

PRODUTO EDUCACIONAL

ESTUDO DA VAZÃO DE UM FLUIDO NA LATERAL DE UM CILINDRO: UMA PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

PPGECNM

JESSICA SCHISLER

DR. RICARDO ROBINSON SANTANA CAMPOMANES

Sumário

APRESENTAÇÃO.....	3
INTRODUÇÃO	4
CAPÍTULO 1.....	7
1.1 A importância das atividades experimentais no ensino de Física	7
CAPÍTULO 2.....	9
2.1 Referencial teórico - Ensino por Investigação	9
2.2 Planejamento das aulas investigativas.....	12
CAPÍTULO 3.....	14
3.1 Modelagem Científica	14
3.2 Modelagem científica em sala de aula	16
3.3 Considerações teóricas prévias para o desenvolvimento do modelo teórico da vazão.....	18
3.4 Vazão e alcance de fluido ideal do orifício de um cilindro	20
CAPÍTULO 4.....	25
4.1 Sequência de Ensino por Investigação	25
CAPÍTULO 5.....	33
5.1 Materiais para os alunos.....	33
ATIVIDADE - Vazão	34
ATIVIDADE - Conservação da água	35
ATIVIDADE – Investigação do problema experimental	36
ATIVIDADE - Investigação do problema experimental segunda proposta	37
Relatório final individual	38
REFERÊNCIAS	39



APRESENTAÇÃO

Este Produto Educacional apresenta um material para professores de Física do Ensino Médio, no qual proponho uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) de uma situação-problema experimental para determinar a vazão de fluido na lateral de um cilindro de plástico. A vazão volumétrica se entende pela medida do volume do fluido que escoar através de uma dada área em determinado intervalo de tempo. Os materiais a serem utilizados na aplicação deste produto educacional serão de baixo custo e de fácil acesso.

A SEI partirá do uso consciente da água como o ponto inicial. Este produto educacional intitulado “Estudo da vazão de um fluido na lateral de um cilindro: uma proposta de Ensino por Investigação”, está vinculado à dissertação “Ensino por Investigação: Estudo da vazão de fluido na lateral de um cilindro aplicado ao Ensino Médio.” Espera-se que esse material possa contribuir com as aulas de Física, favorecendo o desenvolvimento e o aprendizagem dos alunos que participarão da aplicação desta Sequência de Ensino Investigativo.

INTRODUÇÃO

O Produto Educacional aqui proposto pode ser aplicado com alunos do primeiro ano do Ensino Médio, em que o conteúdo de hidrodinâmica é trabalhado. Este produto educacional se fundamenta na abordagem didática do ensino por investigação segundo Carvalho (2014).

A aplicação deste produto começa pela apresentação do professor aos discentes de uma situação-problema de forma clara. Via experimentação, os alunos irão investigar possíveis soluções, devendo para isso propor hipóteses e as validando experimentalmente.

Apresentação da situação-problema a ser solucionada: suponha que você dispõe de dois recipientes cilíndricos, um de diâmetro maior com capacidade de 20 litros e o outro, de diâmetro menor, com capacidade de 1 litro.

Ambos têm um furo na lateral, situado a uma mesma altura e com o mesmo diâmetro. Inicialmente os furos estão tampados e os recipientes contêm água até uma mesma altura. Retiram-se os tampões dos orifícios e captura-se o jato de água que sai de cada recipiente pelo furo em um copo.

Como se comparam os tempos necessários para encher cada um dos copos? Um deles é maior? Qual? E o alcance do jato d'água ejetado através do furo de cada recipiente? Algum deles é maior? Qual?

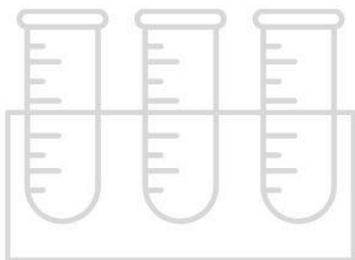


Figura 1 – Recipientes cilíndricos



Na imagem podemos observar os dois recipientes cilíndricos posicionados lado a lado. Vemos o jato de água enchendo o copo de 265 ml, o corante alimentício na água auxilia na visualização do nível da água para cronometrar o tempo que leva para encher ambos os copos.

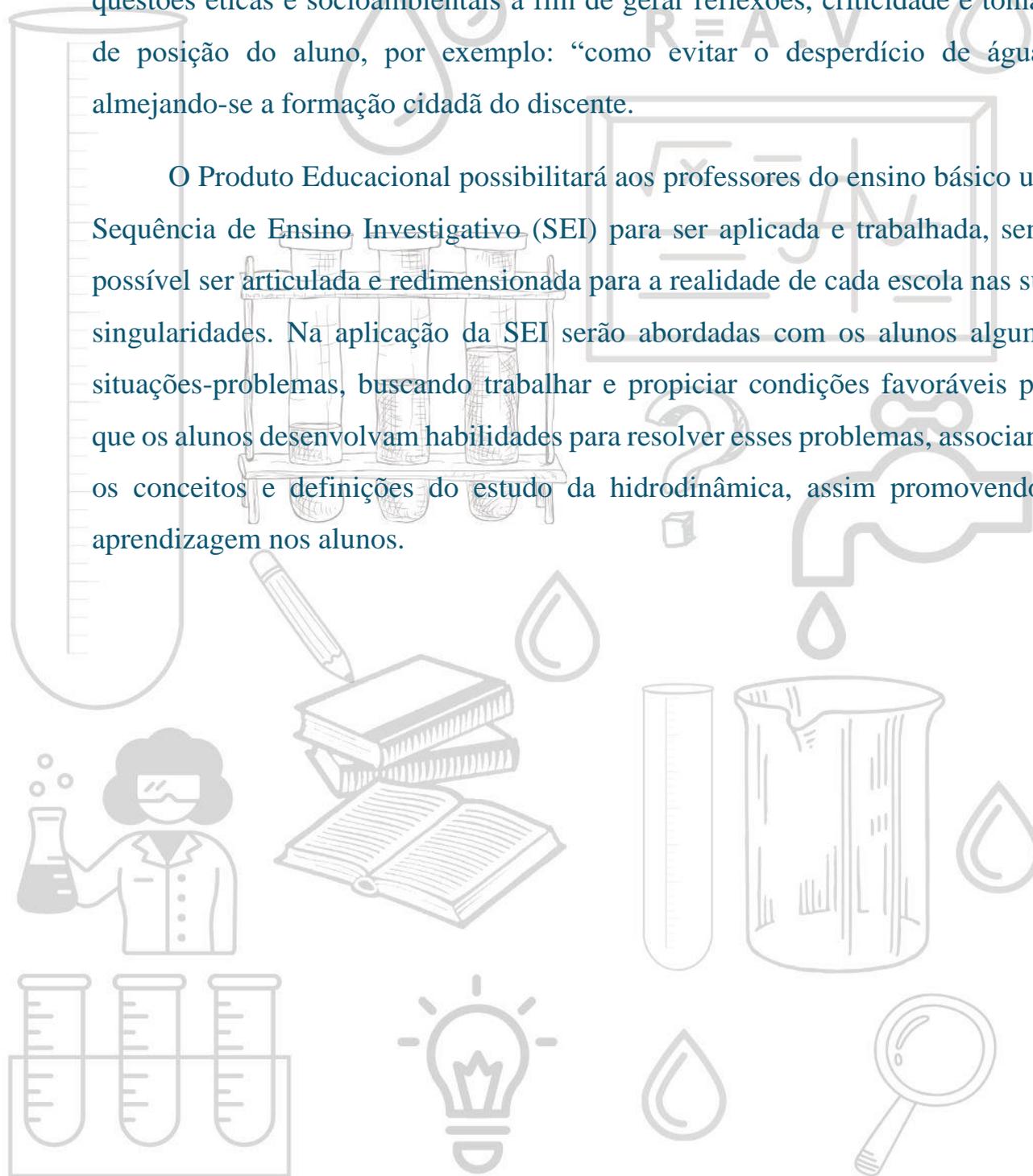
Os alunos deverão observar e analisar, cronometrando o tempo que leva para encher cada um dos copos, mantendo constante a altura da coluna de água. Para isso, deverão introduzir gradativamente água pela parte superior dos recipientes. Mantendo a altura da coluna da água inicial H constante enchendo de água pela parte superior dos recipientes.

A situação-problema pode ser expandida para uma nova percepção, quando a altura da coluna da água não é constante. Posteriormente, os alunos deverão comparar seus resultados com as previsões do modelo teórico para as grandezas físicas velocidade, vazão e alcance apresentado pelo professor.

Nesta abordagem do ensino por investigação, após a discussão da situação-problema, também, se consideram atividades que levam à contextualização social do conhecimento, como o sugere Carvalho (2014) através do questionamento “No seu dia a dia em que vocês podem verificar esse fenômeno?”. Na presente proposta, essa contextualização poderia ser trabalhada em situações de interesse e do cotidiano dos discentes como a vazão das usinas hidroelétricas da região e sua importância para a comunidade.

Por exemplo, a vazão das represas e/ou sistemas de irrigação das fazendas, ou vazão da caixa de água, de uma torneira, ou mangueira de uma residência. Além disso, segundo Carvalho (2013), o professor, visando a alfabetização científica, do discente, pode aproveitar o tema em estudo direcionando-o a questões éticas e socioambientais a fim de gerar reflexões, criticidade e tomada de posição do aluno, por exemplo: “como evitar o desperdício de água?” almejando-se a formação cidadã do discente.

O Produto Educacional possibilitará aos professores do ensino básico uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) para ser aplicada e trabalhada, sendo possível ser articulada e redimensionada para a realidade de cada escola nas suas singularidades. Na aplicação da SEI serão abordadas com os alunos algumas situações-problemas, buscando trabalhar e propiciar condições favoráveis para que os alunos desenvolvam habilidades para resolver esses problemas, associando os conceitos e definições do estudo da hidrodinâmica, assim promovendo a aprendizagem nos alunos.



CAPÍTULO 1

1.1 A importância das atividades experimentais no ensino de Física

Diversas propostas têm sido apontadas para superar a problemática da falta de interesse do Ensino de Ciências, entre elas, sugerem um ensino focado na participação dos alunos e de considerar atividades experimentais.

A importância das atividades experimentais é destacada por Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006, p. 384) “o Trabalho Experimental tem uma reconhecida importância na aprendizagem das ciências, largamente aceita entre a comunidade científica e pelos professores como metodologia de ensino, com resultados comprovados em muitas investigações”.

Por outro lado, segundo Oliveira (2010, p. 139) as atividades experimentais “têm sido bastante discutidas entre os pesquisadores da área de educação em ciências, especialmente em relação às suas finalidades e tipos de abordagens”. A autora salienta a importância dessas atividades e as realça em termos de finalidades e abordagens:

O importante é que suas diferenças sejam bem compreendidas de forma que possam ser aplicadas com objetivos bem definidos e com estratégias que favoreçam, dentro dos limites de cada uma, a máxima eficiência para o aprendizado de novos conteúdos, procedimentos e atitudes. (Oliveira 2010, p. 152).

Apesar da importância de finalidades e abordagens no uso da experimentação encontrados em vários estudos, o material de apoio que são disponibilizados aos professores do ensino médio com as novas ideias são escassos. Ao contrário, infelizmente, se continua com manuais com orientações do tipo “livro de receita”, na qual se prevalece demonstrações fechadas previamente definidas. (ARAÚJO; ABID, 2003).

