender melhor as situações que o cerca, e atuar de forma positiva na sua realidade por meio dos conhecimentos da Física.

Para assegurar questões éticas aos envolvidos na pesquisa aplicamos junto a direção do colégio, responsáveis legais dos alunos e os próprios estudantes os respectivos termos: Autorização para coleta de dados, Termo de consentimento livre e esclarecido e Termo de assentimento livre e esclarecido. Anexamos os modelos dos termos no apêndice desta dissertação.

5.3. Desenvolvimento da sequência didática

A sequência didática foi desenvolvida na temática da distribuição e consumo de água levando em consideração os conhecimentos da física dos fluidos e os aspectos para um distanciamento das concepções espontâneas a partir dos obstáculos epistemológicos de Bachelard. A aplicação da sequência ocorreu em oito aulas entre outubro e novembro de 2021. Como estratégia didática foram utilizados um conjunto de hiperlinks, Figura 1, e um aparato eletrônico, ambos elaborados para o desenvolvimento das propostas presentes na sequência didática. As hiperlinks foram apresentadas para os alunos em três partes distribuídas no período de realização da sequência.

Figura 16 – Interface gráfica de acesso às atividades e mídias



Fonte – Próprio autor (2021).

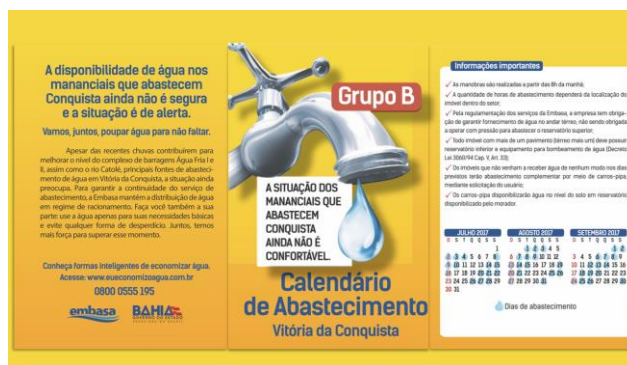
As atividades foram realizadas em encontros presenciais e com transmissão via plataforma do *Google Meet*. No espaço físico da escola contamos com equipamentos de multimídia e transmissão das aulas. Ao todo quatro alunos acompanharam as aulas de forma remota. Em todas as etapas disponibilizamos

recursos para a participação destes alunos, o que foi pertinente para a inclusão da turma como um todo.

Como ponto de partida da sequência didática apresentamos a temática *Água: Distribuição e Consumo*. Para observarmos a compreensão dos alunos sobre tema, pedimos que respondessem um questionário acerca dos pontos que entrariam nas discussões da Parte I. Na primeira hiperfídia trouxemos à memória dos alunos os períodos de racionamento de água ocorrido entre 2012 e 2017 no município de Vitória da Conquista, as ações praticadas pelos moradores com intuito da economia d'água e como a escassez desse recurso impacta a qualidade de vida da sociedade.

Para debruçarmos no caso dos racionamentos d'água vivido no município, em particular o ano de 2017, apresentamos o encarte informativo que foi entregue aos moradores durante o período, Figura 17.

Figura 17 – Interface gráfica do encarte informativo do racionamento de água em Vitória da Conquista BA.



Fonte – Adaptada de Blog do Anderson, (2017). Disponível em <https://www.blogdoanderson.com/2017/06/29/embasa-confira-e-baixe-o-novo-calendario-do-racionamento-em-vitoria-da-conquista-e-belo-campo/>. Acesso em 12 de Setembro 2021.

Pedimos para que os alunos lessem os textos e apontassem elementos que indicassem justificativas da situação vivida e medidas sugeridas pelos órgãos responsáveis a fim de evitar um agravamento da escassez de água. Após destacarmos estes elementos, fizemos uma discussão sobre como isto se deu na prática e quais eram os papéis delegados as instituições sem deixar de considerar o impacto destas na manutenção dos recursos hídricos. Os diálogos foram registrados por gravação de áudio.

Com a conclusão da discussão centrada no encarte e nas vivências dos alunos, solicitamos que respondessem os seguintes questionamentos (contidos em um novo

questionário disponibilizado na plataforma): Como os conhecimentos proveniente das ciências, em especial a Física, podem auxiliar na diminuição dos impactos da escassez d'água? E como estes conhecimentos podem nos ajudar em discernir práticas para um consumo consciente da água?

Após o término do momento de escrita, assistimos um vídeo de uma reportagem local apresentando a situação vivida durante o período de escassez, dados gerais sobre o gerenciamento de recursos hídricos da cidade e uma ação de alunos do Instituto Federal da Bahia - IFBA direcionada a diminuir o desperdício d'água. Na conclusão da Parte I da sequência didática convidamos os alunos a pensarem em maneiras de melhorar o uso d'água levando em consideração a economia deste recurso essencial para a nossa qualidade de vida. Antes da retomada das etapas da hiperfídmia disponibilizamos um questionário contendo perguntas sobre os contextos abordados na Parte II da hiperfídmia.

Iniciando mais uma etapa da sequência didática pedimos que os alunos considerassem um contexto domiciliar e como se dá a distribuição e consumo d'água, a Parte II da hiperfídmia foi estruturada para destacar locais em uma casa que estão presentes instalações hidráulicas, destacados na Figura 18, por exemplo, banheiro, cozinha e caixa d'água. Cada espaço destacado da casa forneceu um mini-caso que seguimos conforme as concepções dos alunos sobre a importância de tais locais em relação ao uso d'água.

Figura 18 – Interface gráfica de acesso aos mini-casos



Fonte – Próprio autor (2020).

Escolhemos o mini-caso *A chuveirada* contido no ícone da caixa-d'água e trabalhamos o contexto de alguém selecionando um chuveiro elétrico que seja adequado para seu banheiro levando em consideração os aspectos hidráulicos. Em

destaque, apresentamos a unidade de medida m.c.a. e como defini-la trazendo uma abordagem contextualizada para as grandezas pressão, densidade absoluta e o Teorema de Stevin. Ao fim dessa etapa propomos algumas questões do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM que foram resolvidas pelos estudantes/alunos em de forma colaborativa.

Dando continuidade à sequência, exploramos o ambiente dos banheiros. Na primeira abordagem analisamos o mini-caso *Vaso Vazando*. A hipermídia retrata um homem que é surpreendido com um valor cobrado em sua conta d'água fora do comum. Observando a descrição do consumo, pode ser verificado um maior uso de água na residência levando o homem a identificar um vazamento vindo do reservatório acoplado da bacia sanitária. Questionamos os alunos sobre qual tipo de reservatório é utilizado no vaso sanitário de suas casas, se já vivenciaram esta situação e quais podem ser as causas do vazamento.

Para analisar o ocorrido, a hipermídia traz um corte frontal do reservatório acoplado deixando evidenciados os sistemas mecânicos por traz de seu funcionamento. Exploramos a função da boia e do sifão da bacia sanitária trazendo os conceitos dos princípios de Arquimedes e Pascal. Para explorar mais o equipamento exploramos o vídeo do episódio 23 da primeira temporada do *Mundo de Beackman, Encanamentos, Montanhas Russas e Energia Potencial* focando nos primeiros 7 minutos do vídeo exemplificando o fenômeno ligado aos vasos comunicantes e ressaltando o funcionamento dos sistemas de descarga.

Com as informações apresentadas, solicitamos aos alunos que apontassem prováveis causadores do vazamento e como poderiam cessar o desperdício d'água. Uma nova questão do ENEM foi resolvida após os comentários da turma.

Para concluir os mini-casos contidos na Parte II partimos para a situação *Um Novo Banho*, que traz uma tirinha sobre um morador que fez a mudança de sua caixa d'água para um andar acima de onde ela estava (de autoria própria). Ao ir tomar um banho acaba sendo surpreendido por um chuveiro mais pressurizado. Pedimos que os alunos justificassem o ocorrido e dissessem quais grandezas físicas poderiam estar envolvidas. Após os comentários da turma destacamos um trecho do manual de instalação e uso de chuveiros elétricos, especificamente a orientação para resolver a situação retratada no mini-caso. O manual destaca a necessidade do uso de um redutor de pressão, equipamento que favoreceu a apresentação de alguns conceitos

da hidrodinâmica como vazão, equações da Continuidade e Bernoulli. Um último conjunto de questões foi resolvido pela turma.

Retomamos alguns questionamentos feitos antes de explorar a Parte II da hipermídia no intuito de levar os alunos a uma reflexão crítica e mais consolidada a partir dos conceitos abordados na sequência.

Figura 19 – Interface gráfica de acesso aos mini-casos



Fonte – Próprio autor (2020).

A conclusão da sequência didática foi iniciada com a Parte III da hipermídia, Figura 4. Destacamos novamente a área da caixa d'água e a cozinha da casa. Seguimos explorando o mini-caso *Superfície d'água: a que nível estamos?*.

A imagem inicial destacada na hipermídia é uma foto aérea de uma localidade próxima ao colégio que aplicamos a sequência didática (Figura 20).

Figura 20 – Introdução da atividade sobre consumo e gerenciamento de água.

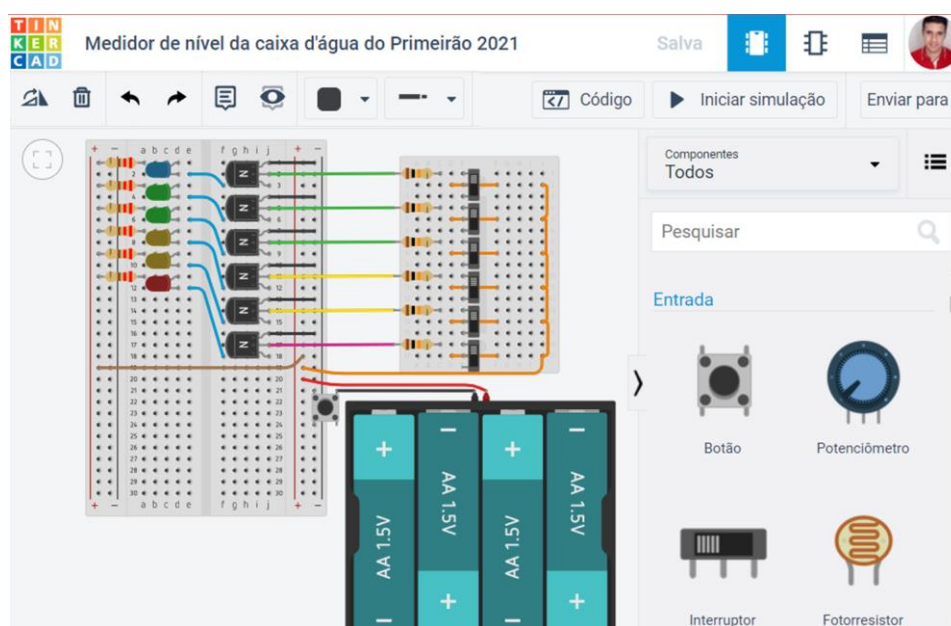


Fonte – Adaptado do vídeo *Bairro brasil imagens aéreas Vitória da Conquista- BA* por Ghirello *Imagens Aéreas* publicado em 06 de Setembro de 2020, Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=34ESUxhB1M&t=266s> . Acesso em 15 de Setembro de 2021.

