

Ensino por Investigação:
uma proposta para o ensino de ondas
sonoras no Ensino Médio



Edifes
ACADÊMICO

EZEQUIEL BONFIM DOS SANTOS
JARDEL DA COSTA BROZEGUINI

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: UMA PROPOSTA PARA
O ENSINO DE ONDAS SONORAS NO ENSINO MÉDIO

1ª Edição



Edifes
ACADÊMICO

CARIACICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO
2023



Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Espírito Santo

R. Barão de Mauá, nº 30 – Jucutuquara

29040-689 – Vitória – ES

www.edifes.ifes.edu.br | editora@ifes.edu.br

Reitor: Jadir José Pela

Pró-Reitor de Administração e Orçamento: Lezi José Ferreira

Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional: Luciano de Oliveira Toledo

Pró-Reitora de Ensino: Adriana Piontkovsky Barcellos

Pró-Reitor de Extensão: Lodovico Ortlieb Faria

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: André Romero da Silva

Coordenador da Edifes: Adonai José Lacruz

Conselho Editorial

Aldo Rezende * Aline Freitas da Silva de Carvalho * Aparecida de Fátima Madella de Oliveira * Felipe Zamborlini Saiter * Gabriel Domingos Carvalho * Jamille Locatelli * Marcio de Souza Bolzan * Mariella Berger Andrade * Ricardo Ramos Costa * Rosana Vilarim da Silva * Rossanna dos Santos Santana Rubim * Viviane Bessa Lopes Alvarenga.

Revisão de texto, projeto gráfico e diagramação: José Almeida

Capa: José Almeida

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca do *Campus* Cariacica do Instituto Federal do Espírito Santo)

S237e Santos, Ezequiel Bonfim dos.

Ensino por investigação: uma proposta para o ensino de ondas sonoras no ensino médio [recurso eletrônico] / Ezequiel Bonfim dos Santos, Jardel da Costa Brozeguini. – Vitória, ES: Edifes Acadêmico, 2023.

47 p. : il. ; 30 cm.

ISBN 978-85-8263-666-4 (Livro digital).

1. Ondas sonoras – Estudo e ensino (Ensino médio). 2. Aprendizagem ativa. 3. Material didático. I. Brozeguini, Jardel da Costa. II. Instituto Federal do Espírito Santo. *Campus* Cariacica. III. Título.

CDD 21: 530.07

(Bibliotecária: Luciana Dumer CRB6-ES nº 662)

DOI: 10.36524/9788582636664

Esta obra está licenciada com uma Licença Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Brasil.





**INSTITUTO
FEDERAL**

Espírito Santo

Campus
Cariacica

Jocélia Abreu Barcellos Vargas

Diretoria Geral

Yuri Blanco e Silva

Diretoria de Administração e Planejamento

Filipe Leoncio Braga

Diretoria de Ensino

Daniela da Gama e Silva Volpe Moreira de Moraes

Diretoria de Pesquisa, Pós-graduação e Extensão

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) – termo de compromisso 143/2020.

Apresentação

Caro Professor (a),

Este guia Guia Didático é o resultado de um estudo científico desenvolvido entre os anos de 2020 e 2022, durante a realização do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) do Instituto Federal do Espírito Santo. Ele está vinculado a uma pesquisa que investigou as possibilidades e os desafios do ensino de ondas sonoras no que tange à utilização do ensino por investigação como referencial norteador.

A proposta didática foi aplicada em duas turmas da 2ª série do Ensino Médio da rede estadual de ensino do Espírito Santo. Ele é destinado a professores do Ensino Médio, podendo auxiliá-los em sua prática docente na utilização de metodologias ativas no ensino de Física.

Das atividades investigativas aplicadas podemos destacar na intervenção pedagógica as seguintes: leitura de texto, demonstração investigativa, atividade computacional investigativa e laboratório aberto. As orientações e experimentos a serem usados na intervenção didática estão presentes neste guia, ressaltando-se o seu potencial no desenvolvimento conceitual, atitudinal e procedimental do aluno.

Ainda com o objetivo de situar o professor quanto à abordagem teórica, este guia contém uma breve revisão teórica do ensino por investigação que servirá de apoio ao profissional que opte por aplicar a sequência completa ou alguma de suas atividades.