Uma proposta interessante, que aponta a unidade entre “teoria”, “resolução de problemas” e “práticas de laboratório” dada por Gil Pérez (1999) considera:

A convergência de pesquisas realizadas em torno as práticas de laboratório, os problemas de lápis e papel e o aprendizado conceitual se torna, como tentamos mostrar, em forte apoio a proposta de aprendizagem de ciências como um processo de pesquisa dirigida. Essa convergência questiona, por outro lado, a clássica separação entre "teoria", "Prática" e "resolução de problemas". Assim, rompe-se com a abordagem separada de atividades que na pesquisa científica estão completamente interligadas e cuja persistência no ensino contribui para transmitir uma visão distorcida da ciência. (GILPÉREZ, 1999, p. 317, tradução nossa).

O professor deve buscar estimular o aprendizado dos alunos, porém, em muitas das vezes, esse aprendizado tem como base um ensino mecanicista. E quando são desenvolvidas as atividades experimentais nos livros didáticos e apostilas, o intuito da experimentação é apenas comprovar um fenômeno, com os objetivos, materiais, desenvolvimento e aplicação do experimento como um passo a passo.

Assim o professor apenas reproduz com seus alunos para “comprovar” alguma teoria, sem gerar nos alunos a criticidade e o espírito de investigação, ou seja, sem fomentar nos estudantes como se faz ciência.

Perante isto, é de suma importância dar outro enfoque e/ou abordagem didática e trabalhar as atividades experimentais em sala de aula de modo que o estudante seja protagonista da construção de seu conhecimento. Propomos para isso utilizar o Ensino por Investigação em sala de aula para buscar o desenvolvimento científico dos estudantes.

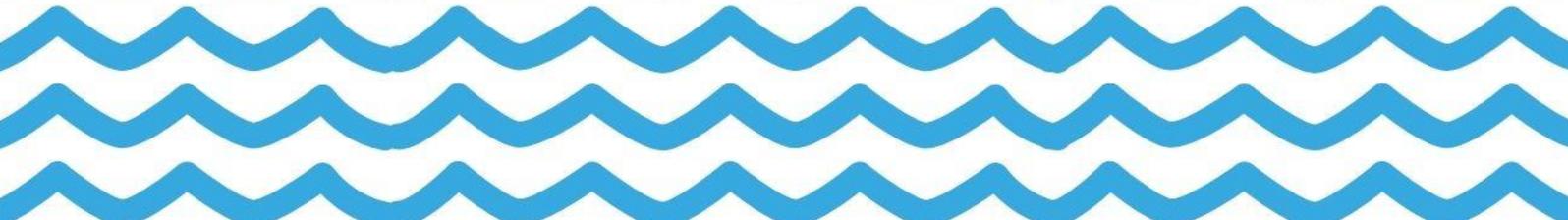
CAPÍTULO 2

2.1 Referencial teórico - Ensino por Investigação

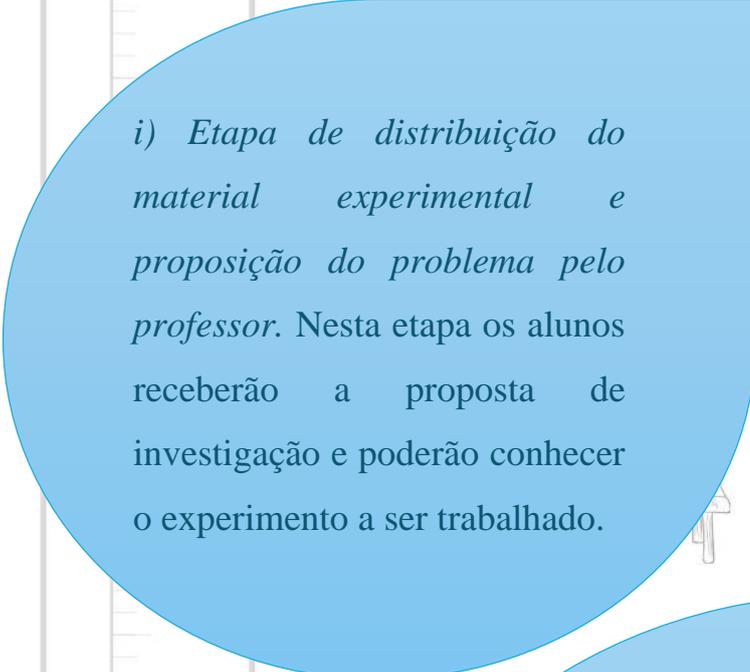
Na abordagem didática de Ensino por Investigação, o importante é a atitude do professor, pois, segundo Sasseron (2018), o professor possui a missão de mobilizar habilidades que possam auxiliar os discentes na resolução de situações-problema a eles apresentadas. Desta maneira, o professor precisa valorizar as ações dos alunos, das mais discretas às mais grandiosas ou elaboradas, dar lugar aos pequenos erros e incertezas mostrados pelos discentes além das hipóteses levantadas por esses.

O Ensino por Investigação caracteriza-se como um trabalho em que são incentivadas as discussões, o exercício da prática de raciocínio, comparação, análise e avaliação, possibilitando acima de tudo a participação ativa do aluno. Nesse sentido, almejando contribuir para o ensino de Física da região norte do estado de Mato Grosso, propomos o estudo de atividades experimentais relacionadas aos conteúdos de hidrodinâmica, com o enfoque no Ensino por Investigação. Para isto, desenvolvemos este Produto Educacional, para ser aplicado por meio de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) que estuda a vazão volumétrica de um fluido na lateral de um cilindro de plástico.

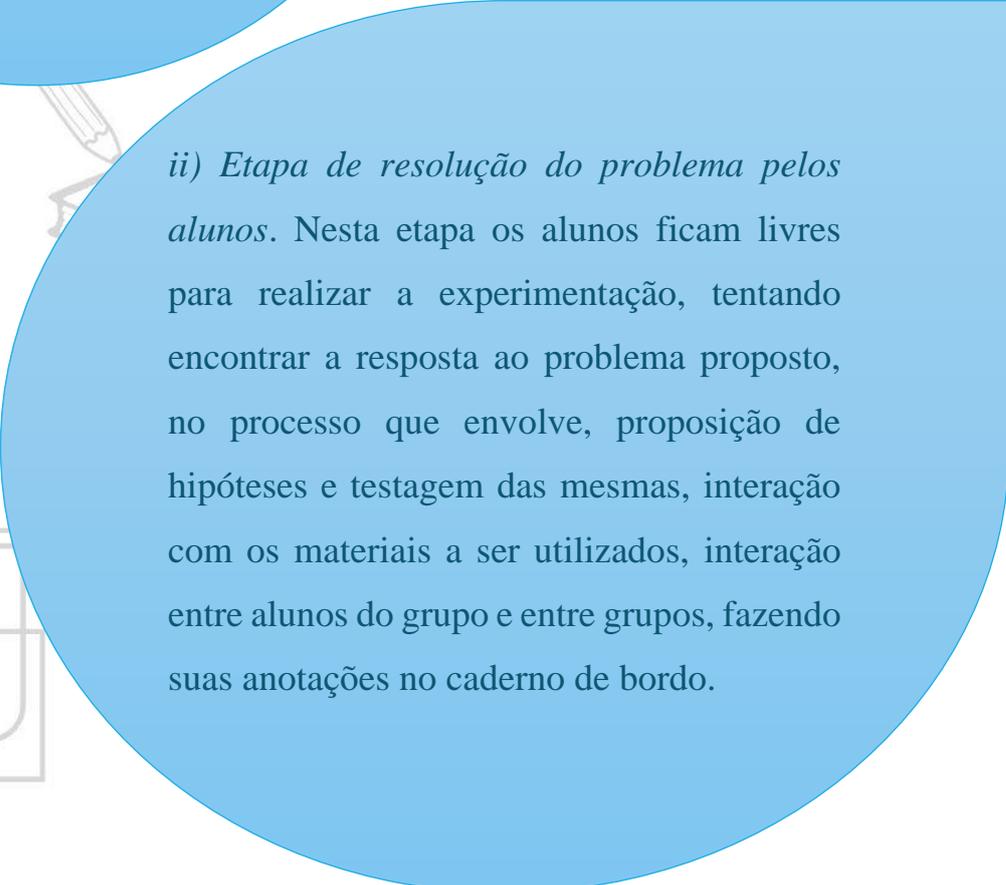
A SEI deve ser planejada de acordo com a realidade da sala de aula que será aplicada. Por isso a importância de se planejar as aulas de ensino por investigação propondo sempre atividades em que os alunos terão condições de resolver as situações-problema propostas. E para a aplicação da SEI deve se seguir algumas etapas de desenvolvimento, tendo em vista o processo de investigação para o aprendizado do aluno.



São quatro etapas da SEI sugeridas por Carvalho (2013), a serem seguidas pelo professor relacionadas ao objeto em estudo, sendo elas:



i) Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor. Nesta etapa os alunos receberão a proposta de investigação e poderão conhecer o experimento a ser trabalhado.



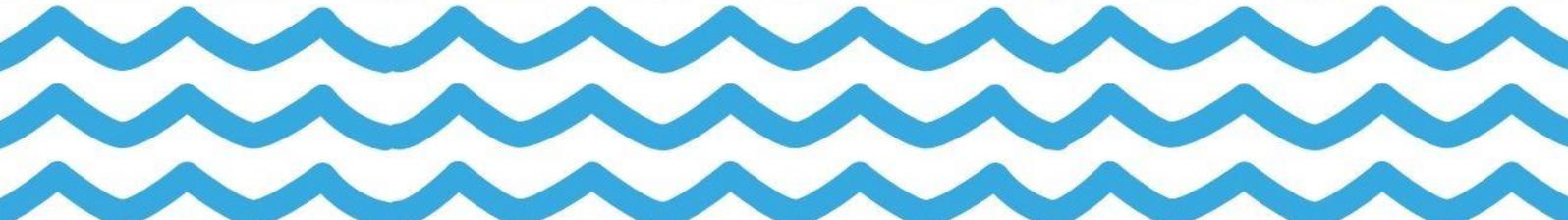
ii) Etapa de resolução do problema pelos alunos. Nesta etapa os alunos ficam livres para realizar a experimentação, tentando encontrar a resposta ao problema proposto, no processo que envolve, proposição de hipóteses e testagem das mesmas, interação com os materiais a ser utilizados, interação entre alunos do grupo e entre grupos, fazendo suas anotações no caderno de bordo.





iii) *Etapa de sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos.* Nesta etapa todos os alunos, reunidos em círculo, discutirão seus resultados, podendo chegar a conclusões para o problema, mediados pelo professor, quem questionará aos discentes.

iv) *Etapa de sistematização individual (de forma escrita) do conhecimento do aluno.* Então nesta etapa, após a discussão em grupo, o aluno tem um momento particular, articulando tudo o que foi trabalhando para conseguir chegar às suas próprias conclusões.



A etapa central da SEI é a apresentação de uma situação-problema, a qual deve estar relacionada com o cotidiano dos alunos. Independente da característica da situação escolhida, o professor poderá dar condições aos alunos de levantar, testar suas hipóteses e apresentar argumentações na busca da solução do problema.