Apresentamos essa imagem solicitando que os alunos localizassem os reservatórios d'água daquele local e apontassem regularidades na posição das caixas d'água. Trouxemos novamente o cenário do racionamento vivido no município e como ter conhecimento da capacidade dos reservatórios levou a uma melhor gestão d'água. Com este contexto, perguntamos à turma como ter acesso ao nível d'água dos reservatórios nas condições apresentadas e como poderíamos realizar tal ação de forma mais acessível.

Após sinalizarem algumas sugestões chegamos ao desenvolvimento de um sistema eletrônico de controle do nível de água embasado nos conhecimentos físicos discutidos na Parte II da hipermídia. Com o auxílio da ferramenta *on-line Tinkercad*, já utilizada em aulas de robótica do colégio, fizemos uma simulação do equipamento de medição e discutimos as suas potencialidades no intuito de se economizar água, Figura 21.

Figura 21 – Área de trabalho da ferramenta *Tinkercad*



Fonte – Adaptada de Tinkercad (2021). Disponível em <https://www.tinkercad.com/things/h5h0CYfEPAe-medidor-de-nivel-da-caixa-dagua-do-primeirao-2021/>. Acesso 05 de Dezembro de 2021.

Como proposta final apresentada na hipermídia o mini-caso *Regando as hortaliças* aborda o contexto de escassez d'água na localidade de Lagoa das Flores, zona rural de Vitória da Conquista. A partir de uma reportagem do jornal local e citações de um estudo sobre a baixa recarga do aquífero subterrâneo sob esta região

analisamos as estratégias de alguns agricultores para lidar com a falta de água. Levando em consideração os impactos na produção das hortaliças e os custos de implantação propomos junto a turma uma ação que pudesse auxiliar a distribuição e consumo dos recursos hídricos nas hortas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresentamos e analisamos os dados obtidos durante a aplicação da sequência didática com o objetivo de avaliar o seu potencial para o ensino de hidrostática e hidrodinâmica em promover nos alunos uma compreensão crítica das situações cotidianas, na construção de conhecimentos científicos em contextos complexos e pouco-estruturados para compreensão e interpretação do mundo, na perspectiva da epistemologia de Bachelard.

Organizamos as falas dos alunos (registradas em áudio) e suas respostas às atividades por meio de códigos tipo E_n , sendo $n = 1, 2, \dots$, para nos referirmos a cada um sem identificá-los.

O contexto do racionamento de água vivido na cidade de Vitória da Conquista no ano de 2017 foi escolhido como ponto de partida da sequência didática por ser caracterizado como um domínio complexo pouco-estruturado na ótica da hidrostática e da hidrodinâmica. Esta situação é um caso real e por sua vez traz sua complexidade, exigindo dos estudantes na análise da problemática um resgate de conhecimentos conceituais adquiridos na escola (PESSOA, 2001).

O encarte de divulgação das manobras de abastecimento favoreceu discussões sobre o papel dos conhecimentos físicos como suporte para a compreensão da problemática. A princípio os alunos não reconheceram o papel da Física quando relataram situações vividas pela família durante o período de racionamento de água. Porém, no decorrer da discussão sobre a forma como se deram as manobras apresentadas no encarte (por exemplo, a frequência de abastecimento e as ações para economizar água) verificamos diversas concepções espontâneas associadas, conforme destacamos a seguir.

E_{13} – Eu me lembro dos meus pais reclamando que a água caia muito fraquinha. Quando caia a gente tinha que pegar as garrafas para armazenar a água.

E_8 – Quando a água chegava ela não tinha velocidade suficiente para subir até a caixa. Muitas vezes a água não durava até cair novamente.

E_{10} - Na minha rua ela não tinha força para chegar no alto, só ficava forte bem depois do horário que estava no calendário.

Verificamos que conceitos de força e velocidade estudados anteriormente foram agregados às falas como concepções alternativas, nas expressões “a água caia muito fraquinha” (E₁₃), “não tinha velocidade suficiente” (E₈), “ela não tinha força” (E₁₀), sem a associação com o conceito de pressão. Seus conhecimentos aplicados ao contexto revelaram obstáculos epistemológicos. Os alunos E₁₃ e E₁₀ caracterizaram a água como uma atribuição substancialista e animalista fazendo com que os adjetivos empregados dessem uma condição ativa ao fluido. Segundo Bachelard (1996), os obstáculos epistemológicos que podem permear este processo não devem ser ignorados, são norteadores para alcançarem um conhecimento formal, ou seja, exercitem a flexibilidade cognitiva.

Além disso, os alunos relataram suas práticas de coletar, armazenar e utilizar a água durante o racionamento, inclusive observando os horários no calendário e relatando práticas nesta direção. Por exemplo, fazendo reuso da água: “Usamos a água da máquina para limpar o quintal. Se fosse de mangueira gastaria mais” (E₁₆). Falas como esta são argumentações construídas a partir de situações concretas que revelam a estrutura conceitual que o aluno se baseia, ou seja, as práticas são explicadas por conceitos de forma espontânea evidenciando oportunidades para que o aluno alcance a flexibilidade cognitiva.

Na perspectiva de uma residência exemplificada na interface da hipermídia, a discussão sobre o consumo de água trouxe falas que sinalizaram o banheiro como um local propício ao desperdício de água, tanto causado pelo mau uso quanto a defeitos de seus equipamentos. Destacado na hipermídia, o vaso sanitário foi escolhido para condicionarmos um aprofundamento nas falas em relação ao seu funcionamento. Os diálogos trouxeram trechos com obstáculos epistemológicos evidenciados pelos conflitos entre as concepções iniciais dos alunos (BACHELARD, 1996):

E₁₀ – A boia controla o nível da água ela vai subindo com a água.

E₄ – Ela só boia, porque é leve. O reservatório vai enchendo e empurra a boia.

E₅ – A água empurra a boia para cima e faz fechar a entrada d’água.

E₇ – Imagino que se a boia sobe com a água deve ser que a água faz força na boia.

Os obstáculos verbal e unitário são percebidos nas falas “deve ser que a água faz força na boia (E₇)” e “O reservatório vai enchendo e empurra a boia (E₄)”. A forma que a grandeza força é apresentada mostra uma generalização conceitual e uma interpretação abstrata do contexto, o que pode levar a um falso avanço no entendimento do Teorema de Stevin e as relações entre as grandezas presentes no Princípio de Arquimedes.

As situações emblemáticas do vaso vazando foi estratégica para a transferência do conhecimento apreendido em sala sobre a grandeza pressão e o empuxo em contextos concretos de uso da água. Em destaque temos:

E₅ – acho que o desperdício foi pela válvula de descarga que não vedava direito. A pressão no fundo da caixa do vaso é maior que na superfície e quanto mais sobe o nível da água mais a pressão aumenta.

E₁₅ – deve ter a ver com a intensidade da força que faz a boia flutuar que fecha a entrada de água, o empuxo, ela não muda já que depende de quanto a boia está dentro d’água e se a vedação da entrada de água não for bem-feita, a água sai pelo ladrão.

E₇ – a válvula está com defeito mesmo. A pressão é maior sobre ela quando a caixa está cheia, mas se estiver com defeito vai vazar.

O mini-caso citado anteriormente permitiu que o aluno focasse em aspectos importantes e relevantes do estudo da hidrostática, em especial as definições das grandezas e suas relações com o fenômeno analisado. Quando os alunos E₅ e E₁₅ reconheceram a importância conceitual da grandeza pressão e sua conexão com a força empuxo, resgatadas da análise do Princípio de Arquimedes para fundamentarem suas respostas, já sinalizam aspectos flexíveis e se distanciam das concepções espontâneas percebidas no início da sequência didática.

A TFC aborda a importância de variabilidade de contextos o que foi desenvolvido com a perspectiva do funcionamento do chuveiro em relação ao sistema de armazenamento e distribuição de água da residência ilustrada na hipermídia. Ao responderem as questões “Qual é a importância de se conhecer as informações da hidráulica do chuveiro?” e “Já passaram por alguma situação que o chuveiro não funcionou como esperado? Como foi?”, observamos:

E₁₅ – Para instalar no lugar certo. O chuveiro gasta mais água e precisa ficar mais próximo da caixa d’água”.

E₇ – A caixa da minha casa fica em cima da laje do banheiro e o chuveiro sempre queima ele fica bem próximo ao teto. Já trocamos a resistência e o chuveiro, mas não resolveu.

E₁₂ - Lá em casa a água é bem quente. O chuveiro fica bem perto da caixa e o pedreiro disse que a água não ia ter muita força.

E₁₀ – teve uma vez que a água da caixa estava quase para acabar quando minha mãe estava tomando banho. A água foi ficando fraquinha e bem quente.

Destacamos na fala “O chuveiro gasta mais água e precisa ficar mais próximo da caixa d’água” (E₁₅) uma interpretação baseada em uma concepção espontânea que relaciona na sua percepção o contexto da vazão do chuveiro com a proximidade do reservatório bem como a recorrência da associação animalista na fala de E₁₀ “água fraquinha”. Por sua vez nas falas seguintes, associadas às experiências com o uso do chuveiro trouxeram um contexto mais amplo até o momento, o funcionamento do chuveiro elétrico (aquecimento da água proveniente do efeito joule na resistência elétrica do aparelho) o que revelou uma limitação da sequência, mas não no que foi estabelecido como objetivo (estudo da hidrostática e da hidrodinâmica).

O problema vinculado ao mau funcionamento do chuveiro elétrico nas residências dos alunos E₇, E₁₂ e E₁₀ estava relacionado à grandeza pressão e sinalizada pelos alunos por sua relação com o nível entre o reservatório e o ponto de hidráulica do chuveiro, mesmo com alguns reforços em aspectos à força, a um contexto de flexibilidade no discurso dos alunos.

Com uma abordagem baseada na observação de um manual de instalação de um chuveiro elétrico, o mini-caso A Chuveirada explorou a definição da unidade de medida de pressão metro de coluna d’água (m.c.a.) e a sua relação com o bom uso do aparelho. Com o foco no Princípio de Pascal correlacionado com o Teorema de Stevin os alunos apontaram as seguintes observações sobre os relatos apresentados anteriormente:

E₁₂ – Se entendi o problema do chuveiro esquentar muito a água é por esta instalado muito perto da caixa d’água. A questão é a pressão que está baixa.

E₁₃ – Na casa de E₇ é o mesmo problema. Se nos manuais têm quantos m.c.a. o chuveiro deve ser instalado, lá não foi feito isso.

E₇ – Tem que ter o mínimo de altura para a pressão ser suficiente. O bom do manual mostrar como m.c.a. é que fica mais fácil de achar o lugar certo. E se a caixa for suspensa? Deve aumentar a pressão!

E₁₀ – A caixa da casa de E₇ se ficar mais alta vai variar a pressão no chuveiro. Então lá quando a água estava acabando a pressão deve ter mudado e por isso a água ficou mais quente.

Nas falas observamos a retomada da menção à grandeza pressão de forma relevante para o mau funcionamento do chuveiro dentro do contexto apresentado nas discussões, justificando a importância da leitura técnica do manual de instalação. Segundo Lino (2016), o progresso do pensamento científico se dá por meio do enfrentamento entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico. De acordo com Bachelard (1996), o que é satisfatório ao observamos nas revelações pessoais para os alunos E₇ e E₁₀ quando dizem respectivamente: “e se a caixa for suspensa? Deve aumentar a pressão!” e “quando a água estava acabando a pressão deve ter mudado e por isso a água ficou mais quente”. O conhecimento científico fez seu papel como agente da formação do pensamento crítico e favoreceu uma aprendizagem mais significativa (DELIZOICOV; ANGOTI; PERNANBUCCO, 2011).