Sumário

1 Introdução	07
2 Ensino de Ciências por Investigação	09
2.1 Atividades investigativas para implementação em sala de aula.....	11
2.1.1 Atividades desenvolvidas a partir de textos.....	11
2.1.2 Demonstração investigativa.....	11
2.1.3 Questões abertas.....	12
2.1.4 Laboratório aberto.....	13
2.1.5 Aulas de sistematização do conhecimento.....	15
2.2 Apreciação dos conhecimentos ao finalizar uma SEI: avaliação.....	16
3 A Sequência de Ensino Investigativa	20
3.1 AULA 01 - Demonstração Investigativa.....	22
3.2 AULA 02 - Leitura de Texto.....	24
3.3 AULA 03 - Questões da Leitura de Texto.....	28
3.4 AULA 04 - Atividade Computacional Investigativa.....	30
3.5 AULA 05 - Sistematização do Conhecimento.....	35
3.6 AULA 06 - Demonstração Investigativa - Audibilidade.....	36
3.7 AULA 07 - Laboratório Aberto - Efeito Doppler.....	40
4 Orientações finais	44
Referências.....	46



1 Introdução

Em nossas escolas ainda persiste, na atualidade, o ensino tradicional e unidirecional de ensino onde o professor fala e o aluno escuta. Neste cenário o professor tenta transmitir os conteúdos e os alunos devem ouvir atentamente e de maneira mágica assimilar um conjunto de fórmulas e leis (STROUPE, 2014).

No caso da Física, uma consequência imediata desse ensino diretivo é que os alunos carregam a visão de que a disciplina se resume a um conjunto de fórmulas e leis que devem ser decoradas para as provas e exercícios. Assim, concordamos com autores da área do ensino quando afirmam que isto dificulta a compreensão de que a ciência é uma construção humana feita ao longo de séculos (SASSERON, 2015; STROUPE, 2014; POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009). Assim, os alunos têm a impressão de que a escola ensina fatos que estão parcialmente ou totalmente desconexos da vida cotidiana, sem utilidade prática, ocasionando baixo interesse pela disciplina.

Desta forma, entendemos que a Física deve proporcionar ao aluno mais que um conjunto de fórmulas e leis a serem decoradas e proporcione que os alunos se apropriem dos conhecimentos científicos e dos seus modos de produção e validação. Além disso, entendemos que aulas de Física, como destaca Sasseron (2015), devem fazer com que os alunos compreendam que ciência e sociedade estão conectadas entre si por meio de ações transformadoras.

Como exemplo dessa ação transformadora entre ciência e sociedade podemos citar o avanço da ondulatória e todas as tecnologias atreladas a esta área da física nas últimas décadas. Assim, faz-se necessária a atualização de práticas em sala de aula que englobem os avanços tecnológicos e sociais devido ao avanço da física ondulatória. Some-se a isso o fato de que este é um tema pouco trabalhado nas salas de aula pois o foco dos professores tem sido o ensino de cinemática, dinâmica na primeira série e calorimetria e termodinâmica na segunda série.

Assim, diante deste cenário entendemos a necessidade de discutir a física ondulatória no Ensino Médio dando aos alunos maior autonomia intelectual, para que eles possam ser inseridos em processos genuínos de construção de conhecimento científico em sala de aula (CARVALHO, 2013).

Apresentamos a seguir, além de uma revisão da abordagem do ensino por investigação, uma proposta para o ensino de ondas sonoras que privilegia as interações discursivas na sala de aula, o processo de construção de conceitos científicos e o desenvolvimento de atitudes e procedimentos típicos da cultura científica escolar.



2 Ensino de Ciências por Investigação

O ensino por investigação é mais amplo que uma simples aula experimental, em que o estudante é um mero observador ou imitador de uma ação baseada em um roteiro engessado, que só precisa desenvolver o que está escrito em um procedimento determinado. As atividades com perspectivas investigativas trazem uma nova percepção de que é possível construir conceitos de maneira ativa, onde as aulas tradicionais que são muitas das vezes consideradas maçantes, se tornem mais leves e mais eficazes no processo de ensino/aprendizagem.

Neste contexto, para organizar as atividades com perspectivas investigativas é que propomos as Sequências de Ensino Investigativas (SEI's), ou seja, sequência de aulas abrangendo um conteúdo específico do currículo escolar no qual cada atividade é planejada levando em consideração o material e as interações didáticas. As SEI's buscam proporcionar aos alunos um ambiente propício para trazerem seus conhecimentos prévios e iniciar novos, além de terem ideias próprias e discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico (CARVALHO, 2013).

O ensino por investigação configura-se como uma abordagem didática que, com a orientação do professor, e sendo colocado em prática pelos alunos, pode ser vinculada a qualquer recurso de ensino (SASSERON, 2015). A prática investigativa em sala de aula leva o aluno a elaborar hipóteses, anotar e analisar dados e desenvolver capacidade de argumentação, proporcionando o aprendizado dos processos científicos (ZÔMPERO, 2011), embora, segundo Carvalho (2013) não há expectativa de que o aluno pense ou se comporte como cientista, pois não possui requisitos para tal.

O que se propõe no ensino por investigação é criar um ambiente que conduza e medeie os alunos em um processo simplificado do trabalho científico, ampliando gradativamente a cultura científica de forma a promover a autonomia do aluno (CARVALHO, 2013). Para isso, o trabalho deve ser feito com uma parceria entre professor e aprendizes, de modo a construir um entendimento científico sobre conceitos, modelos e teorias relacionados, gerando uma nova forma de entender e comunicar os fenômenos da natureza, sendo a linguagem uma forma de relação com os conhecimentos e algo a ser aprendido (SASSERON, 2015).