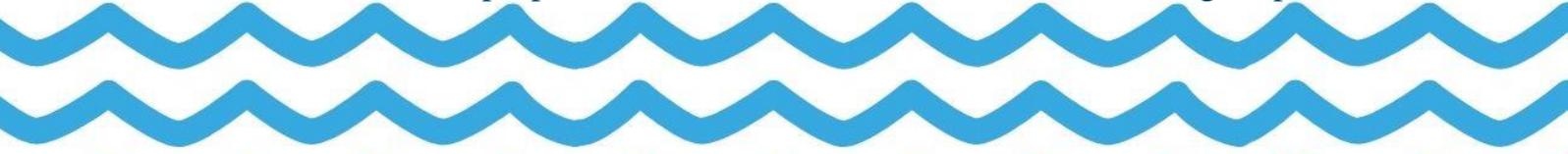
O professor poderá criar um ambiente que favoreça a investigação. Deste modo, sua função é a de mediar o trabalho científico a cada aula, oportunizando aos alunos a alfabetização científica (SASSERON; CARVALHO, 2008). É importante que o professor, antes de apresentar a situação-problema da SEI, explique de forma objetiva, o que é a modelagem científica, como também explicar como foram obtidos o modelo teórico e as previsões que ele faz para algumas grandezas físicas, que serão investigadas experimentalmente pelos alunos.

É importante desafiar os alunos a testar empiricamente essas previsões do modelo e verificar se pode-se considerar o modelo adequado para descrever aquela situação. Assim o professor não busca apenas avaliar se os alunos aprenderam o conteúdo abordado, mas também contribuir para que os discentes aprimorem a sua argumentação, escrita e autonomia. (CARVALHO, 2018).

2.2 Planejamento das aulas investigativas

Além de planejar as aulas como o habitual, fazendo seus planos de ensino e revendo exercícios, é importante que o professor use de sua criatividade para ensinar de diferentes maneiras em sala de aula. É no planejamento das aulas que o professor terá um suporte para desenvolver uma aula rica e interessante.

Os alunos não aprendem da mesma forma, cada um tem suas singularidades. Assim, se o professor planeja uma aula com uma metodologia de ensino diferente, propondo atividades ativas, o conhecimento chegará para mais

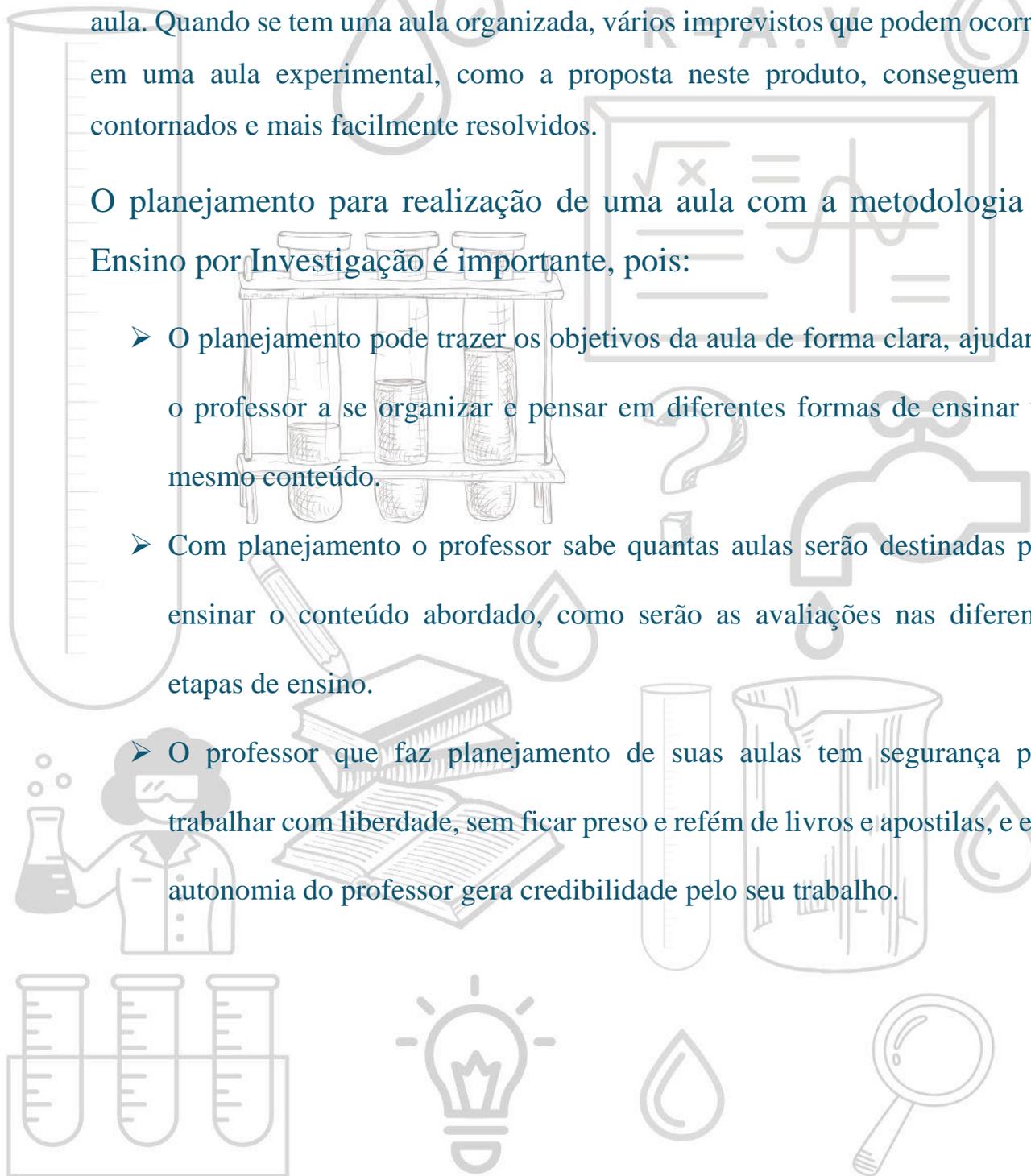


alunos, gerando mais interesse pelas aulas, motivando o estudo e curiosidade pela Física.

Este Produto Educacional propõe a SEI para ser aplicada seguindo etapas em que o professor planeja as atividades pensando na realidade da sua sala de aula. Quando se tem uma aula organizada, vários imprevistos que podem ocorrer em uma aula experimental, como a proposta neste produto, conseguem ser contornados e mais facilmente resolvidos.

O planejamento para realização de uma aula com a metodologia de Ensino por Investigação é importante, pois:

- O planejamento pode trazer os objetivos da aula de forma clara, ajudando o professor a se organizar e pensar em diferentes formas de ensinar um mesmo conteúdo.
- Com planejamento o professor sabe quantas aulas serão destinadas para ensinar o conteúdo abordado, como serão as avaliações nas diferentes etapas de ensino.
- O professor que faz planejamento de suas aulas tem segurança para trabalhar com liberdade, sem ficar preso e refém de livros e apostilas, e essa autonomia do professor gera credibilidade pelo seu trabalho.



CAPÍTULO 3

3.1 Modelagem Científica

Para a elaboração do modelo teórico para a vazão, seguiremos a concepção da Modelagem Científica segundo Bunge (1974). De forma concisa, para o autor (1974, p.16), “um modelo teórico é um sistema hipotético dedutivo que concerne a um objeto-modelo, que é, por sua vez, uma representação esquemática de uma coisa ou de uma situação real ou suposta como tal”. Para Brandão, Araújo e Veit (2008, p. 11) “a modelagem, mais do que uma ferramenta útil para a resolução de problemas, pode contribuir de forma significativa para uma visão de ciência adequada à prática científica moderna, cuja essência está na criação de modelos”. Em situação de ensino, quando o aluno enfrenta situações-problemas que precisam de construções de representações simplificadas de algum fenômeno real, é necessário formular ideias que se associem com o processo de modelagem científica. (HEIDEMANN; ARAÚJO; VEIT, 2016).

A princípio, a etapa inicial é a descrição conceitual da realidade que se inicia por idealizações, através da delimitação do objeto-modelo (ou modelo conceitual). Nestas idealizações descartam-se algumas características da realidade e desconsideram-se algumas particularidades que individualizam os objetos, pois o objeto-modelo é uma representação de um objeto real ou suposto como tal, portanto “a representação é sempre parcial” (BUNGE, 1974, p. 32).

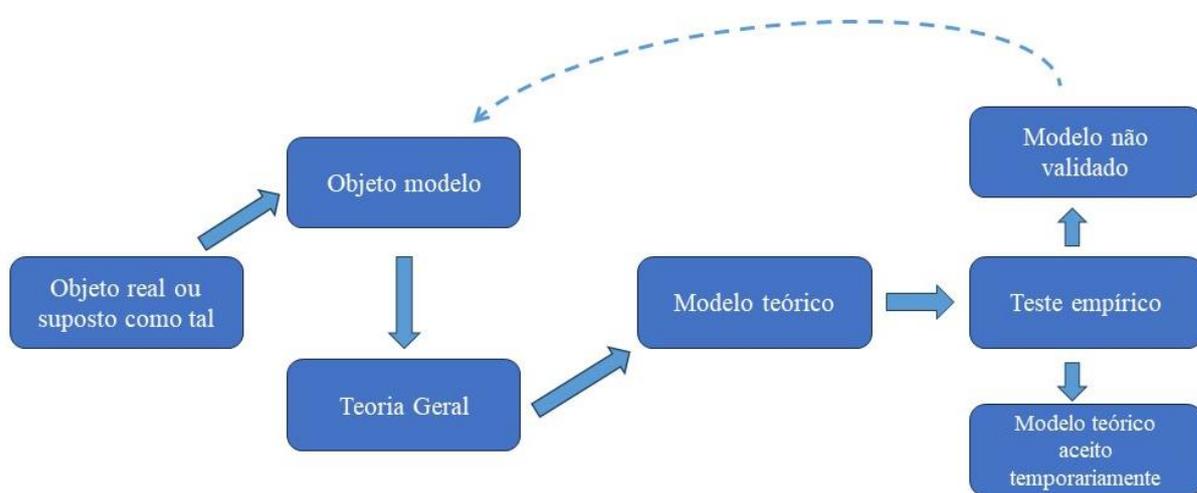
Então se entende que um objeto-modelo não procura descrever a realidade exatamente como esta é, pois, se tentar detalhar pode complicar o modelo.

Na compreensão de Bunge (1974, p. 14) “a formação de cada modelo começa por simplificações, mas a sucessão histórica dos modelos é um progresso de complexidade”. De maneira geral, nessa etapa há a escolha de fatores relevantes, por meio da construção de suposições plausíveis sobre variáveis que provavelmente serão relevantes (BUNGE, 1974).

A segunda etapa da modelagem descrita por Bunge (1974) consiste na construção detalhada do modelo teórico, em que o objeto-modelo é inserido em uma teoria geral ou conjunto de ideias, para se estabelecer relações dedutivas. Para Bunge (1974, p. 24) se as ideias estabelecidas com o objeto-modelo forem coerentes, teremos a constituição de um modelo teórico.

Em outras palavras, uma vez delineado o objeto-modelo, ocorre a descrição teórica, utilizando ferramentas matemáticas e então se procura enquadrar esse corpo de ideias em um esquema teórico compreensivo. Na Figura 2, observa-se o caminho que a modelagem segue desde a idealização do objeto-modelo até a validação ou não validação do modelo teórico obtido. As setas indicam o movimento articulado que cada etapa deve passar para o desenvolvimento da modelagem, seguindo os pressupostos de Bunge. Vejamos a Figura 2 onde mostra-se o esquema compondo as etapas.

Figura 2— Processo da modelagem científica



Fonte: Adaptado (CAMPOMANES; HEIDEMANN; VEIT, 2020).

Um objeto-modelo poderia ser utilizado para descrever vários objetos reais, como também um objeto real pode ser representado por mais de um objeto-modelo. As teorias gerais quando aplicadas a um objeto-modelo podem produzir diferentes modelos teóricos, dependendo de como é caracterizado o objeto-

modelo. A construção de um modelo teórico está ligada aos caminhos tomados, pensando o questionamento inicial que se pretende responder com o modelo teórico e posteriormente validar suas previsões empiricamente.