Com o caso intitulado Um novo banho consideramos aspectos relevantes à compreensão da hidrodinâmica com ênfase na distribuição de água. A fala do aluno E₁₆, vinda anteriormente na discussão sobre o uso de água das famílias: “gastamos mais água na limpeza da casa. [...] Se fosse de mangueira gastaria mais” (E₁₆), alcançamos reflexões sobre o uso de mangueiras, o que evidenciou novas concepções espontâneas e obstáculos epistemológicos dificultando a compreensão correta da situação. Mas ao observarmos o caso como um todo percebemos na fala do aluno E₁₅ - “Como o homem colocou a caixa mais em cima a pressão mudou em todas as saídas de água. E ficou maior que antes.”, vimos que foi apreendido as implicações apresentadas no Princípio de Pascal, ou seja, uma transferência do conhecimento para uma nova situação, o que propõe a TFC como indicio de flexibilidade cognitiva (PESSOA, 2001).

A partir da caracterização das grandezas envolvidas na hidrodinâmica e suas relações, solicitamos que os alunos apontassem relações entre o caso apresentado e a situação da mangueira de jardim. A aceitação, construção e aprofundamento do novo conhecimento científico é revelada na discussão em destaque:

E₁₀ – o homem da tirinha fez a caixa ficar mais alta e a pressão em toda a casa dele aumentou. A pressão no chuveiro teve um aumento e se o homem tivesse colocado o redutor de pressão não teria ocorrido a situação. No caso da mangueira, se tampar com o dedo faz como o redutor e aumentar a pressão.

E₁ – Mas a pressão deve diminuir, é um redutor de pressão!

E₁₂ – se a ideia é reduzir a pressão, quem vai aumentar é a velocidade da água. O redutor de pressão faz o papel do dedo da pessoa que tampa parte da saída da água na mangueira.

E₈ – No caso em que apertamos a saída de água da mangueira com o dedo a pressão ficar menor e a velocidade da água aumenta.

E₇ – Isso, é igual ao que o redutor de pressão do chuveiro faz. O dedo da pessoa é como o redutor de pressão.

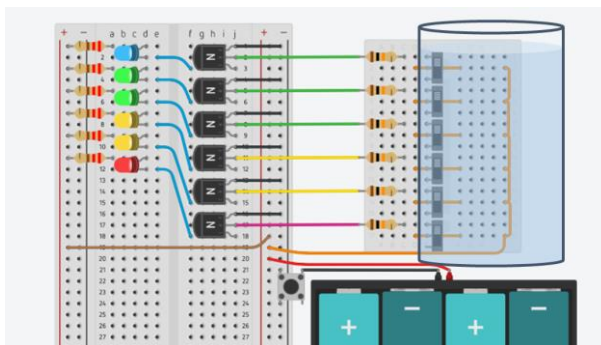
E₁₅ – Ainda tem a questão da vazão que é constante. A água que vem pela mangueira tem que sair. A gente tampa a boca da mangueira e diminui a área para a velocidade da água ser maior.

O erro causado por uma confusão na proporcionalidade entre as grandezas envolvidas na observação do funcionamento da mangueira “se tampar com o dedo faz como o redutor e aumentar a pressão” (E₁₀) trouxe um conflito importante para a verificação da flexibilidade cognitiva e o enfrentamento dos obstáculos epistemológicos percebido ao início da sequência didática. O fato dos outros alunos construírem uma argumentação fundamentadas no conhecimento científico sobre a física dos fluídos e estabelecer relações com outros contextos é um indício de que a proposta didática seguiu ao seu objetivo.

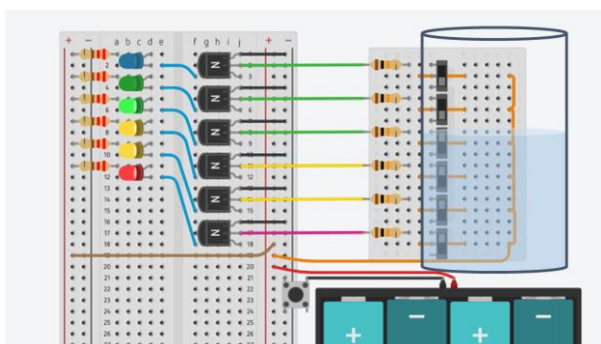
A flexibilidade cognitiva também foi apresentada na retomada da discussão sobre o funcionamento do chuveiro elétrico e o testemunho do aluno E₁₀ quando relatou o desconforto da sua mãe ao perceber que a água do reservatório da sua casa já estava no fim durante o banho. Essa problemática está agregada a falta de conhecimento do morador sobre o volume de água presente em seu reservatório.

Com a observação de imagens aéreas do bairro em que o colégio está inserido foi notado por alguns alunos que muitos reservatórios suspensos estavam em locais de difícil acesso o que dificultava conhecer a quantidade de água presente nos reservatórios e por sua vez favorecer decisões mais precisas para o uso da água dentro no contexto de escassez. Como solução para a problemática alguns alunos propuseram o uso de um sensor eletrônico de nível de caixa d'água que estivesse conectado a um painel eletrônico indicando o nível do reservatório em um local de fácil acesso para os moradores. A Figura 22 traz imagens obtidas com a simulação do sensor. Os cilindros adicionados às imagens representam os reservatórios com níveis diferentes de água.

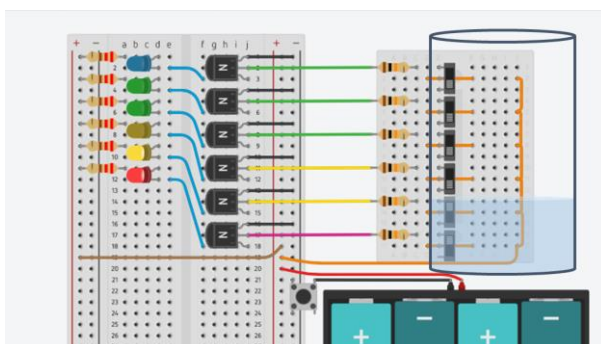
Figura 22 – Simulação do medidor de nível de caixa-d'água.



(a) Indicação do reservatório com capacidade máxima.



(b) Redução do nível d'água no reservatório.



(c) Alerta de reservatório em nível baixo.

Fonte – Adaptadas de Tinkercad (2021). Disponível em <https://www.tinkercad.com/things/h5h0CYfEPAe-medidor-de-nivel-da-caixa-dagua-do-primeirao-2021/>. Acesso 05 de Dezembro de 2021.

Com base nos recursos disponíveis no software da plataforma, o interruptor deslizante foi considerado como elemento eletrônico do sensor de nível de caixa d'água sendo uma boia o elemento mecânico que aciona o interruptor. A

argumentação de alunos engajados na elaboração do equipamento trouxe a hidrostática como protagonista da solução.

A disposição dos alunos para encontrar as soluções das problemáticas tradas veio com indício da espiritualização para a formação do Espírito Científico segundo Bachelard. Contextos como o impacto da escassez de água na produção de hortaliças no município, apresentada ao final da sequência didática trouxe para os alunos os conhecimentos da Física como parte da base para o esclarecimento e busca de soluções dos problemas que antes eram desconectados a tais conhecimentos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Bachelard “substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico” é o caminho para a evolução do espírito científico (BACHELARD, 1996, p.24) é nesta mesma premissa que o ensino de física vem sendo guiado. Os PCN bem como a BNCC são marcos para uma perspectiva mais ativa do estudante no que concerne ao seu posicionamento diante de uma problemática. O conhecimento escolar referente a física é colocado como uma linguagem que precisa ser coerente e coesa para o aluno e daí ser um meio que o leve a compreender e interpretar o mundo natural, social e tecnológico (BRASIL, 2017).

O estudo da hidrostática e da hidrodinâmica numa perspectiva contextualizada é potencialmente significativo para o currículo brasileiro de acordo com a BNCC o que também é ressaltado quando nos debruçamos na discussão sobre distribuição e consumo de água. A sequência didática apresentou-se uma relevante estratégia de ensino tanto para lidar com os obstáculos apresentados por Bachelard (1996) quanto para fundamentar escolhas e ações numa situação como foi vivida durante o racionamento de água em Vitória da Conquista.

No início da realização das atividades oriundas da sequência didática verificamos um estranhamento dos alunos com a abordagem apresentada, não era necessário lidar com conhecimentos físicos para que fosse bem-sucedida a ideia de economia de água, mas ficavam vagas as questões sobre o porquê de seguir algumas ações e quais fatores eram relevantes para esta tomada de decisão no que se refere aos usos de equipamentos hidráulicos.

Durante as discussões e esclarecimentos sobre o funcionamento e implicações dos equipamentos hidráulicos verificamos um maior interesse dos alunos sobre os conhecimentos da Física. Situações vividas pelos alunos e apresentadas a priori tiveram uma explicação formal e familiar, chuveiros que não funcionavam corretamente, vazamentos e escolhas de equipamentos hidráulicos foram analisados por eles.

Ao fim da atividade percebemos um fechamento das ideias apresentadas e um cuidado com o manuseio dos equipamentos hidráulicos, a posição dos alunos sobre a economia de água foi cada vez mais ativa e discussões sobre intervenções na

manutenção e uso dos equipamentos levou a ações seguindo a tendência do colégio com a automação e robótica. As propostas provenientes dos contextos abordados nos momentos *Aprofunde Mais* favoreceram indícios da flexibilidade cognitiva e a apropriação dos conceitos da física dos fluidos na elaboração e argumentação para fundamentar as escolhas nas soluções das problemáticas.

O período de aplicação da sequência didática ocorreu no final do ano letivo da turma o que infelizmente não favoreceu a construção e divulgação das práticas elaboradas diante das problemáticas vistas na parte III da hipermídia. Uma apresentação destas ações à comunidade de agricultores afetada pela escassez e a instalação do protótipo de sensor podem ser base para um tratamento num contexto social e favorece a análise de aspectos não abordados nesta pesquisa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BATISTA, N.L. Os obstáculos epistemológicos à aprendizagem em física conforme a teoria de Gaston Bachelard: uma revisão literária. **Anais III CONAPESC**. Campina Grande: Realize Editora, 2018.

BRAGA, G.R. **A Teoria da Flexibilidade Cognitiva como estruturantes dos Três Momentos Pedagógicos: contribuições ao ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos**, Dissertação (Mestrado em Ensino), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2019.

BRAGA, G.R. A Teoria da Flexibilidade Cognitiva e os Conceitos Unificadores: encadeamentos e implicações teóricas. **Anais**. XVIII Encontro de Pesquisa em Ensino de física. Online, 2020.

BRAGA, G.R; JOSÉ, W.D. Articulações entre Teoria da Flexibilidade Cognitiva e os Três Momentos Pedagógicos: confecção e análise de um material didático na estrutura fractal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 84-107, abr. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CARVALHO, A.A.A. A representação do conhecimento científico segundo a Teoria da Flexibilidade Cognitiva. **Revista Brasileira de Educação**, v.13, n. 1, p.169-184, 2000.

CHICÓRA, T.; CAMARGO, S. AS concepções espontâneas de força e movimento na formação inicial de professores, XI Congresso Nacional de educação – EDUCERE, **Anais Curitiba**, 2013.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J.A.; PERNANBUCO, M.M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

ENEM 2011 – **Exame Nacional do Ensino Médio. INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Ministério da Educação.