Para ilustrar como a modelagem pode ser aplicada para diversas situações da Física, o Quadro 1 traz exemplos de como a modelagem pode ser abordada em sala de aula, esclarecendo que a “situação a ser modelada” é o objeto-real ou suposto como tal, e o “modelo conceitual” é o objeto-modelo.

QUADRO 1— Exemplos de situações modeladas em física

Situação a ser modelada	Modelo conceitual	Teoria geral	Modelo teórico
Escoamento da água no interior de uma tubulação	Fluido contínuo sem viscosidade	Mecânica dos Fluidos	Modelo de fluido ideal
	Fluido contínuo com viscosidade		Modelo de fluido viscoso
Certa quantidade de gás contida num recipiente fechado	Sistema de partículas termicamente isolado que não interagem entre si	Mecânica Estatística	Modelo de gás ideal clássico
		Mecânica Quântica	Modelo de gás ideal quântico
Comportamento da matéria em nível microscópico	Sistema planetário	Mecânica Clássica e Eletromagnetismo	Modelo atômico de Rutherford
Movimento dos planetas do sistema solar		Mecânica Clássica	Modelo planetário de Newton

Fonte: (BRANDÃO; ARAÚJO; VEIT, 2008, p. 12)

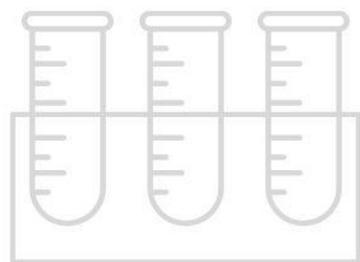
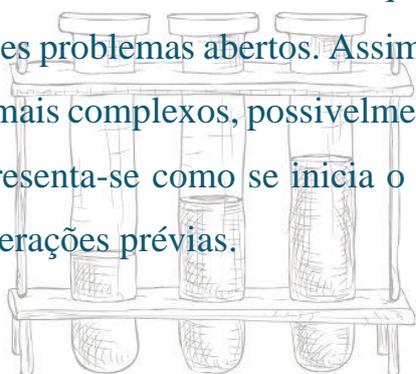
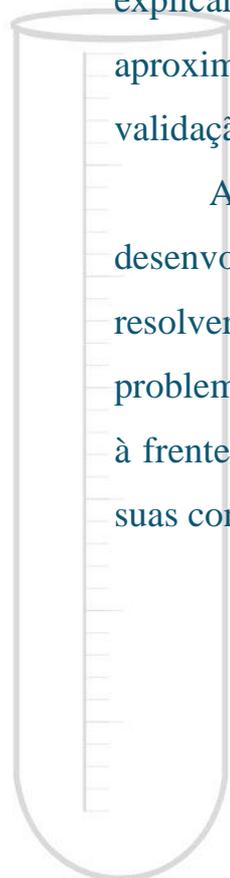
3.2 Modelagem científica em sala de aula

Para Heidemann, Araújo e Veit (2016 p. 6) “a Modelagem Didática-Científica (MDC) proporciona uma fundamentação consistente para professores e/ou pesquisadores de Física que procuram delinear, investigar e/ou avaliar atividades de ensino com enfoque no processo de modelagem científica”. Segundo Oliveira, Araújo e Veit (2020), a MDC é vista como um processo em que se cria, revisa e valida modelos científicos para reconstituir uma situação real por meio de representações. Os autores respondem mediante a MDC a seguinte indagação “Como promover atividades de Ensino de Física no Ensino Médio,

relacionadas à resolução de problemas abertos, com ênfase na compreensão de teorias científicas e na construção do conhecimento científico?”

Para a inserção da modelagem em sala de aula, pode-se passar por algumas dificuldades que estão ligadas ao processo. Diante disso, o professor pode então explicar como esse processo se desenvolve para que os alunos tenham uma ideia aproximada de como se constrói um modelo teórico e como é realizada a sua validação.

As atividades inicialmente podem ter uma abordagem simplificada para o desenvolvimento ocorrer de forma que os alunos tenham uma facilidade para resolver esses problemas abertos. Assim que tiverem segurança para compreender problemas mais complexos, possivelmente conseguirão resolvê-los também. Mais à frente apresenta-se como se inicia o desenvolvimento do modelo teórico com suas considerações prévias.



3.3 Considerações teóricas prévias para o desenvolvimento do modelo teórico da vazão

Para a construção do modelo teórico é necessário, inicialmente, definir conceitos físicos que serão expressos nas equações, começando com conceitos básicos como a densidade (ρ) que determina a concentração de matéria num determinado volume (V). A equação representa a relação entre a massa e o volume ocupado por esta massa:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

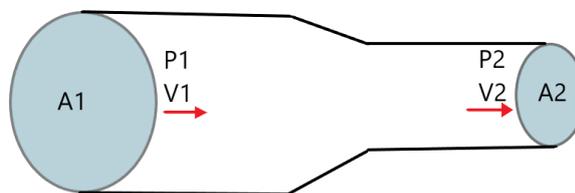
A pressão hidrostática é a pressão que ocorre no interior dos líquidos, sendo exercida pelo peso do próprio líquido. Seu valor depende da profundidade do ponto considerado. Desta forma, em diferentes pontos dentro de um mesmo líquido, a pressão hidrostática terá maior intensidade nos pontos de maior profundidade. A intensidade da pressão hidrostática (P), num ponto do líquido, depende da densidade do líquido (ρ), do valor da aceleração da gravidade local (g) e da profundidade do ponto em relação à superfície do líquido (h):

$$P = \rho \cdot g \cdot h.$$

A Equação da Continuidade relaciona a velocidade de escoamento de um fluido e a área disponível para o escoamento. Por ex., quando se molha um jardim com o auxílio de uma mangueira, é comum utilizar o dedo polegar para fechar um pouco a saída de água e, então, aumentar a velocidade de saída do líquido. Na Figura 3, num dado intervalo de tempo, um volume do fluido passa pela área maior da mangueira. Adotando o fluido como incompressível, assume-se que o mesmo volume deverá sair pela extremidade da área menor da mangueira no mesmo intervalo de tempo, ou seja, a vazão deve ser constante, assim a vazão, trata-se do volume de fluido que passa por um local em função do tempo, ou seja, trata-se da razão entre volume e

tempo. Percebe-se que, quanto menor for a área de escoamento disponível para um fluido, maior será a sua velocidade.

Figura 3 — Mangueira com mudança de área.



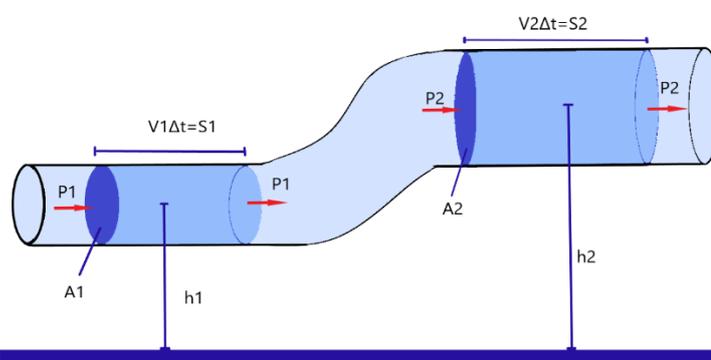
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A equação de continuidade diz “se dentro de um elemento de volume do espaço não tem fontes nem sumidouros, a massa total dentro de ele permanecerá constante”.

$$A1.V1 = A2.V2$$

A Equação de Bernoulli é aplicada para descrever o comportamento de um fluido ao longo de um escoamento qualquer, que pode envolver elevações diferentes ou mudanças de área, que implicarão na velocidade do escoamento estudado. Na Figura 4 num dado intervalo de tempo, um volume do fluido passa pela área mais baixa da mangueira. Adotando o fluido como incompressível, assume-se que o mesmo volume deverá sair pela extremidade da altura maior da mangueira no mesmo intervalo de tempo.

Figura 4 — Mangueira com variação da altura e área



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A equação de Bernoulli é deduzida a partir da Conservação de Energia Mecânica. Ela é utilizada para descrever o comportamento dos fluidos em movimento.

$$P_1 + \rho g Y_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \rho g Y_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

3.4 Vazão e alcance de fluido ideal do orifício de um cilindro

A região norte de Mato Grosso é um polo agrícola, seguido da pecuária. A maioria das fazendas conta com enormes caixas de água, que a consideraremos como objeto-real, instaladas numa posição (altura) em relação ao solo acima dos 7 metros para garantir o transporte do fluido para os cochos de água para o gado, por exemplo. Em certas oportunidades é preciso esvaziar as caixas de água, seja para limpeza ou outro motivo, surgindo perguntas como:

- i) Qual é o tempo de esvaziamento da caixa de água?;
- ii) De que forma varia o alcance do jato de água em função do tempo?;
- iii) De que modo varia a altura da coluna do líquido em função do tempo?;
- iv) Como varia a vazão em função do tempo?.

Para tentar responder essas perguntas, idealizamos um objeto-modelo da caixa de água dada pela Figura 5, onde se pode ver um cilindro contendo um líquido, que pode ser volátil, inicialmente drenando fluido na abertura 2. O cilindro está inicialmente tampado. Supomos que:

- i) O escoamento do fluido é incompressível, ou seja, a densidade do fluido é constante em qualquer elemento de volume do cilindro;
- ii) O escoamento do fluido é não estacionário, ou seja, as variáveis do escoamento não são constantes, por exemplo, a velocidade no ponto 2 não é constante, ou seja, varia com o tempo;
- iii) O escoamento do fluido é não viscoso, ou seja, é desprezada a conversão da energia cinética do fluido em energia interna por forças viscosas, como o contato do fluido com as paredes e com o orifício da saída do fluido;

- iv) O escoamento do fluido é irrotacional, ou seja, a corrente do fluido escoado não apresenta rotação ou vórtice;
- v) No caso de líquido volátil e com a tampa fechada do cilindro, uma pressão de vapor deve ser considerada.

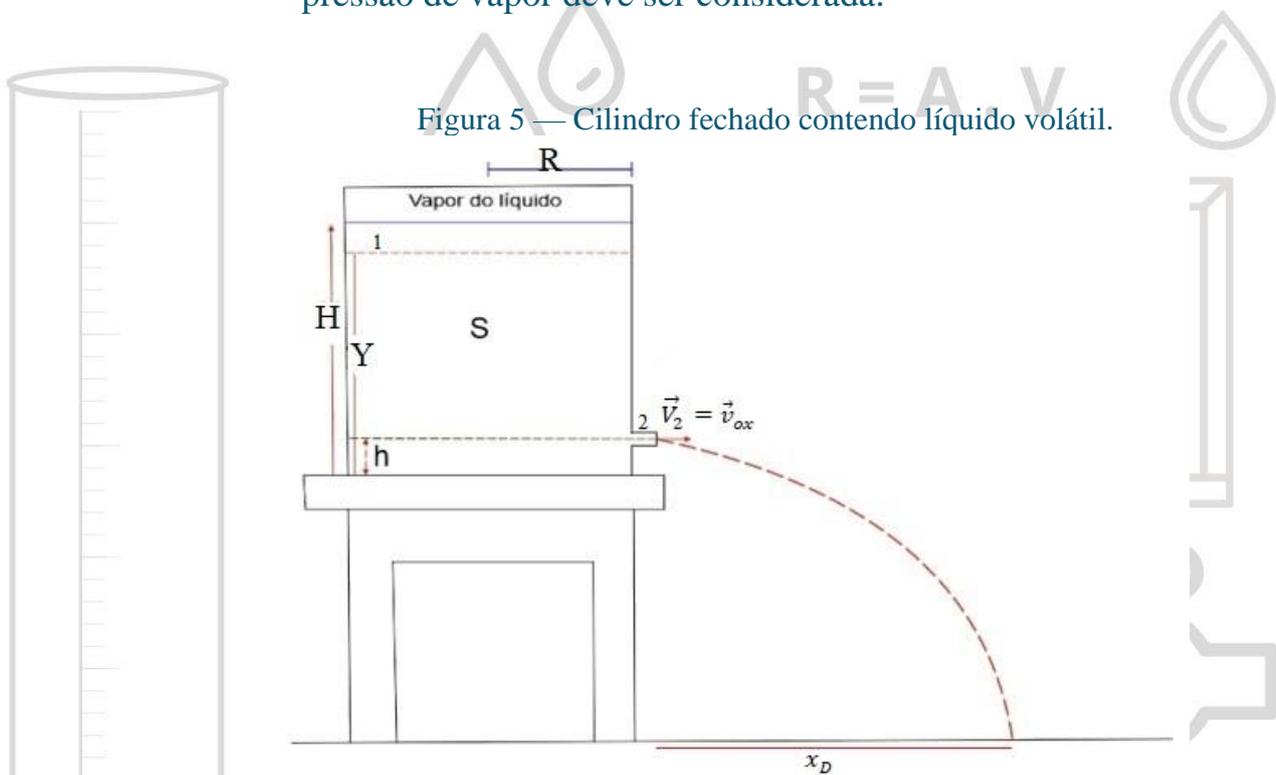


Figura 5 — Cilindro fechado contendo líquido volátil.

Fonte: Acervo da autora (2023)

Para construir um modelo teórico a partir do objeto-modelo, segundo Bunge, precisamos de uma teoria geral. Para o evento considerado, a teoria a ser usada é a dinâmica de fluidos, na qual usaremos (a) a equação de continuidade que está associada à conservação da massa, e (b) a equação de Bernoulli que diz a respeito à conservação da energia.

Para determinar da velocidade e vazão do fluido ejetado em função do nível do líquido, aplicando a Equação de Bernoulli nos ponto 1 e 2 da Figura 5, tem-se.

$$P_1 + \rho g Y_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \rho g Y_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

onde P_1 e P_2 são a pressão no nível do líquido (1) e na saída (2). Da equação de Bernoulli podem ser examinadas várias características ou situações como: a pressão estática e a pressão dinâmica, entre outros.

Considerando como referência a base da mesa, temos que a altura dos pontos (1) e (2) são: $Y_1 = Y_2 = h$

Como no ponto 2 está aberto, a pressão nesse ponto é a atmosférica.

Logo, $P_2 = P_{\text{atm}} = P_0$

$$P_1 + \rho g Y + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_0 + \rho g h + \frac{1}{2} \rho V_2^2 \quad (1)$$

Pela Equação de Continuidade, temos que a Vazão R nos pontos 1 e 2 é a mesma, ou seja:

$$\begin{aligned} R_1 &= R_2 \\ A_1 V_1 &= A_2 V_2 \\ \pi R^2 V_1 &= \pi r^2 V_2 \\ V_1 &= \left(\frac{r}{R}\right)^2 V_2 \end{aligned} \quad (2)$$

A Eq. 2 relaciona a velocidade com que desce o nível do líquido (V_1) com a velocidade (V_2) do jato do líquido que é ejetado do cilindro.

Substituindo Equação (2) na Equação (1), temos:

Para qualquer tempo “ t ”, a velocidade de saída do fluido é dada por:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2}{\rho} \left[\frac{(P_1 - P_0) + \rho g (Y - h)}{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^4} \right]} \quad (3)$$

Note que quanto maior a diferença entre a altura do nível do líquido e a altura do furo, maior será V_2 , porém não cresce linearmente com $(Y-h)$, mas sim com a sua raiz quadrada.

Considerando a situação mais comum do cilindro aberto, ou seja, sem a tampa, temos que a pressão P_1 é igual à pressão atmosférica P_0 . Também as pressões na superfície (1) e na saída (2) são iguais, logo $P_1 = P_2 = P_0$. Porém o raio do furo na lateral do recipiente é muito menor que o raio do cilindro, então:

$$\text{para } r \ll R \quad \rightarrow \quad 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^4 \approx 1 \quad (4)$$

Logo a velocidade de saída no ponto 2 é maior que a velocidade no ponto 1:

$$V_1 \ll V_2 \quad (5.a)$$

$$V_2 = \sqrt{2g(Y - h)} \quad (5.b)$$

$$R_2 = \pi r^2 \sqrt{2g(Y - h)} \quad (5.c)$$

De acordo com a Eq. 5.c, a vazão vai depender do nível da coluna de líquido no recipiente cilíndrico.

Para determinar o nível do líquido no cilindro Y (ver Figura 5) em função do tempo, resolveremos uma equação diferencial com as condições iniciais para a tampa aberta:

$$t = 0 \quad Y(0) = H \quad V(0) = 0 \quad (6)$$

A solução da equação diferencial (não detalhada neste trabalho) nos fornece a posição do nível do líquido “Y”, em qualquer instante t, dada por:

$$Y = h + \left[\sqrt{H - h} - \sqrt{\frac{g}{2} \left(\frac{r}{R} \right)^2 t} \right]^2 \quad (7)$$

A Equação (7) representa a predição do modelo teórico para a posição do nível do líquido em função do tempo.

A velocidade do líquido ejetado V_2 pode ser obtida em função do tempo, a partir da altura do líquido, substituindo a Eq. 7 na Eq. 5.b, resultando a equação:

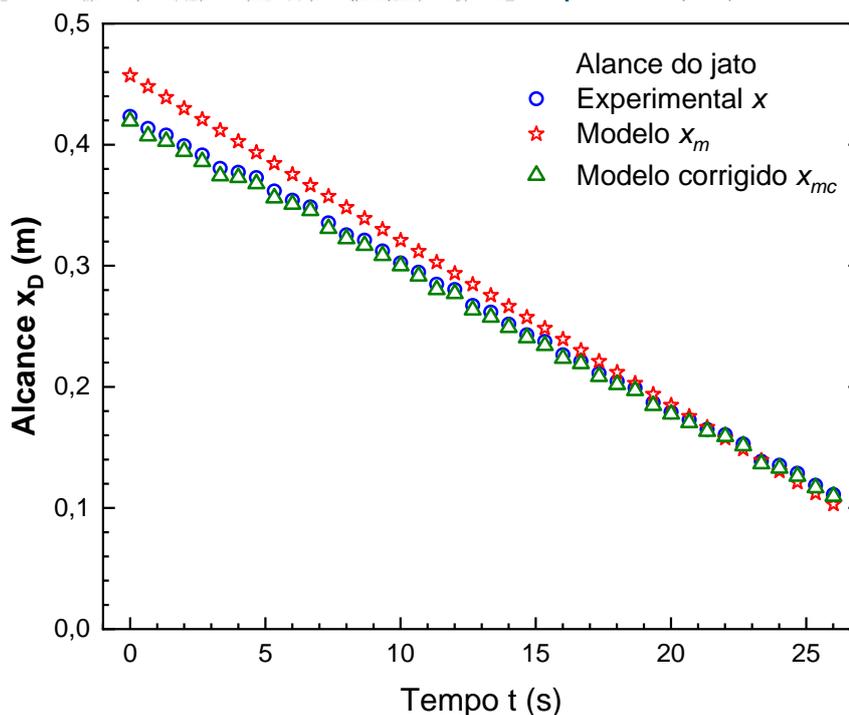
$$V_2(t) = \sqrt{2g(H - h)} - g \left(\frac{r}{R} \right)^2 t \quad (8)$$

O alcance x_D , onde o jato do líquido atinge o solo em função do tempo, é determinado em função do tempo (Ver Figura 5). Considerando um elemento de massa de líquido ejetado do cilindro (ponto 2) que cai de uma altura “ y_0 ” em relação ao solo. Para um tempo “t” arbitrário, porém o mesmo contabilizado para descida do nível do líquido do cilindro, temos o alcance dada por:

$$x_D = \left(\sqrt{2g(H - h)} - g \left(\frac{r}{R} \right)^2 t \right) \sqrt{\frac{2y_0}{g}} \quad (9)$$

Para validar empiricamente a predição do modelo para o alcance do jato do líquido em função do tempo dada pela Eq. 9, foram feitas medidas utilizando o cilindro de plástico de 1 litro da capacidade apresentada na Figura 1. Na Figura 6 apresenta-se o gráfico dos dados experimentais do alcance (X) em função do tempo. Também são plotados a previsão do modelo expandido ou corrigido (X_{mc}), que considera uma correção via um coeficiente de velocidade C_V , considerando a viscosidade, o qual se sobrepõem aos dados experimentais. Para um aprofundamento sobre modelo corrigido e sua validação consultar SCHISLER (2023).

Figura 6 — Alcance horizontal do jato: obtidos pelo experimento (x), e predito pelo modelo inicial (x_m) e modelo expandido (x_{mc}).

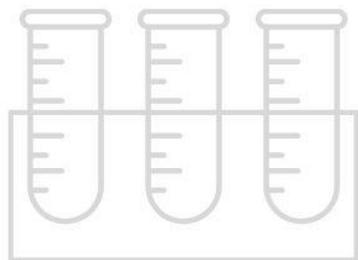
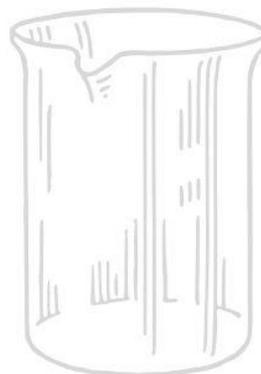
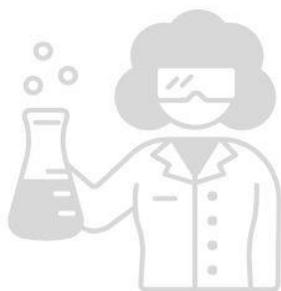
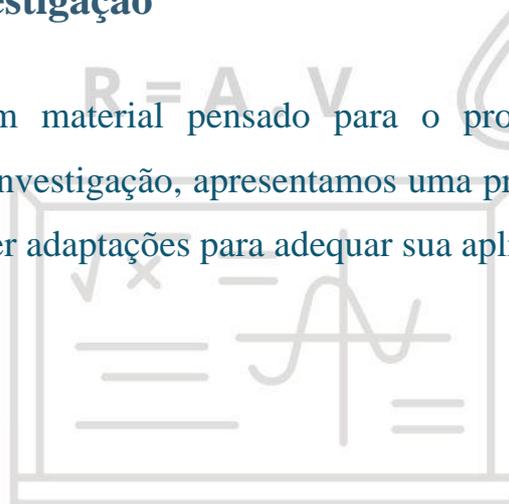
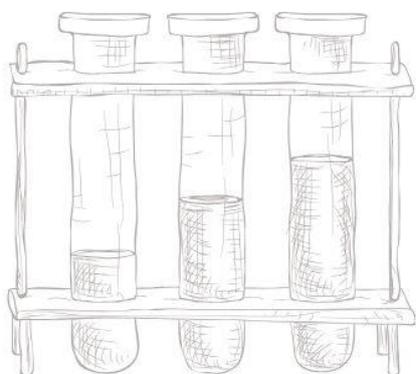
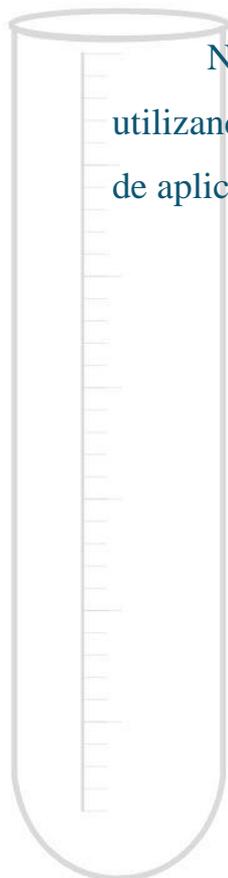


Observe-se que a curva predita pelo modelo inicial não se sobrepõe à curva experimental, no entanto percebe-se que a curva estimada pelo modelo corrigido se justapõe com a curva empírica. Pode-se inferir que os dados empíricos validam o modelo teórico expandido. A próxima seção traz um planejamento para a aplicação da SEI.