Disponível em: <

https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2011/dia1_caderno1_azul.pdf >. Acessado em dezembro de 2021.

LEITÃO, U.A.; FERNANDES, J.A.; LAGE, G. Investigação de Perfis Conceituais em uma atividade experimental sobre força magnética no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 290-315, abr. 2018.

LOPES, A.R.C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n.3: p.248-273, dez.1996.

LINO, A. **O desenvolvimento histórico do conceito de energia: seus obstáculos epistemológicos e suas influências para o ensino de física**. 2016. 359 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

MASSEY, Bernard S; **Mechanics of fluids**. Trad.: J. B. Guedes de Carvalho, Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

MOREIRA, M.A.; Desafios no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, e. 20200451, 2021.

MILNITSKY, R.; GURGEL, I.; MUNHOZ, M.G. O quark como objeto de análise histórica e epistemológica: a Física de Partículas Elementares em uma perspectiva bachelardiana. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 1309-1338, ago. 2021

NUSSEZVEIG, H. M. **Curso De Física Básica V.2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**, São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1983. p.01-59.

PESSOA, M.T.R. **Aprender a Pensar como Professor - contributo da metodologia de casos na promoção da flexibilidade cognitiva**, Tese (Doutorado) – Faculdade de Psicologia e de Ciências da Faculdade da Educação, Universidade de Coimbra, 2001.

PINTO, A.C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 1: p. 7-34, abr. 1999

ROCHA, T. U. A epistemologia de Bachelard e suas potencialidades para o ensino de física na educação básica, XI Congresso Nacional de educação – EDUCERE, **Anais Curitiba**, 2013.

SASSERON, L. E. Sobre ensinar ciências, investigação e nosso papel na sociedade **Ciência & Educação, Bauru**, v. 25, n. 3, p. 563-567, 2019.

SILVEIRA, D.T.; CÓRDOVA, F.P. A pesquisa Científica. In: GERHADT, T.G; SILVEIRA, D.T (org.). **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009.p.31.

TRINDADE, D.J.; NAGASHIMA, L.A.; ANDRADE, C. Obstáculos epistemológicos sob a perspectiva de Bachelard. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 17829-17843, out. 2019.

VIDMAR, M.P.; SAUERWEIN, I.P.S. Atividades didáticas de Física mediadas por hipermídia: potencialidades para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e.20200031, 2020.

APÊNDICE A



UESB
Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo 62 - UESB Vitória da Conquista - BA

AUTORIZAÇÃO PARA COLETA DE DADOS

Eu, _____, ocupante do cargo de diretor do Colégio Paulo VI, **AUTORIZO** a coleta de dados do projeto Distribuição e Consumo de Água: domínios de conhecimentos complexos e pouco estruturados sob o olhar dos Obstáculos Epistemológicos de Bachaelard dos pesquisadores Jefferson José dos Santos e Wagner Duarte José.

Vitória da Conquista, ____ de _____ de 2021.

Assinatura do diretor da escola



UESB
Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo 62 - UESB Vitória da Conquista - BA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Conforme resoluções nº 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde-CNS

CARO(A) SENHOR(A),

Este documento é um **CONVITE** à pessoa pela qual o(a) Sr.(a) é responsável para participar da pesquisa abaixo descrita. Por favor, leia com atenção todas as informações, e se você estiver de acordo, assine a última página, na linha “*Assinatura da pessoa responsável pelo participante*”.

1. QUEM SÃO AS PESSOAS RESPONSÁVEIS POR ESTA PESQUISA?

- 1.1. PESQUISADOR RESPONSÁVEL: *Jefferson José dos Santos*
- 1.2. ORIENTADOR: *Wagner Duarte José*

2. QUAL O NOME DA PESQUISA, POR QUE E PARA QUE ELA ESTÁ SENDO FEITA?

- 2.1. TÍTULO DA PESQUISA: Distribuição e Consumo de Água: domínios de conhecimentos complexos e pouco estruturados sob o olhar dos Obstáculos Epistemológicos de Bachaelard.
- 2.2. POR QUE ESTAMOS FAZENDO ESTA PESQUISA: Consideramos que o ensino da Física a partir da discussão de temas importantes, seja a nível global, nacional e/ou regional, mas que impactam de algum modo a vida das pessoas, e a problematização de situações cotidianas pode possibilitar aos alunos utilizarem os conhecimentos científicos em outros contextos, para além da sala de aula, estabelecendo relações entre a Ciências e o mundo que vivenciam.
- 2.3. PARA QUE ESTAMOS FAZENDO ESTA PESQUISA: Analisar o potencial de uma sequência didática para o ensino de hidrostática e hidrodinâmica em promover nos alunos uma compreensão crítica das

situações cotidianas, a fim de utilizarem os conhecimento científicos para compreensão e interpretação do mundo.

3. O QUE O INDIVÍDUO SOB A SUA RESPONSABILIDADE TERÁ QUE FAZER? ONDE E QUANDO ISSO ACONTECERÁ? QUANTO TEMPO LEVARÁ

- 3.1. O QUE SERÁ FEITO: Você responderá a um questionário com perguntas acerca de situações cotidianas e participará das atividades em sala de aula que buscará desenvolver conteúdos de Hidrostática e Hidrodinâmica por meio de situações reais.
- 3.2. ONDE E QUANDO FAREMOS ISSO: Colégio Paulo VI entre os dias 26/10/2021 e 17/11/2021
- 3.3. QUANTO TEMPO DURARÁ CADA SESSÃO: 1h:40min

4. HÁ ALGUM RISCO EM PARTICIPAR DESSA PESQUISA?

Segundo as normas que tratam da ética em pesquisa com seres humanos no Brasil, sempre há riscos em participar de uma pesquisa científica. No caso desta pesquisa, podemos dizer que o risco é MÍNIMO. O que pode acontecer é um desconforto ao responder os questionários ou constrangimento e vergonha em participar dos diálogos em sala e cansaço durante as atividades. Mas para evitar que isso aconteça, manteremos o sigilo das respostas e buscaremos proporcionar um ambiente respeitoso para todos os alunos.

5. O QUE ESSA PESQUISA TRARÁ DE BOM?

Proporcionará ao aluno compreender e interpretar o mundo natural, social e tecnológico, mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais da ciência. Produção de um produto educacional que potencialize o ensino de Física na educação básica e ampare professores.

6. MAIS ALGUMAS COISAS QUE O SENHOR(A) PODE QUERER SABER:

Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) em todas as formas que desejar e estará livre para participar ou

recusar-se. Você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não causará qualquer punição ou modificação na forma em que é atendido (a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo. Apesar disso, você tem assegurado o direito a compensação ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa. Os resultados estarão à sua disposição quando finalizados. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos.

7. CLAUSULA DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO:

Declaro para os devidos fins que estou ciente e concordo com a participação da pessoa pela qual eu sou responsável. Ademais, confirmo ter recebido uma via deste termo de consentimento e asseguro que foi me dado a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Vitória da Conquista, ____ de _____ de 2021.

Assinatura da pessoa responsável pelo
participante

Assinatura do (a) pesquisador (a)

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

Pesquisador responsável: Jefferson José dos Santos

Telefone: (77)99113-6911

E-mail: jeffersonsants@hotmail.com



UESB
Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo 62 - UESB Vitória da Conquista - BA

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Conforme resoluções nº 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde-CNS

(Para participantes entre 12 e 17 anos de idade)

Este documento é um **CONVITE** para que você participe de uma pesquisa. Por favor, leia com atenção este documento e me diga se você concorda. Se concordar te pedirei para assinar na última página, na linha “Assinatura do Participante”. O seu pai, mãe ou outro responsável precisará ler e assinar um documento bem parecido com este, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que o pesquisador lhe entregará. Sem isso você não pode participar da pesquisa, ok?!. Desde já, obrigado!

1. QUEM SÃO AS PESSOAS RESPONSÁVEIS POR ESTA PESQUISA?

- 1.1. PESQUISADOR RESPONSÁVEL: *Jefferson José dos Santos*
- 1.2. ORIENTADOR: *Wagner Duarte José*

2. QUAL O NOME DA PESQUISA, POR QUE E PARA QUE ELA ESTÁ SENDO FEITA?

- 2.1. TÍTULO DA PESQUISA: Distribuição e Consumo de Água: domínios de conhecimentos complexos e pouco estruturados sob o olhar dos Obstáculos Epistemológicos de Bachaelard
- 2.2. POR QUE ESTAMOS FAZENDO ESTA PESQUISA: Consideramos que o ensino da Física a partir da discussão de temas importantes, seja a nível global, nacional e/ou regional, mas que impactam de algum modo a vida das pessoas, e a problematização de situações cotidianas pode possibilitar aos alunos utilizarem os conhecimentos científicos em outros contextos, para além da sala de aula, estabelecendo relações entre a Ciências e o mundo que vivenciam.

- 2.3. **PARA QUE ESTAMOS FAZENDO ESTA PESQUISA:** Analisar o potencial de uma sequência didática para o ensino de hidrostática e hidrodinâmica em promover nos alunos uma compreensão crítica das situações cotidianas, a fim de utilizarem os conhecimentos científicos para compreensão e interpretação do mundo.

3. O QUE VOCÊ TERÁ QUE FAZER? ONDE E QUANDO ISSO ACONTECERÁ? QUANTO TEMPO LEVARÁ

- 3.1. **O QUE SERÁ FEITO:** Você responderá a um questionário com perguntas acerca de situações cotidianas e participará das atividades em sala de aula que buscará desenvolver conteúdos de Hidrostática e Hidrodinâmica por meio de situações reais.
- 3.2. **ONDE E QUANDO FAREMOS ISSO:** Colégio Paulo VI entre os dias 26/10/2021 e 17/11/2021
- 3.3. **QUANTO TEMPO DURARÁ CADA SESSÃO:** 1h:40min

4. HÁ ALGUM RISCO EM PARTICIPAR DESSA PESQUISA?

Segundo as normas que tratam da ética em pesquisa com seres humanos no Brasil, sempre há riscos em participar de uma pesquisa científica. No caso desta pesquisa, podemos dizer que o risco é MÍNIMO. O que pode acontecer é um desconforto ao responder os questionários ou constrangimento e vergonha em participar dos diálogos em sala e cansaço durante as atividades. Mas para evitar que isso aconteça, manteremos o sigilo das respostas e buscaremos proporcionar um ambiente respeitoso para todos os alunos.

5. O QUE ESSA PESQUISA TRARÁ DE BOM?

Proporcionará ao aluno compreender e interpretar o mundo natural, social e tecnológico, mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais da ciência. Produção de um produto educacional que potencialize o ensino de Física na educação básica e ampare professores.

6. MAIS ALGUMAS COISAS QUE VOCÊ E O SEU RESPONSÁVEL PODEM QUERER SABER:

Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) em todas as formas que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não causará qualquer punição ou modificação na forma em que é atendido (a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo. Apesar disso, você tem assegurado o direito a compensação ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa. Os resultados estarão à sua disposição quando finalizados. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos.

7. ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO:

Declaro que estou ciente e concordo em participar deste estudo. Além disso confirmo ter recebido uma via deste Termo de Assentimento e asseguro que tive a oportunidade de ler e tirar todas as minhas dúvidas.

Vitória da Conquista, ____ de _____ de 2021.