CAPÍTULO 4

4.1 Sequência de Ensino por Investigação

No intuito de disponibilizar um material pensado para o professor, utilizando a abordagem de Ensino por Investigação, apresentamos uma proposta de aplicação da SEI, sendo possível fazer adaptações para adequar sua aplicação.



Sequência de Ensino por Investigação

Apresentação da SEI

Proposta inicial:

Nesse primeiro encontro o professor irá explicar como serão as aulas de Hidrodinâmica. Importante fomentar aqui o interesse dos alunos pelas aulas que serão trabalhadas, desde a realização das atividades como também a experimentação no laboratório.

Materiais:

Folhas com a Atividade – Vazão e o caderno de bordo para possíveis anotações.

Desenvolvimento da aula:

Inicialmente o professor pode explicar o que é o Ensino Investigativo, as etapas das aulas e como os alunos serão avaliados. Aqui o professor fica livre para direcionar e avaliar da forma que ele achar melhor com a realidade de seus alunos.

Para uma avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos poderá ser aplicado o questionário inicial, que está anexo no material do aluno. Nesta lista estão os principais conceitos que serão trabalhados na SEI.

Apresentar como as aulas serão aplicadas, entregar o questionário para que os alunos resolvam sem que o professor explique a fundo os conceitos, apenas tirando dúvidas que possam surgir para que o aluno termine a atividade sem consulta ou pesquisa nesse primeiro momento.

O professor pode abordar uma explicação simples sobre o modelo teórico, sem abordar detalhes matemáticos, focando nas previsões do modelo, a fim de instigar os alunos a realizarem os experimentos e testar com a previsão do modelo. As equações das previsões do modelo estão anexas no material do aluno.

É importante que o professor explique o modelo, antes dos alunos irem para o laboratório coletar os dados para a verificação.

Avaliação:

A avaliação neste primeiro momento será quanto a participação, interação e a realização da atividade proposta de forma individual, resolução da lista 1. Sugere-se que o professor tenha um caderno de bordo com a lista dos alunos para realizar anotações durante a aplicação das atividades.

Sequência de Ensino por Investigação

Etapa 1

Proposta inicial:

O foco de estudo é a Hidrodinâmica, tema que pode ser debatido amplamente no ensino de Física do Ensino Médio com uma vasta aplicabilidade na sociedade, como na irrigação das fazendas, planejamento de usinas hidroelétricas, caixas de água industriais, de fazendas e até mesmo das residências. Um dos objetivos dos debates que serão feitos é priorizar o tema água e a sua preservação como recurso natural, motivando os alunos a pensarem no futuro sobre a conservação da água.

Será desenvolvida uma abordagem sobre o uso consciente da água. Os alunos realizarão uma atividade para expressarem seus conhecimentos quanto à conservação desse recurso muito importante (ATIVIDADE - Conservação da água).

Em sala de aula será exposto para os alunos como será a atividade experimental e como eles coletarão os dados e as informações necessárias da experimentação.

Materiais:

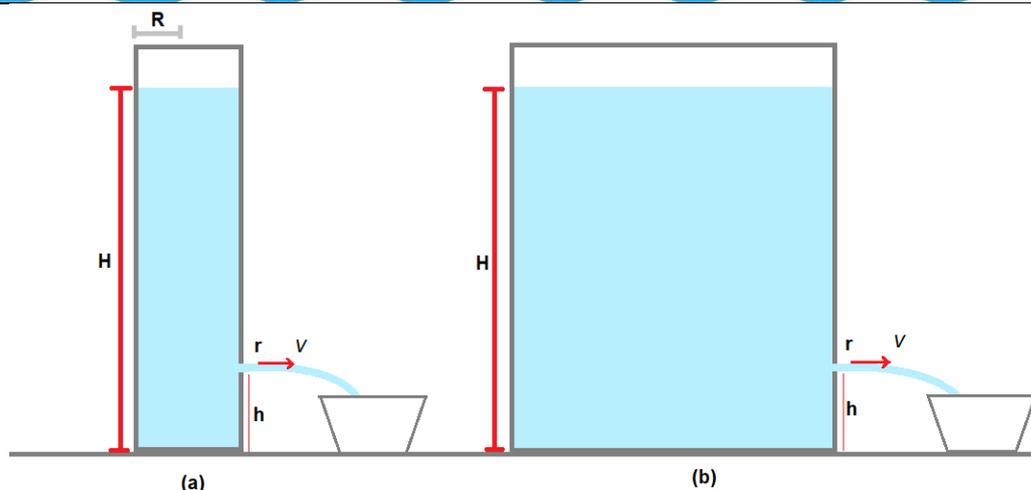
ATIVIDADE - Conservação da água e ATIVIDADE – Investigação da situação problema experimental.

Em anexo, no material para os alunos. Link vídeo dos materiais: <https://youtu.be/S2Wr-5dfIGo>

Desenvolvimento da aula:

Organizar os alunos da turma para ir até o laboratório realizar a experimentação. Dependendo se a turma for numerosa, sugere-se que parte dos alunos fiquem em sala de aula realizando a atividade sobre o uso consciente da água. (ATIVIDADE - Conservação da água), e os outros alunos da turma podem ser divididos em grupos de três integrantes e no máximo de quatro integrantes, levando cada grupo um caderno de bordo para anotações.

Situação-problema experimental: dois recipientes cilíndricos, um com diâmetro maior de capacidade de 20 litros, e o outro com diâmetro menor de capacidade de 1 litro, ambos tiveram um furo do mesmo diâmetro na mesma altura (h). Após encher ambos os recipientes com água até uma altura H , os alunos analisaram, com auxílio de um cronômetro, o tempo que levaria para encher dois copos de água de 265 ml (um copo para cada cilindro), mantendo o nível da água inicial H constante enchendo de água pela parte superior dos recipientes. Com os dois recipientes posicionados lado a lado vemos o jato de água enchendo o copo de 265 ml. O corante alimentício na água auxilia na visualização do nível da água para cronometrar o tempo que leva para encher ambos os copos. Os recipientes cilíndricos sendo representados, um com diâmetro menor de capacidade de 1 litro (a) e o outro com diâmetro maior de capacidade de 20 litros (b).



O professor fará questionamentos aos alunos para que eles respondam antes de realizarem a experiência (ATIVIDADE – Investigação do problema experimental, em anexo no material para os alunos).

Com ambos os recipientes cheios com água até uma altura H , os alunos deverão observar e analisar, cronometrando o tempo que leva para encher dois copos de água de 250 ml (um copo para cada cilindro), mantendo a altura da coluna da água inicial H constante enchendo de água pela parte superior dos recipientes e medir o alcance do jato de água.

Importante orientar os alunos para realizarem mais de uma vez para que consigam uma coleta de dados reprodutíveis.

Orientar os alunos a construírem uma tabela para facilitar a coleta de dados.

Observação:

- Sugere-se usar uma gravação de vídeo desse evento para analisar o tempo que demora para encher o copo, pois poderá facilitar a cronometragem desse tempo.

- Nesse momento o professor pode auxiliar a divisão de tarefas para cada aluno, como por exemplo quem irá filmar/cronometrar o tempo, anotar no caderno de bordo, tampar o furo do cilindro, encher o cilindro com água e assim por diante, para cada tarefa a ser realizada no experimento.

Avaliação:

A avaliação será focada na participação, interação e a organização da atividade proposta de forma individual.

Sequência de Ensino por Investigação

Etapa 2

Proposta inicial:

Desenvolvimento da experimentação no laboratório de Ciências pelos alunos.

Materiais:

No laboratório de ciências, bancadas com pias e acesso a água, um cilindro de 20 litros, um cilindro de 1 litro, copos de 250 ml, canecos de 1 litro, régua/trena e um cronômetro, além de materiais para fazer anotações e cálculos que serão necessários. Durante o desenvolvimento da aula será observado e registrado por meio de caderno do bordo de cada grupo. ATIVIDADE - Conservação da água, ATIVIDADE – Investigação do problema experimental e ATIVIDADE – Investigação do problema experimental segunda proposta, em anexo no material para os alunos. Link vídeo dos materiais: <https://youtu.be/S2Wr-5dfIGo>

Desenvolvimento da aula:

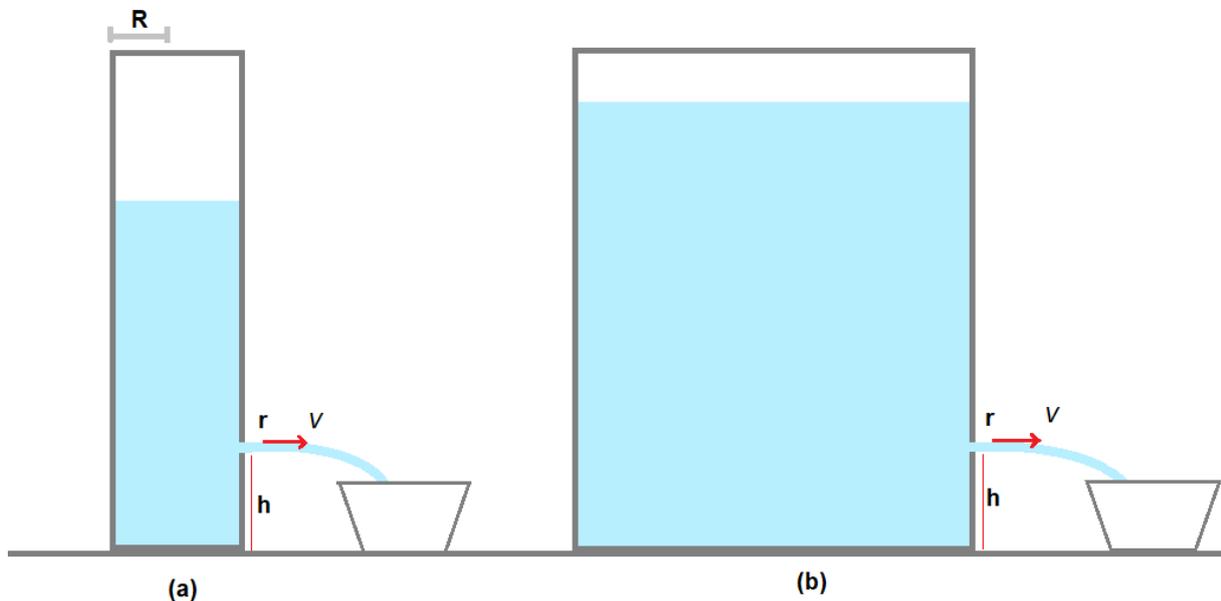
Os alunos poderão ser encaminhados para o laboratório em grupos separados na quantidade que foram definidos na aula anterior, como também trabalhado com toda a turma, da forma que melhor a turma se adaptar.