Assinatura do (a) participante

Assinatura do (a) pesquisador (a)

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

Pesquisador responsável: Jefferson José dos Santos

Telefone: (77)99113-6911

E-mail: jeffersonsants@hotmail.com

APÊNDICE B

UESB
Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo 62 - UESB Vitória da Conquista - BA



JEFFERSON JOSÉ DOS SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO DE ÁGUA: DOMÍNIOS DE CONHECIMENTOS
COMPLEXOS E POUCO ESTRUTURADOS SOB O OLHAR DOS
OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS DE BACHELARD**

Vitória da Conquista – BA

Novembro de 2022



UESB
Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo 62 - UESB Vitória da Conquista - BA



JEFFERSON JOSÉ DOS SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO DE ÁGUA: DOMÍNIOS DE CONHECIMENTOS
COMPLEXOS E POUCO ESTRUTURADOS SOB O OLHAR DOS
OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS DE BACHELARD**

Vitória da Conquista – BA

Novembro de 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL

**DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO DE ÁGUA: DOMÍNIOS DE CONHECIMENTOS
COMPLEXOS E POUCO ESTRUTURADOS SOB O OLHAR DOS
OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS DE BACHELARD**

Produto educacional apresentado ao Programa de PósGraduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. . O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Duarte José

Vitória da Conquista – BA

Novembro de 2022

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é um desdobramento dos estudos desenvolvidos durante o Mestrado Profissional em Ensino de Física, sob orientação do Professor Dr. Wagner Duarte José, sendo um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pelo programa. A sequência didática é uma proposta estruturada em contextos complexos e pouco estruturados a partir do tema *Água: Distribuição e Consumo*, onde buscou-se articular a epistemologia Bachelardiana e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	8
2.1. Quadro geral da sequência didática	18
3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
ANEXOS – Materiais complementares da sequência didática	21

1. INTRODUÇÃO

Uma das funções primordiais da escola é possibilitar ao aluno o rompimento do conhecimento ingênuo, de senso comum, para um pensamento mais crítico e autônomo diante das mais variadas situações que permeiam o cotidiano nas perspectivas científicas, tecnológicas e sociais. Este processo histórico efetiva-se, em parte, através da apropriação dos conhecimentos escolares por meio do ensino e da aprendizagem.

Concernente ao ensino de Física, novas significações têm sido construídas ao longo dos anos, as pesquisas e documentos oficiais apontam para um ensino capaz de articular conteúdos com problemas práticos do cotidiano, um ensino comprometido em utilizar os conhecimentos da Física para compreender as mais variadas questões do cotidiano científico e tecnológico. “Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, pág. 1).

Segundo a Base Nacional Comum Curricular - BNCC (2018), as Ciências da Natureza devem contribuir para a construção de um conhecimento contextualizado, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. A contextualização no ensino de Física pode ser compreendida como uma abordagem de ensino que relaciona os conhecimentos da disciplina com situações reais, relevantes para o aluno. Embora, esta possa ser concebida para além do uso de situações cotidianas, exigindo uma melhor compreensão do termo contextualização e análise deste por diferentes ângulos (RICARDO, 2003).

O desdobramento do ensino através de situações reais é uma estratégia presente no estudo da flexibilidade cognitiva. A Teoria da Flexibilidade Cognitiva - TFC baseia-se no desenvolvimento dos conceitos científicos por meio da abordagem de casos e mini-casos, sendo estes representativos de contextos complexos e pouco-estruturados. É perceptível uma similaridade dos processos discutidos no estudo da TFC com as orientações curriculares, o que reforça o emprego destes contextos complexos.

No desenvolvimento dos casos e mini-casos apresentamos fenômenos que podem, em alguns aspectos, ser familiares aos alunos e trazerem consigo concepções espontâneas e obstáculos epistemológicos. Segundo Bachelard (1996) é impossível a formação de um novo conhecimento quando se têm concepções primordiais, sendo importante a alteração dos conhecimentos cotidianos dos estudantes quando é apresentado condições para evoluir (BACHELARD, 1996, p.24). Os obstáculos apresentados por Bachelard (1996) não são decorrentes da complexidade ou fugacidade dos fenômenos, nem das limitações de nossos sentidos. Eles se encontram no próprio ato de conhecer, fundamentado na ideia pré-concebida, existe, portanto, uma dimensão psicológica a qual é responsável por criar os obstáculos (ROCHA, 2013). Levando em consideração a ressignificação dos conceitos pré-concebidos pelos alunos durante o processo de análise dos casos e mini-casos é possível guiar os alunos na busca de alcançarem a flexibilidade cognitiva.

O produto educacional *Água: Distribuição e Consumo* traz uma sequência didática que busca apresentar os conceitos da Hidrostática e da Hidrodinâmica atrelados à problemática dos recursos hídricos em Vitória da Conquista no período de 2012 e 2017, por meio da articulação entre a Teoria da Flexibilidade Cognitiva e a epistemologia Bachelardiana para os obstáculos epistemológicos.

2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática foi organizada em três hipermídias confeccionadas no formato HTML (*HiperText Markup Language*) que se constitui numa linguagem de marcação utilizada na construção de páginas na *Web* que pode ser interpretada por navegadores. Desta forma o material pode ser reproduzido pelo professor com a garantia da qualidade e fluidez dos recursos anexados na hipermídia. A reprodução dos arquivos deve ser feita através de um computador já que a alocação da mídia requer um sistema operacional distinto dos dispositivos móveis como por exemplo *smartphones* e *tablets*.

Figura 1 – Interface gráfica da hipermídia parte 1.



Fonte – Próprio autor (2021).

O contexto da escassez de água na cidade de Vitória da Conquista durante o período de 2012 a 2017 está organizado na primeira parte da hipermídia *Água: Distribuição e Consumo* (Figura 1). Nesta, a condução do racionamento em 2017 e os efeitos da falta d'água são analisados de forma mais ampla, ou seja, levando em consideração as vivências dos estudantes e/ou familiares. O estudo dos fluidos, em especial a água, faz-se relevante para a formação cidadã caracterizada nos documentos norteadores do currículo da educação básica (BRASIL, 2002).

A hipermídia é constituída de textos, animações e vídeos organizados em uma sequência norteada por ícones de setas. Ao clicar nestes ícones o professor poderá a explorar o material. Na Figura 2 (a) vemos o primeiro *link qr code* anexado para facilitar o acesso dos alunos às mídias através de dispositivos móveis como *smartphones*. Partindo das questões apresentadas na hipermídia o professor pode pedir que os alunos acessem e analisem individualmente cada detalhe do material ou

seguir diretamente para uma análise em grupo através do material adicionado na sequência Figura 2 (b).

Figura 2 – Recorte do encarte orientador da distribuição de água durante o racionamento em 2017.

(a) QR code para download do calendário de abastecimento adaptado para a hiperfúria (b).



Fonte – Adaptada de Blog do Anderson, (2017). Disponível em

<https://www.blogdoanderson.com/2017/06/29/embasa-confira-e-baixe-o-novo-calendario-do-acionamento-em-vitoria-da-conquista-e-belo-campo/>. Acesso em 12 de Setembro 2021.

O próximo passo da sequência didática é a observação de dados e ações contidos na reportagem “*Alunos criam detector de vazamento de água para evitar desperdício na BA*” apresentada pelo Jornal da Manhã da Rede Bahia em 23 de fevereiro de 2015 (Figura 3). Neste vídeo são apresentadas informações sobre o consumo de água do município bem como um projeto de estudantes desenvolvido para minimizar o desperdício de água proveniente de vazamentos em tubulações e pontos de hidráulica.

Figura 3 – Destaque da reportagem sobre o gerenciamento dos recursos hídricos da cidade de Vitória da Conquista.



Fonte - Adaptada do vídeo *Alunos criam detector de vazamento de água para evitar desperdício na BA* publicado por *Jornal da Manhã Rede Bahia* em 23 de Fevereiro de 2015. Disponível em <http://g1.globo.com/bahia/noticia/2015/02/alunos-criam-detector-de-vazamento-de-agua-para-evitar-desperdicio-na-ba.html>. Acesso em 27 de Novembro 2020.

Com a exploração das informações contidas na primeira parte da hipermídia juntamente com as concepções dos estudantes sobre o papel da física no contexto trabalhado, o material conclui sua etapa instigando os alunos a buscarem novos conhecimentos para fundamentarem seus argumentos.

Na Figura 4 retratamos a interface da parte 2 da hipermídia cujo papel central é explorar os conhecimentos da hidrostática e da hidrodinâmica desenvolvidas em mini-casos baseados em situações reais focadas na distribuição e consumo d'água em uma casa.

Figura 4 – Interface gráfica da hipermídia parte 2.



Fonte – Próprio autor (2020).

Após a introdução desta segunda parte da hipermídia é disponibilizado para o professor um painel com ícones selecionáveis indicando cada equipamento chave para a discussão dos conceitos físicos ligados a eles conforme a Figura 5. O professor pode juntamente com os alunos escolherem por qual ícone irão percorrer, sendo uma sugestão seguir pelo equipamento hidráulico localizado no local indicado pelas respostas das últimas perguntas da parte 1.

Figura 5 – Interface gráfica de acesso aos mini-casos



Fonte – Próprio autor (2020).

A escolha dos mini-casos pelos alunos é fundamentada na metodologia da TFC o que faz o estudante criar estruturas de conhecimento mais flexíveis e não lineares, ou seja, indicadores da flexibilidade cognitiva (BRAGA, 2019).

Os mini-casos contidos na parte 2 da hipermídia são: *A chuveirada*, *Um novo banho* e *Vaso sanitário vazando*. Com a seleção da caixa d'água, Figura 6 é necessário abrir uma discussão sobre o manual do chuveiro elétrico na perspectiva de sua instalação.

Figura 6 – Mini-caso A Chuveira associado à caixa d'água. .

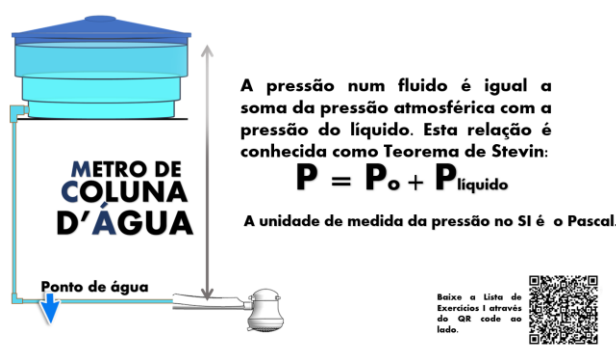


Fonte – Próprio autor (2020).

Avançando a partir dos ícones o professor deve apontar a relação de proporcionalidade das grandezas físicas com as considerações presentes no texto do manual de instruções. O Teorema de Stevin é desenvolvido na perspectiva da unidade de medida metro de coluna d'água (m.c.a.) conforme é dado seguimento até o fechamento ilustrado na Figura 7. A relação do volume de água e seu respectivo peso atuando sobre a superfície da base do reservatório é um exemplo da forma que conduzimos a narrativa sobre a pressão hidrostática.

Outros conceitos da hidrostática estão desenvolvidos em atividades complementares enxadas em cada sequência de mini-casos. Por exemplo, o Princípio de Pascal é trabalhado na atividade *Aprofunde* do mini-caso *A Chuveirada*. Vinculado a variações de pressão no reservatório quando o seu volume d'água varia.

Figura 7 – Fechamento da abordagem do Teorema de Stevin pelo mini-caso A Chuveirada com QR code de acesso para o link da Lista de Exercícios I.



Fonte – Próprio autor (2021).

Cada conjunto de mini-casos possui uma lista de exercício que pode ser baixada pelo aluno via *qr code*. Em anexo à sequência didática foram adicionados estes arquivos para impressão caso o professor necessite. Retornando a tela da casa exemplificada na Figura 5 é possível continuar explorando os mini-casos restantes.

O mini-caso Vaso Sanitário Vazando (Figura 8) introduz uma história sobre o mau funcionamento de um vaso sanitário solicitando que o aluno busque a provável causa deste problema. Para isso apresentamos o sistema de descarga e de enchimento do vaso sanitário tendo como base o Princípio de Arquimedes e o do Teorema de Stevin.

Figura 8 – Mini-caso Vaso Sanitário Vazando. .



Fonte – Próprio autor (2020).

No momento *Aprofunde* o professor poderá trazer novamente o Teorema de Stevin na ótica do efeito sifão e do fenômeno dos vasos comunicantes como base do funcionamento da bacia sanitária. Para isso foi anexado um recorte do episódio 23 da primeira temporada do *O Mundo de Beakman* intitulado de *Vaso Sanitário*, *Beakmania* e *Montanha Russa*. O vídeo mostra o personagem *Beakman* descrevendo o funcionamento de um vaso sanitário com o intuito de justificar o fato de o aparelho não contribuir em uma explosão (Figura 9). A invenção do sistema sifão é o ponto chave da discussão no vídeo tanto para mostrar a solução da problemática do episódio quanto para constatar sua eficácia no controle do nível d'água na bacia sanitária.

Figura 9 – Atividade de aprofundamento do contexto apresentado no mini-caso *Vaso Sanitário* Vazando com acesso via QR code.



Fonte – (a) Próprio Autor (2021). (b) Adaptado de *O Mundo de Beakman*, 1ª Temporada episódio 23 *Vaso Sanitário*, *Beakmania* e *Montanha Russa*, disponível em <https://www.beakman.com.br/>. Acesso em 09 de Agosto de 2021.

Figura 10 – Mini-caso *Um Novo Banho* vinculado ao chuveiro.

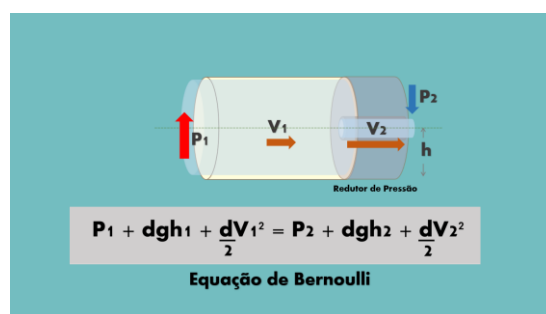


Fonte – Próprio autor (2020).

A hidrodinâmica foi base para o desenvolvimento do mini-caso Um Novo Banho (Figura 10 a). Ao avançar na hipermídia o professor poderá explorar a tirinha construída para ilustrar uma condição sinalizada nos manuais de instalação de chuveiros (Figura 10 b). É uma instrução de uso nos manuais que para pressões acima de 30 m.c.a. ou aproximadamente 3 atm deve-se incluir no ponto de hidráulica do chuveiro o redutor de pressão evitando assim desperdício de água e mal funcionamento dos sistemas hidráulicos. O questionamento apresentado na sequência vem como ponta pé para que o aluno possa conhecer aspectos hidrodinâmicos vinculados ao redutor de pressão bem como os funcionamentos de sistemas até o momento apresentados na perspectiva da hidrostática.

Para tratar de grandezas como por exemplo a velocidade de escoamento anexamos a sequência um conjunto de animações, como vista na Figura 11, que devem ser observadas e analisadas em sala de aula. São apresentadas definições que justificam a nomenclatura do redutor de pressão e o seu papel no funcionamento do chuveiro.

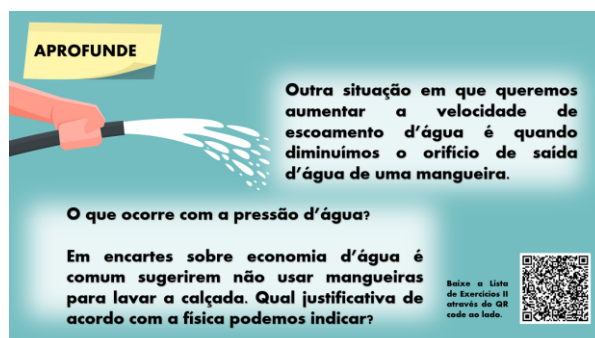
Figura 11 – Recorte da animação contida na parte 2 da hipermídia.



Fonte – Próprio autor (2020).

O último mini-caso disponível nesta descrição da hipermídia parte 2 tem como momento Aprofunde a reflexão sobre o funcionamento de uma mangueira de jardim (Figura 12) para a intenção de mudar a velocidade de escoamento da água. O contexto descrito no material deve ser comparado com a análise do redutor de pressão e as concepções espontâneas que surgirem na discussão. Em anexo à hipermídia o professor e os alunos têm acesso a lista de exercícios II via *qr code*.

Figura 12 – Atividade de aprofundamento do contexto apresentado no mini-caso Um Novo Banho e QR code para a Lista de Exercícios II.



Fonte – Próprio autor (2020).

A flexibilidade cognitiva é verificada quando o indivíduo correlaciona situações em contextos complexos para solucionar problemas novos que lhe são apresentados, por isso a parte 3 da hipermídia traz dois mini-casos anexados nas atividades Aprofunde Mais que abordam problemáticas reais no cenário da escassez d'água que o município de Vitória da Conquista passou entre 2012 e 2017 (Figura 13). As atividades são acessadas a partir dos ícones de balões na imagem da casa utilizada na parte 2 da hipermídia (Figura 5).

Figura 13 – Interface gráfica da hipermídia parte 3.



Fonte – Próprio autor (2020).

O ícone referente a caixa d'água presente na interface de acesso aos mini-casos da parte 3 leva o aluno a verificar a necessidade de obtenção de informações sobre o consumo de água. Durante o racionamento o gerenciamento dos reservatórios foi tomado como prioridade por várias famílias, já que o

calendário de abastecimento colocava dias espaçados para a liberação de água nos bairros. O fato de conhecer o nível de água nos reservatórios poderia ajudar na decisão de como se daria o consumo durante o período sem água na torneira.

Dentro da primeira atividade Aprofunde Mais colocamos um desdobramento da problemática (Figura 14). O professor ao avançar na hipermídia encontrará uma imagem aérea de um bairro e a partir deste momento deverá instruir os alunos a observar onde estão colocadas as caixas d'água. Fica evidente que os reservatórios em sua maioria estão colocados em locais de difícil acesso o que dificulta conhecer o nível de água.

Figura 14 – Atividade de aprofundamento complementar sobre o monitoramento do nível de um reservatório d'água.



Fonte – (a) Adaptado do vídeo *Bairro brasil imagens aéreas Vitória da Conquista- BA* por Ghirello *Imagens Aéreas* publicado em 06 de Setembro de 2020, Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=34ESUxhrB1M&t=266s> . Acesso em 15 de Setembro de 2021.
(b) Adaptada de Tinkercad (2021). Disponível em <https://www.tinkercad.com/things/h5h0CYfEPAe-medidor-de-nivel-da-caixa-dagua-do-primeirao-2021/>. Acesso 05 de Dezembro de 2021..

O uso de sistemas de monitoramento vem sendo mais frequente em casas e por este motivo a sequência didática propõe a confecção do medidor de nível de caixa d'água como esquematizado nas mídias referentes a figura 14 (b). O esquema eletrônico do medidor de nível e uma breve síntese do seu funcionamento estão também anexados nesta sequência didática.

A montagem do circuito eletrônico deve ser feita através do aplicativo web gratuito Tinkercad cuja montagem pode ser simulada. Para ter acesso aos recursos deste aplicativo necessário fazer um cadastro no site www.tinkercad.com

e após realizar o *login* iniciar a montagem em circuitos. O professor pode construir junto com os alunos o circuito *on-line* em uma única conta ou em um laboratório de informática pedir que cada aluno o faça individualmente.

O sistema do sensor que capta a mudança do nível da caixa d'água é um interruptor boia com um funcionamento semelhante a boia de nível dos reservatórios dos vasos sanitários. O Princípio de Arquimedes deve ser ressaltado na análise do sistema.

A última atividade Aprofunde Mais também retoma a problemática da escassez de água em Vitória da Conquista, mas numa perspectiva diferente. O mini-caso trabalha as diferenças de como os produtores de hortaliças do município lidam com a falta de água (Figura 15). Para explorar o contexto, anexamos um vídeo de uma reportagem local que mostra o impacto da seca na produção de hortaliças e como tecnologias ajudaram alguns produtores no cultivo de seus produtos. É solicitado dos alunos que possam propor formas de otimizar o uso da água disponível tentando fazer uso do sensor de unidade do solo apresentado no vídeo anexado via *qr code*.

Figura 15 – Atividade de aprofundamento complementar sobre o consumo de água na produção de hortaliças.



Fonte – Adaptada do vídeo *Produtores de Vitória da Conquista investem em sistema de irrigação por causa da estiagem*, publicado por *Bahia Rural* em 15 de Novembro de 2015. Disponível em <https://globoplay.globo.com/v/4607608/>. Acesso em 10 de Dezembro 2020.

Para fazer o download das hiperfídias acesse o *link* abaixo:

https://drive.google.com/file/d/1kXFwdbq5nGe1RqO8Pabc_Y05mNKYLRGB/view?usp=sharing

2.1. Resumo da sequência didática

Quadro 1: Resumo da sequência didática aplicada.

Aula	Objetivo	Atividade	Avaliação	Recursos
Encontro I (100 minutos)	Apresentar o caso do racionamento d'água que teve sua duração no período de 2012 a 2017 para o município de Vitória da Conquista Bahia. Observar as experiências vividas pelos alunos e familiares durante o período.	Organizar a turma em um círculo para que possam contar as suas experiências durante o gerenciamento dos recursos hídricos no período do racionamento. Palavras recorrentes deverão ser anotadas no quadro para ressaltar sua frequência e indicar a relevância sobre o tema. Grandezas físicas e demais associações com o estudo da hidrostática e da hidrodinâmica são palavras-chave para a organização do conhecimento físico que será desenvolvido em encontros seguintes.	Solicitação de uma lista com os locais, dentro das residências dos alunos, cujo consumo de água é mais intenso.	Projektor com kit multimídia, computador e quadro branco.
Encontro II (50 minutos)	Descrever a hidráulica de um reservatório d'água em relação ao funcionamento de um chuveiro. Apresentar as definições das grandezas envolvidas, por exemplo pressão e densidade, enunciando o Teorema de Stevin.	Iniciar uma discussão sobre o mini-caso <i>A Chuveirada</i> solicitando aos alunos as concepções sobre a grandeza pressão e como caracterizá-la pelas unidades de medida mais utilizadas no contexto escolar e residencial.	Resolução da Lista de Exercícios I.	Projektor com kit multimídia, computador, impressão da lista de exercícios e quadro branco.
Encontro III (50 minutos)	Descrever a hidráulica de um vaso sanitário (caixa acoplada) e indicar elementos correspondentes aos conceitos apresentados no Teorema de Stevin e o princípio de Arquimedes.	Dar continuidade as discussões levando em consideração o mini-caso <i>Vaso Vazando</i> apresentando o método de cobrança pelo consumo de água e a história contida na hipermídia. Apresentar os mecanismos de descarga de um vaso sanitário bem como o sistema sifão em sua bacia sanitária. Assistir o vídeo em anexo concluindo a proposta da atividade.	Resolução da Lista de Exercícios III.	Projektor com kit multimídia, computador, impressão da lista de exercícios e quadro branco.