Nas bancadas os alunos terão o material para investigar e solucionar a proposta feita pelo professor. É importante que os alunos tenham autonomia nesse momento para fazerem os testes, fazer o processo mais de uma vez até que consigam chegar a uma conclusão. Deixar que façam anotações importantes como também explicar em seu caderno de bordo o que está se observando e as etapas que estão sendo realizadas. Com cuidado para a água não derramar e que não seja desperdiçada, assim os alunos poderão fazer suas observações e desenvolver o experimento de forma que obtenham dados satisfatórios e para uma conclusão dos questionamentos.

Na primeira etapa da aplicação da experimentação os alunos poderão notar que o tempo foi igual para ambos os cilindros e que o alcance em ambos os jatos são os mesmos. Será reforçado então que os alunos tenham atenção com a coleta de dados, para ter precisão nos dados da experimentação que serão utilizados na próxima etapa da SEI.

Após a finalização da primeira parte da experimentação será proposto um novo objetivo.

Nesta segunda etapa será repetido o processo de encher os copos de água, cronometrando o tempo, medindo o alcance do jato d'água e a altura da coluna d'água. Agora a altura da água que está nos cilindros será variável, não haverá necessidade de manter a altura da coluna de água.



E assim poderá ser desenvolvido com os alunos um momento de levantamento de hipóteses para o fenômeno observado. Novamente o professor fará questionamentos aos alunos antes de eles realizarem a experiência (ATIVIDADE – Investigação da situação-problema experimental segunda proposta, material para os alunos). Orientar os alunos a construírem novas tabelas para esse segundo objetivo: Tempo para encher o copo; Tempo x alcance; Tempo x altura da coluna d'água. Nessa etapa do experimento, os alunos poderão constatar que o cilindro de um litro demora mais tempo para encher o copo à medida que a altura da água diminui e o alcance do jato de água (a) diminui significativamente em relação ao alcance do cilindro de maior volume (b). Então, espera-se que os alunos notem as relações que se tem entre a altura da coluna d'água com a vazão. Os alunos serão orientados pelo professor para construírem suas possíveis resoluções e levantamento de hipóteses para esse momento da aula. Aqui é importante o aluno fazer a relação entre a altura da coluna d'água, o alcance do jato de água com o tempo em que transcorre esse evento.

Avaliação:

A avaliação será quanto participação dos grupos, desenvolvimento das atividades com clareza nos dados e interação individual.

Sequência de Ensino por Investigação

Etapa 3

Proposta inicial:

Os alunos precisam calcular e comparar os dados empíricos com o modelo teórico. Inicialmente cada grupo coletará os dados para posteriormente em uma roda aberta todos os grupos mostrarem os resultados obtidos.

Materiais:

Caderno do grupo.

Desenvolvimento da aula:

Com os alunos em sala de aula o professor irá organizar os alunos em grupos, os mesmos que fizeram o experimento, assim eles poderão discutir os seus resultados e aplicar ao modelo teórico. O professor pode estar auxiliando os alunos nesse momento caso tenham dúvidas. Depois de fechar os resultados de cada grupo, o professor encaminha uma roda de discussão e sistematização dos conhecimentos.

Os alunos poderão ter dificuldades quanto aos cálculos ao aplicar o modelo teórico. O professor pode auxiliar sem interferir nos resultados obtidos.

Durante a sistematização dos conhecimentos sobre o experimento o professor pode fazer questionamentos para compor a discussão: “como chegaram a essa conclusão?” “poderia ser de uma forma diferente?” “qual grupo chegou a um resultado diferente?”

Orientar os alunos a terem individualmente anotações em seu caderno como registro da aula para a próxima etapa da SEI, que será individual.

Avaliação:

A avaliação será quanto participação dos grupos, desenvolvimento das atividades e interação individual.

Sequência de Ensino por Investigação

Etapa 4

Proposta inicial:

Nesta aula os alunos podem se manter em seus lugares pois a atividade da etapa 4 é individual. Nesse momento será aplicada uma atividade para que cada aluno expresse seu entendimento sobre a proposta realizada respondendo o Relatório final individual.

E nesse momento também que a ‘ATIVIDADE – Vazão’ poderá ser reaplicada para constatar se ocorreram modificações nos entendimentos quanto aos conceitos básicos de Hidrodinâmica tratados na SEI.

Materiais:

Caderno individual dos alunos com suas anotações das aulas anteriores, ATIVIDADE - Vazão e Folha pautada que se encontra no material para os alunos.

Desenvolvimento da aula:

O professor irá propor que cada aluno faça uma sistematização de forma escrita do desenvolvimento e conclusão das atividades propostas. Então, é nesta etapa que o aluno tem um momento para articular o que foi trabalhado e discutido na etapa anterior para chegar às suas próprias conclusões. Cada aluno receberá uma folha para que escreva sua conclusão.

Cada aluno receberá a ‘ATIVIDADE – Vazão’ para responder de forma individual sem consultas ou pesquisa.

Mantendo os alunos sentados em fileiras em silêncio para a realização da atividade proposta. Para que todos consigam entregar ao fim da aula, o professor pode auxiliar em alguma dúvida que o aluno tiver no momento de realização da atividade. Depois que os alunos terminarem de responder é importante que as atividades sejam anexadas juntas com a primeira aplicação para coletar conhecimentos prévios e a segunda feita depois das aulas investigativas.

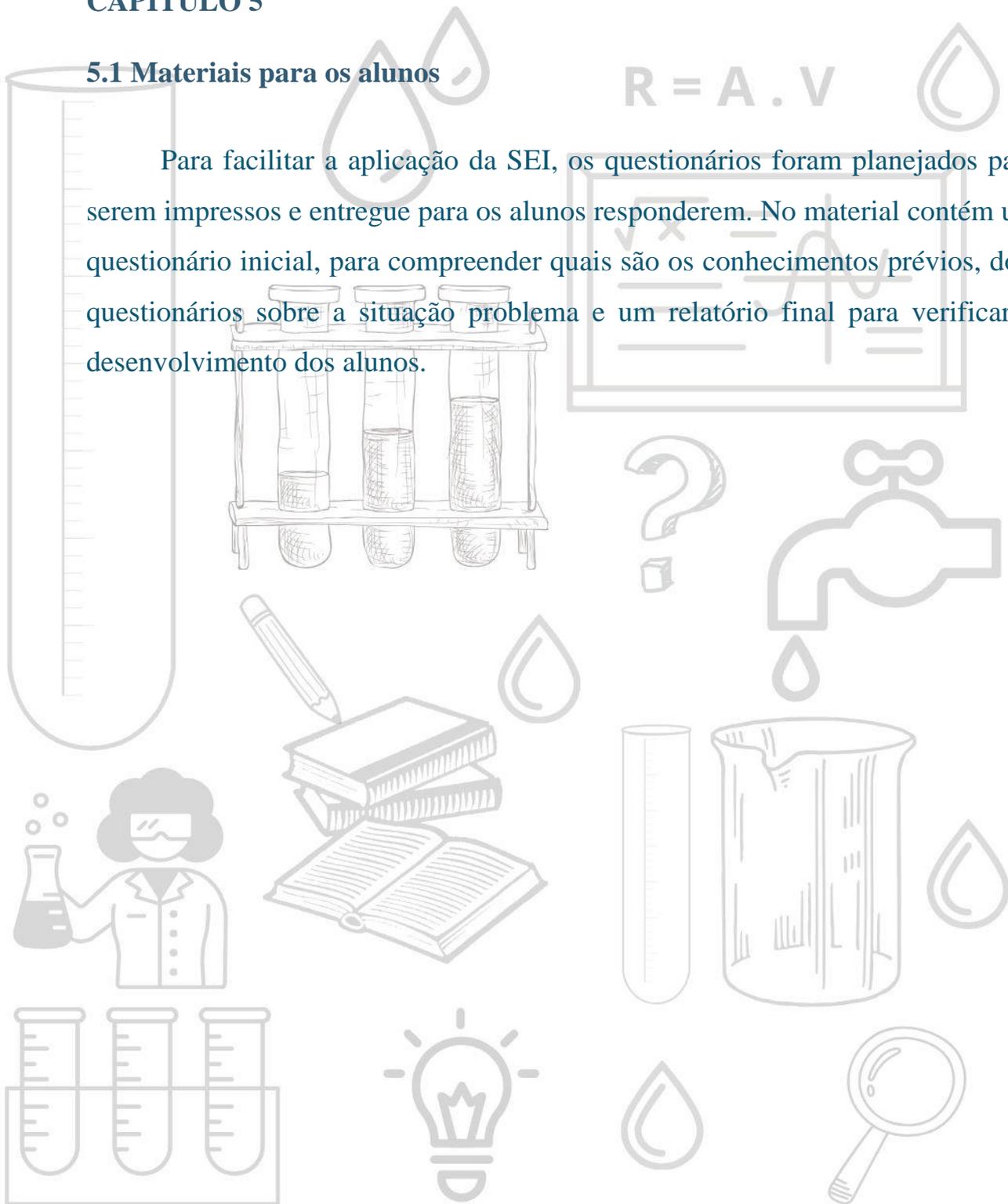
Avaliação:

A avaliação será individual, sobre a escrita da sistematização do conhecimento e as respostas da última atividade.

CAPÍTULO 5

5.1 Materiais para os alunos

Para facilitar a aplicação da SEI, os questionários foram planejados para serem impressos e entregue para os alunos responderem. No material contém um questionário inicial, para compreender quais são os conhecimentos prévios, dois questionários sobre a situação problema e um relatório final para verificar o desenvolvimento dos alunos.



ATIVIDADE - Vazão

Nome: _____

Dada a seguinte situação, dois recipientes um de 500 litros e um de 20 litros, como ilustrados na figura abaixo. Em cada um desses recipientes foi feito um furo de mesmo raio, com a mesma altura nas laterais e mantendo o nível de água constante em ambos (H). Responda:

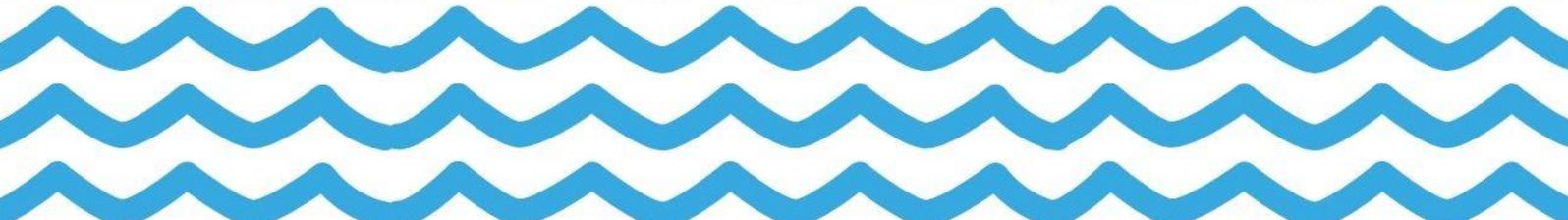


1) Qual dos dois recipientes irá encher um copo de 250 ml primeiro? Explique sua resposta.

2) Qual dos dois recipientes tem um alcance maior do jato d'água? Explique sua resposta.

3) Em qual dos recipientes o jato d'água terá maior velocidade de saída do orifício? Explique sua resposta.

4) Explique o que significa vazão.



ATIVIDADE - Conservação da água

Nome: _____

- 1) A água é um elemento de fundamental importância para a vida de todas as espécies da natureza. Quais as principais contribuições da água para o ser humano?

 - 2) De que forma você está evitando o desperdício da água?

 - 3) Que atitudes você tem percebido nos seus colegas e na sua família, que demonstram o desperdício da água?

 - 4) O desperdício e a poluição têm provocado vários problemas para a conservação desse bem tão precioso. Com o intuito de contribuir para a qualidade e uso responsável da água, cite algumas possíveis atitudes a serem tomadas dentro da sua casa.