<p>Encontro IV (50 minutos)</p>	<p>Desenvolver a problemática que retoma a hidráulica do chuveiro na perspectiva da hidrodinâmica. Apresentar a definição da grandeza vazão e analisar as equações indicadas na sequência didática (Equação da Continuidade e de Bernoulli).</p>	<p>A partir da organização já estabelecida em encontros anteriores, dar continuidade nas discussões sobre o funcionamento dos equipamentos hidráulicos. No caso do chuveiro, analisar o contexto do mini-caso e apontar as semelhanças com os demais equipamentos descritos na hiperímia.</p>	<p>Resolução da Lista de Exercícios I.</p>	<p>Projetor com kit multimídia, computador, impressão da lista de exercícios e quadro branco.</p>
<p>Encontro V (100 minutos)</p>	<p>Aplicar conhecimentos de eletrônica como ferramenta para criar protótipos auxiliares na obtenção de informações e com estas melhorar o gerenciamento dos recursos hídricos de uma residência.</p>	<p>Organizar a turma em grupos (se possível no máximo quatro alunos por grupo). Conduzir a montagem e execução do circuito eletrônico apresentado na atividade <i>Aprofunde Mais do mini-caso Superfície d'água: a que nível estamos?</i></p>	<p>Construir* o circuito eletrônico proposto na hiperímia Parte III.</p> <p>*é possível fazer esta etapa através da plataforma <i>on-line Tinkercad</i> ou montando fisicamente o circuito.</p>	<p>Projetor com kit multimídia, computadores disponíveis para o uso dos alunos* e quadro branco.</p> <p>*o número de computadores é proporcional ao número de alunos na turma. Grupos com dois ou três alunos se tornam ideais.</p>
<p>Encontro VI (50 minutos)</p>	<p>Analisar a problemática contida no mini-caso <i>Regando as hortaliças</i>.</p>	<p>Organizar a turma em grupos (se possível no máximo quatro alunos por grupo). Apresentar a problemática do mini-caso solicitando que o grupo elabore uma proposta de intervenção a fim de sanar possíveis desperdícios de água e melhorar o gerenciamento da água presente no subsolo da região.</p>	<p>Solicitar a elaboração de uma proposta de intervenção para a problemática apresentada no mini-caso <i>Regando as hortaliças</i></p>	<p>Projetor com kit multimídia, computador e quadro branco.</p>

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BRAGA, G.R. **A Teoria da Flexibilidade Cognitiva como estruturantes dos Três Momentos Pedagógicos: contribuições ao ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos**, Dissertação (Mestrado em Ensino), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

ENEM 2011 – **Exame Nacional do Ensino Médio**. INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. Disponível em:

<https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2011/dia1_caderno1_a_zul.pdf>. Acessado em dezembro de 2021.

RICARDO, E. C. **A Problematização e a Contextualização no Ensino das Ciências: acerca das ideias de Paulo Freire e Gérard Fourez**. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais**, Bauru, 2003.

ROCHA, T. U. A epistemologia de Bachelard e suas potencialidades para o ensino de física na educação básica, XI Congresso Nacional de educação – EDUCERE, **Anais** Curitiba, 2013.

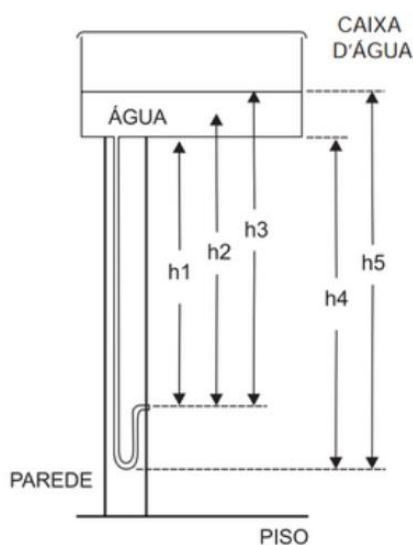
ANEXOS



LISTA DE EXERCÍCIOS I

Conteúdos abordados: Pressão, Teorema de Stevin e Princípio de Pascal.

1. (ENEM 2012) O manual que acompanha uma ducha higiênica informa que a pressão mínima da água para o seu funcionamento apropriado é de 20 kPa. A figura mostra a instalação hidráulica com a caixa d'água e o cano ao qual deve ser conectada a ducha.



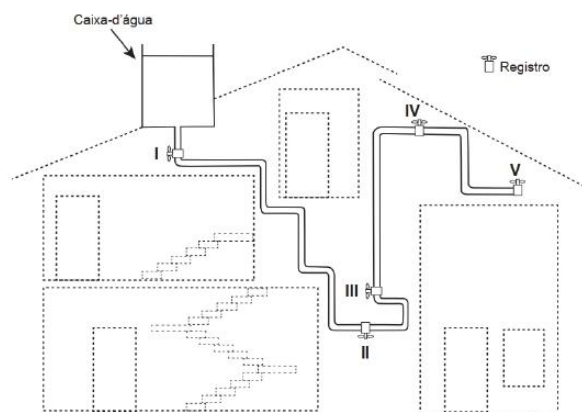
Questão 67 do Enem 2012 (Foto: Reprodução/Enem)

O valor da pressão da água na ducha está associado à altura

- A) h1.
- B) h2.
- C) h3.
- D) h4.
- E) h5.

2. (ENEM 2018) A figura apresenta o esquema do encanamento de uma casa onde se detectou a presença de vazamento de água em um dos registros. Ao estudar o problema, o morador

concluiu que o vazamento está ocorrendo no registro submetido à maior pressão hidrostática.



Questão 126 do Enem 2018 2ª Aplicação (Foto: Reprodução/Enem)

Em qual registro ocorria o vazamento?

- A) I.
- B) II.
- C) III.
- D) IV.
- E) V.

3. (ENEM 2020) Um mergulhador fica preso ao explorar uma caverna no oceano. Dentro da caverna formou-se um bolsão de ar, como mostrado na figura, onde o mergulhador se abrigou.

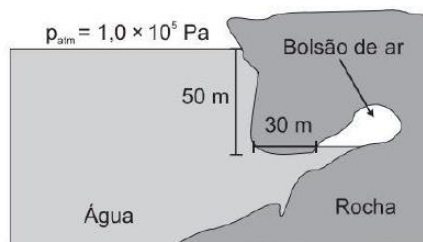


Fig. (a) Questão 106 do Enem 2020 (Foto: Reprodução/Enem)

Durante o resgate, para evitar danos a seu organismo, foi necessário que o mergulhador passasse por um processo de descompressão

antes de retornar à superfície para que seu corpo ficasse novamente sob pressão atmosférica. O gráfico mostra a relação entre os tempos de descompressão recomendados para indivíduos nessa situação e a variação de pressão.

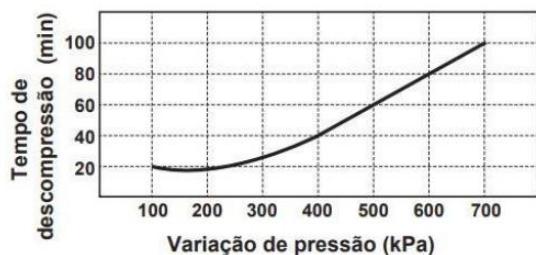
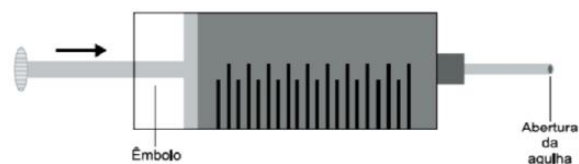


Fig. (b) Questão 106 do Enem 2020 (Foto: Reprodução/Enem)

Considere que a aceleração da gravidade seja igual a 10 m/s^2 e que a densidade da água seja de $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Em minutos, qual é o tempo de descompressão a que o mergulhador deverá ser submetido?

- A) 100.
- B) 80.
- C) 60.
- D) 40.
- E) 20.

4. (UFMS-RS 2013) Certo medicamento, tratado como fluido ideal, precisa ser injetado em um paciente, empregando-se, para tanto, uma seringa.



Considere que a área do êmbolo seja 400 vezes maior que a área da abertura da agulha e despreze qualquer forma de atrito. Um acréscimo de pressão igual a ΔP sobre o êmbolo corresponde a qual acréscimo na pressão do medicamento na abertura da agulha?

- A) ΔP .
- B) $200 \Delta P$.
- C) $\Delta P/200$.
- D) $400 \Delta P$.
- E) $\Delta P/400$.

5. (MACK-SP 2017) A pressão exercida por uma coluna de água de 10 m de altura é igual a 1,0 atm. Um mergulhador encontra-se a uma profundidade H, da superfície livre da água, onde a pressão atmosférica é 1,0 atm. A pressão absoluta sobre o mergulhador é de 5,0 atm. A profundidade que o mergulhador se encontra é:

- A) 50 m.
- B) 40 m.
- C) 30 m.
- D) 20 m.
- E) 10 m.

Gabarito: 1 - C); 2 - B); 3 - C); 4 - A); 5 - B)

LISTA DE EXERCÍCIOS II

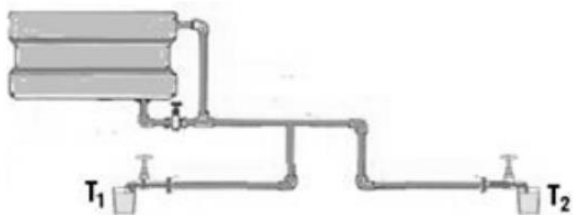
Conteúdos abordados: Vazão, Equação da Continuidade e Equação de Bernoulli.

1. (UFPE) O sistema de abastecimento de água de uma rua, que possui 10 casas, está ilustrado na figura abaixo. A vazão do tubo principal é de $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$. Supondo que cada casa possui uma caixa d'água de 1500 litros de capacidade e que estão todas inicialmente vazias, em quantos minutos todas as caixas-d'água estarão cheias?

Suponha que durante o período de abastecimento nenhuma caixa fornecerá água para as suas respectivas casas.

- A) 15 minutos.
- B) 20 minutos.
- C) 35 minutos.
- D) 30 minutos.
- E) 25 minutos.

2. (UFJF-MG) A figura representa uma caixa de água ligada a duas torneiras T1 e T2. A superfície livre da água na caixa tem área $A = 0,8 \text{ m}^2$ e as vazões nas torneiras são 5 litros/minutos e 3 litros/minutos, respectivamente.



Pode-se afirmar que o módulo da velocidade V , com que a superfície da água desce, vale:

- A) 1 m/min .
- B) 1 m/s .
- C) 1 cm/min .
- D) 1 cm/s .
- E) 2 cm/s .

3. (ENEM 2014) Uma pessoa, lendo o manual de uma ducha que acabou de adquirir para a sua casa, observa o gráfico, que relaciona a vazão na ducha com a pressão, medida em metros de coluna de água (mca).



Nessa casa residem quatro pessoas. Cada uma delas toma um banho por dia, com duração média de 8 minutos, permanecendo o registro aberto com vazão máxima durante esse tempo. A ducha é instalada em um ponto seis metros abaixo do nível da lâmina de água, que se mantém constante dentro do reservatório.

Ao final de 30 dias, esses banhos consumirão um volume de água, em litros, igual a

- A) 69120.
- B) 17280.
- C) 11520.
- D) 8640.
- E) 2880.

4. (CPS 2010) Preocupado com as notícias sobre a escassez da água potável no planeta devido ao mau gerenciamento desse importante recurso natural, Marcelo, tentando fazer a sua parte para reverter esse processo, tem procurado adotar atitudes ecopráticas, por isso resolveu verificar quanto gasta de água em um banho.

Ele, com a ajuda de seu irmão que cronometrou o tempo e anotou os resultados, procedeu da seguinte forma:

- ligou o chuveiro apenas quando já estava despido e pronto para o início do banho;
- para se molhar, Marcelo deu um quarto de volta no registro do chuveiro que ficou aberto por 1 min 18 s;
- ensaboou-se, com o chuveiro fechado, por 3 min 36 s;
- para se enxaguar, abriu totalmente o registro do chuveiro;
- finalmente, fechou o registro do chuveiro, encerrando o banho que durou 6 min 54 s.

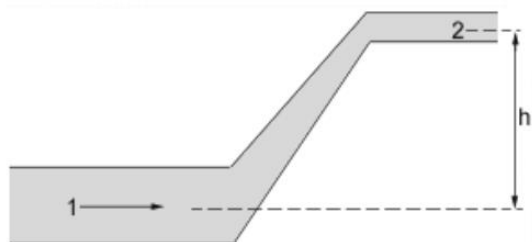
Mais tarde, consultando o site da Sabesp, Marcelo obteve os seguintes dados:

Abertura do Registro	Consumo (L/min)
$\frac{1}{4}$ volta	1,5
$\frac{1}{2}$ volta	3,0
1 volta	6,0
Abertura total	10,8

Analisando a situação apresentada, conclui-se que a quantidade total de água que Marcelo utilizou nesse banho foi, em litros,

- A) 12,30.
- B) 23,55.
- C) 34,56.
- D) 40,83.
- E) 58,15.

5. (UFMS-RS) Água escoa em uma tubulação, onde a região 2 situa-se a uma altura h acima da região 1, conforme figura a seguir. É correto afirmar que:



- A) a pressão cinética é maior na região 1.
- B) a vazão é a mesma nas duas regiões.
- C) a pressão estática é maior na região 2.
- D) a velocidade de escoamento é maior na região 1.
- E) a pressão em 1 é menor do que a pressão em 2.

6. (MACK-SP 2017) A pressão exercida por uma coluna de água de 10 m de altura é igual a 1,0 atm. Um mergulhador encontra-se a uma profundidade H , da superfície livre da água, onde a pressão atmosférica é 1,0 atm. A pressão absoluta sobre o mergulhador é de 5,0 atm. A profundidade que o mergulhador se encontra é:

- A) 40 m.
- B) 50 m.
- C) 30 m.
- D) 10 m.
- E) 20 m.

Gabarito: 1 - E); 2 - C); 3 - C); 4 - B); 5 - B); 6 - A)

LISTA DE EXERCÍCIOS III

Conteúdos abordados: Empuxo e Vaso Comunicante

1. (ENEM 2016) Um navio petroleiro é capaz de transportar milhares de toneladas de carga. Neste caso, uma grande quantidade de massa consegue flutuar.

Nesta situação, o empuxo é

- A) maior que a força peso do petroleiro.
- B) igual à força peso do petroleiro.
- C) maior que a força peso da água deslocada.
- D) igual à força peso do volume submerso do navio.
- E) igual à massa da água deslocada.

2. (ENEM 2011) Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Assim, a água desce levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga se fecha e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.



Questão 78 do Enem 2011 (Foto: Reprodução/Enem)

A característica de funcionamento que garante essa economia é devida

- A) à altura do sifão de água.
- B) ao volume do tanque de água.
- C) à altura do nível de água no vaso.
- D) ao diâmetro do distribuidor de água.
- E) à eficiência da válvula de enchimento do tanque.

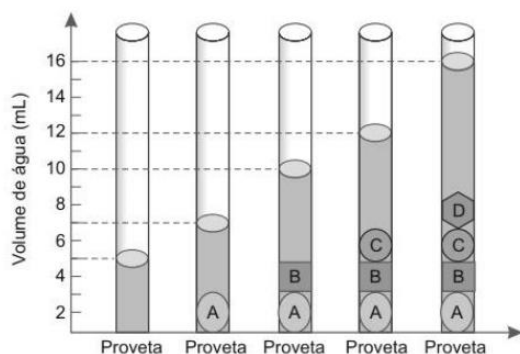
3. (UFPEL-RS) A expressão “Isso é apenas a ponta de um iceberg” – muito usada conotativamente, hoje em dia, para mostrar que se vê apenas uma parte muito pequena de um problema, ficando o resto “escondido” – faz referência a uma situação física.

Assinale a alternativa cujos dados se relacionam corretamente com essa situação.

- A) o Poder das Pontas e a Rigidez Dielétrica.
- B) A Lei de Stevin e a Diferença de Pressão.
- C) Pascal e o Princípio da Prensa Hidráulica.
- D) Newton e o Princípio da Ação e Reação.
- E) Arquimedes e o Teorema do Empuxo.

4. (ENEM 2020) As moedas despertam o interesse de colecionadores, numismatas e investidores há bastante tempo. Uma moeda de 100% cobre, circulante no período do Brasil Colônia, pode ser bastante valiosa. O elevado valor gera a necessidade de realização de testes que validem a procedência da moeda, bem como a veracidade de sua composição. Sabendo que a densidade do cobre metálico é próxima de 9 g cm^{-3} , um investidor negocia a aquisição de um lote de quatro moedas A, B, C e D fabricadas supostamente de 100% cobre e massas 26 g, 27 g, 10 g e 36 g, respectivamente. Com o objetivo de testar a densidade das moedas, foi realizado um procedimento em que elas foram sequencialmente inseridas em uma proveta

contendo 5 mL de água, conforme esquematizado.

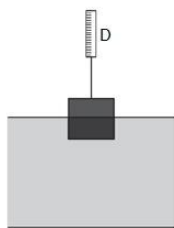


Questão 134 do Enem 2020 (Foto: Reprodução/Enem)

Com base nos dados obtidos, o investidor adquiriu as moedas

- A) A e B
- B) A e C.
- C) B e C.
- D) B e D.
- E) C e D.

5. Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.

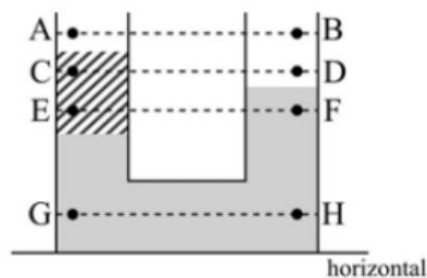


Questão 73 do Enem 2011 (Foto: Reprodução/Enem)

Considerando que a aceleração da gravidade local é de 10 m/s^2 , a densidade da água do lago, em g/cm^3 , é

- A) 0,6.
- B) 1,2.
- C) 1,5.
- D) 2,4.
- E) 4,8.

6. (EEAR 2019) A figura representa dois vasos comunicantes em que há dois líquidos imiscíveis e em repouso. A parte superior de ambos os vasos é aberta e está sujeita à pressão atmosférica. Os pares de pontos (AB, CD, EF e GH) pertencem a diferentes retas paralelas à horizontal.



Prova Aeronáutica - 2019 - EEAR - Sargento da Aeronáutica - Controle de Tráfego Aéreo.

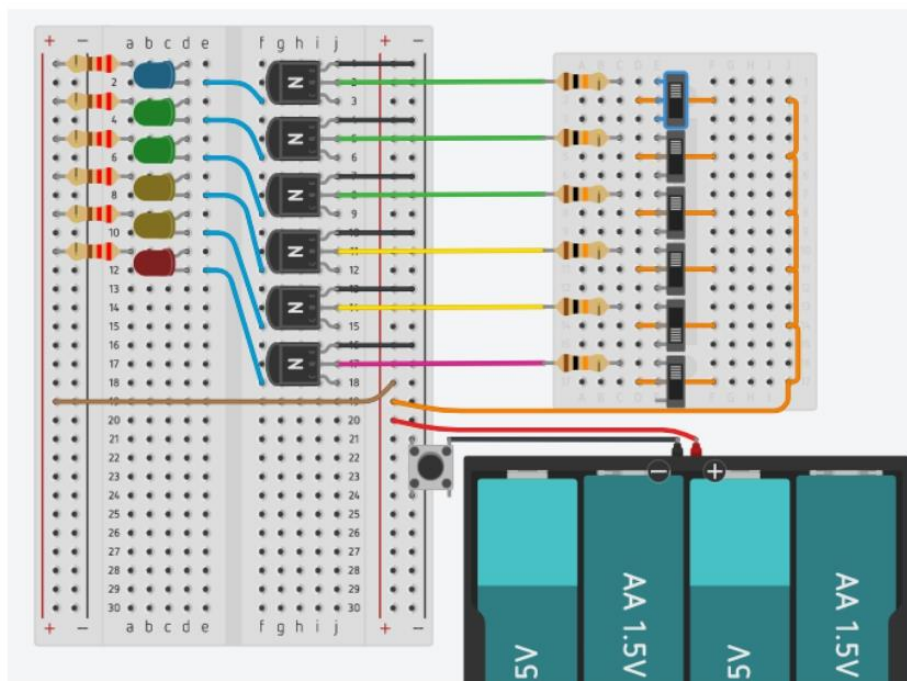
Pode-se afirmar corretamente que as pressões nos pontos

- A) C e D são iguais.
- B) C e E são iguais.
- C) G e H são iguais.
- D) A e B são diferentes
- E) são todas iguais.

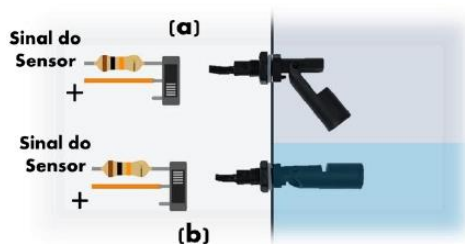
Gabarito: 1 - B); 2 - B); 3 - E); 4 - D); 5 - B); 6 - C)

Esquema do circuito do Medidor de Nível de Caixa d'água via Tinkercad

Acesse o site
<https://www.tinkercad.com>
 e faça seu cadastro para
 reproduzir o circuito do
 sensor de medida de nível
 de caixa d'água.



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.



O interruptor Boia é acionado quando o empuxo empurra sua parte móvel verticalmente para cima. Na imagem (a) o interruptor está aberto já que é somente o peso da boia responsável pelo seu posicionamento, mas com a subida do nível d'água o empuxo fecha o circuito e permite que uma corrente elétrica seja levada para o restante do circuito.

O transistor NPN ao receber um sinal no seu terminal "base (B)" permite a passagem de corrente elétrica pelos terminais "coletor (C)" e "emissor (E)" o que faz o LED acender e assim indicar a mudança de nível do reservatório. O botão "push button" fecha o circuito quando é pressionado informando o estado do nível d'água do reservatório.