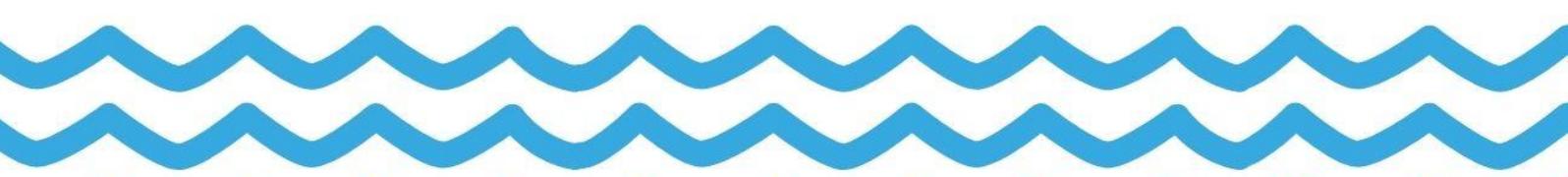
 - 5) Como melhorar a gestão do uso da água aqui no colégio?

 - 6) De onde vem a água que consumimos?

 - 7) E depois de utilizada, para onde vai a água?

 - 8) Qual a melhor alternativa para diminuir o desperdício de água?

 - 9) Na região onde moramos, quais são os principais fatores que causam a poluição da água?

 - 10) Consumo consciente da água e o uso correto evita seu desperdício. Escreva uma proposta de ação para realizar no colégio para a conscientização do uso da água.
- 

ATIVIDADE – Investigação do problema experimental

Nome: _____

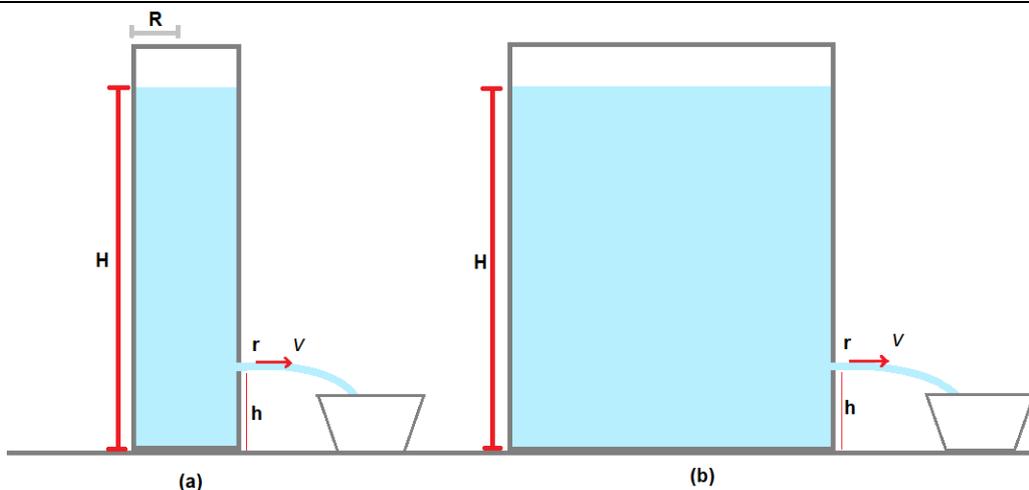


Figura: Recipientes cilíndricos de diâmetro menor (≈ 6 cm) (a) e diâmetro maior (≈ 28 cm) (b), ambos recipientes apresentam as mesmas: altura da coluna d'água (H), altura dos orifícios (h) e diâmetro das saídas do fluido.

Observe a figura atentamente para responder às questões propostas:

1) Em quais saídas o alcance do jato de água é maior, no recipiente **a** ou **b**?

- A) Recipiente **a**.
- B) Recipiente **b**.
- C) Iguais em ambos os recipientes.
- D) Outra resposta.

Escreva um comentário: _____

2) Qual copo encherá primeiro? Por quê?

- A) Recipiente **a**.
- B) Recipiente **b**.
- C) Iguais em ambos os recipientes.
- D) Outra resposta.

Escreva um comentário: _____

3) A vazão do recipiente **a** e **b** serão iguais ou diferentes?

- A) Iguais
- B) Diferentes
- C) No início iguais depois diferentes.
- D) No início diferente depois iguais.

Escreva um comentário: _____

4) Como o alcance muda com o tempo?

- A) Aumenta.
- B) Diminui.
- C) Mantém-se igual.
- D) Outra resposta.

Escreva um comentário: _____

ATIVIDADE - Investigação do problema experimental segunda proposta

Nome: _____

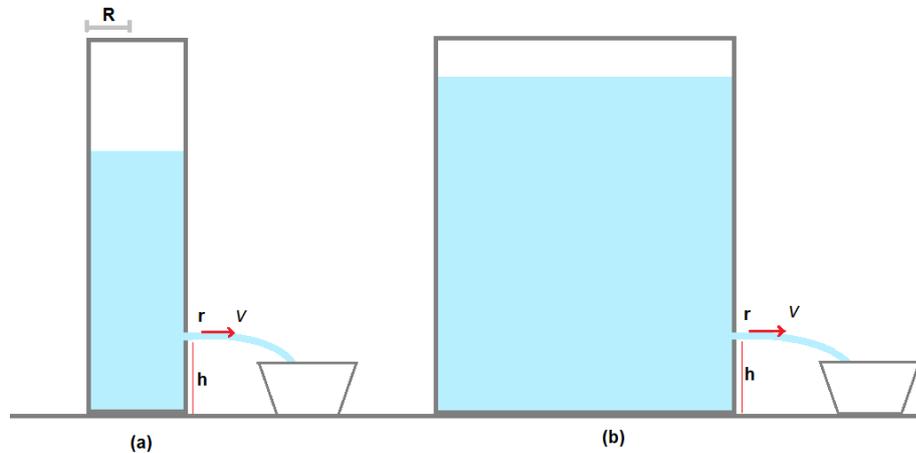


Figura: Recipientes cilíndricos de diâmetro menor (≈ 6 cm) (a) e diâmetro maior (≈ 28 cm) (b), ambos recipientes apresentam as mesmas: altura dos orifícios (h) e diâmetro das saídas do fluido.

Observe a figura atentamente para responder às questões propostas:

1) Em quais saídas o alcance do jato de água é maior; no recipiente **a** ou **b**?

- A) Recipiente **a**.
- B) Recipiente **b**.
- C) Iguais em ambos os recipientes.
- D) Não sei responder.

Escreva um comentário: _____

2) Qual copo encherá primeiro? Por quê?

- A) Recipiente **a**.
- B) Recipiente **b**.
- C) Iguais em ambos os recipientes.
- D) Não sei responder

Escreva um comentário: _____

3) A vazão do recipiente **a** e **b** serão iguais ou diferentes?

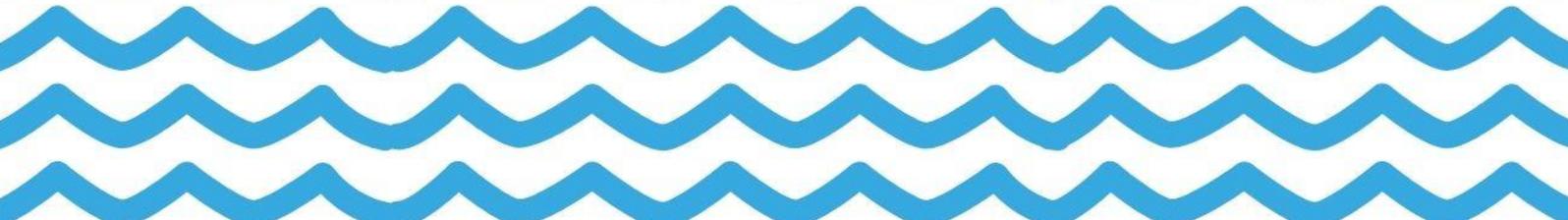
- A) Iguais
- B) Diferentes
- C) No início iguais depois diferentes.
- D) No início diferente depois iguais.

Escreva um comentário: _____

4) Como o alcance muda com o tempo?

- A) Aumenta.
- B) Diminui.
- C) Mantém-se igual.
- D) Aumenta e depois diminui.

Escreva um comentário: _____



Relatório final individual

Fazer uma sistematização com os principais apontamentos que observou e compreendeu do desenvolvimento e conclusão das atividades propostas.

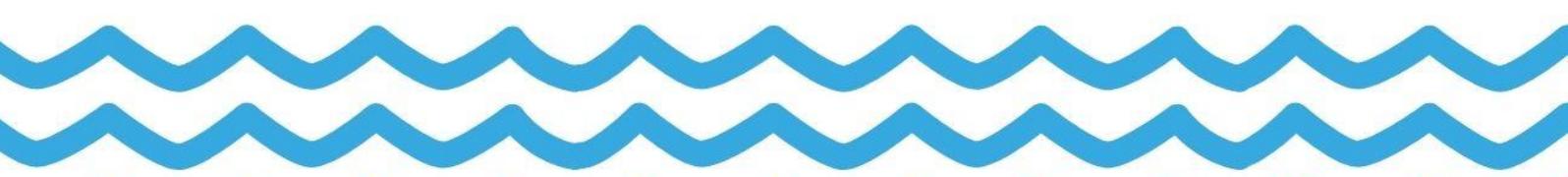
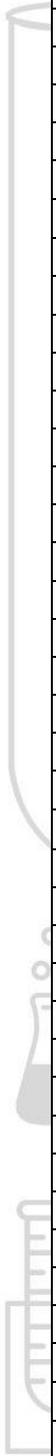
Nome: _____

I- Sustentabilidade da água

II- Primeira parte da situação-problema experimental

III- Segunda parte da situação-problema experimental

IV- Discussão em grupo sobre a atividade investigativa



REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABID, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 2, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 nov. 2023.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física. **Física na escola**. São Paulo. Vol. 9, n. 1, p. 10-14, 2008. Disponível em: <https://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/modelagem.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2023.

BUNGE, Mario. **Teoria e realidade**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1974.

CAMPOMANES, R. R.; HEIDEMANN, L. A.; VEIT, E. A. Modelo de associação de molas em paralelo em atividades de ensino de Física: uma análise do domínio de validade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 42, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0076>. Acesso em: 04 nov. 2023.

CARVALHO, A. M. P. **Calor e temperatura**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 18(3), 765–794, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>. Acesso em: 04 nov. 2023.

CARVALHO, A. M. P. **O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas**. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. 1. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, v. 1, p. 01-20.

GIL PÉREZ, Daniel; Tiene sentido seguir distinguendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio. **ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**, 17 (2), 311-320, 1999. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21581/21415>. Acesso em: 04 nov. 2023.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 3-32, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n1p3>. Acesso em: 04 nov. 2023.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente**. Acta

Scientiae, Canoas, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/31> Acesso em: 04 nov. 2023.

OLIVEIRA, Vagner; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Resolução de problemas abertos como um processo de modelagem didático-científica no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0043> Acesso em: 04 nov. 2023.

SARAIVA-NEVES, Margarida; CABALHEIRO, Concesa; MOREIRA, Marco Antonio. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula – um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências** – V11(3), pp.383-401, 2006.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Revista Ensaio**, 49-67, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 04 nov. 2023.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13(3), n. 3, p. 333-352, dez. 2008. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445> Acesso em: 04 nov. 2023.

SCHISLER, Jessica. Ensino por Investigação: Estudo da Vazão de fluido na lateral de um cilindro aplicado ao Ensino Médio. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) Sinop, p. 83. 2023.