O ensino por investigação é trabalhado por meio de Sequências de Ensino Investigativas (SEI's), que são sequências de aulas abrangendo tópicos do currículo escolar, onde cada atividade, dos pontos de vista material e das interações didáticas, deve, segundo Carvalho (2013), proporcionar aos alunos:

[...] condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p. 9).

Ao trabalhar com SEI's, o professor deve garantir que todas as atividades das sequências sejam igualmente investigativas, tanto as atividades experimentais, quanto as não experimentais (textos, vídeos etc).

Sassaron (2015, p. 59) cita de forma simples o que são as Sequências de Ensino Investigativas.

Em breves palavras, uma sequência de ensino investigativa é o encaideamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados (SASSARON, 2015, p. 59).

Carvalho (2013) salienta que uma SEI deve conter atividades-chave e, na maioria das vezes, se inicia com um problema contextualizado, teórico ou experimental, de forma a introduzir os alunos ao tópico a ser estudado e trabalhar variáveis relevantes do fenômeno. Após a resolução do problema, é necessário trabalhar uma atividade de sistematização de conhecimento construído pelos alunos, normalmente feita com leitura de texto, gerando discussões e comparações sobre os caminhos tomados durante a solução e com o relatado no texto. Outra atividade importante é a contextualização do conhecimento. Neste ponto os alunos devem entender aplicações no cotidiano e na vida social. A autora ainda salienta que alguns conteúdos mais complexos demandam vários ciclos dessas três atividades ou de outros tipos de atividades que necessitam ser planejadas.

Já discutimos que o ensino por investigação pode ser promovido por meio das SEI's, que são aplicadas a partir de uma série de atividades investigativas abordando tópicos do currículo. A seguir, apresentaremos detalhadamente as atividades que serão utilizadas em nossa SEI.

2.1 Atividades investigativas para implementação em sala de aula

O ensino por investigação se contrapõe à perspectiva de um ensino tradicional, onde o educador é visto como detentor e transmissor do conhecimento e, muitas vezes, ignorando o conhecimento prévio dos alunos, tornando-os apenas agentes passivos e copistas durante o processo, o que faz com que o processo de ensino-aprendizado se torne menos atrativo.

Em Carvalho (2014) podemos encontrar uma proposta para a organização de uma SEI, na qual as atividades têm como principais características o grau de liberdade dada ao aluno. Como exemplo de atividades elencadas pela autora podemos citar textos históricos, demonstrações investigativas, laboratório aberto, aulas de sistematização ou textos de apoio, questões e problemas abertos e recursos tecnológicos.

2.1.1 Atividades desenvolvidas a partir de textos

A utilização de textos históricos tenta mostrar uma imagem correta da produção do conhecimento, gerando discursos sobre argumentos presentes no texto, relacionando-o ao desenvolvimento de habilidades dos discentes. Outro ponto importante é que os textos contribuem para a alfabetização científica, na busca de apresentar a ciência não de forma isolada, mas dentro de um contexto social e histórico e de se relacionar com o cotidiano do aluno, permitindo apresentar visões mais contextualizadas sobre o que é realmente a ciência (CARVALHO, 2014).

2.1.2 Demonstração investigativa

Demonstrações investigativas são problemas experimentais em que a manipulação é feita pelo professor. O problema relacionado ao fenômeno é apresentado ao educando proporcionando uma reflexão de caráter investigativo a esta atividade. Segundo Carvalho (2013) o professor necessita de muito autocontrole na etapa de resolução dos problemas.

Durante a manipulação o professor deve lançar perguntas do tipo “o que vocês acham que devo fazer aqui?” ou “o que acontece caso faça isso ou aquilo?”, de modo que os educandos criem hipóteses e exponham suas ideias para então o professor manipular o equipamento. Para que a demonstração seja considerada investigativa devem ocorrer alterações consideráveis no papel do professor e do educando.

O professor transforma-se em orientador, propondo questões, buscando que os educandos criem hipóteses, estimulando sempre a argumentação e a busca de explicações causais, estimulando a participação ativa da turma.

O educando sai da função de observador e passa a ser componente ativo das aulas, além de apenas aprender conteúdos também desenvolve atitudes e habilidades importantes como agir, pensar e argumentar. Durante o processo ele aprimora sua capacidade de levantar hipóteses, defender pontos de vista frente a turma e justificar suas ideias utilizando a teoria estudada como justificativa (CARVALHO, 2014, p. 46).

É importante lembrar que a resolução do problema não termina ao fim do experimento. Segundo Carvalho (2013) mais importante que a ação manipulativa, neste caso realizada pelo professor, é a passagem para a ação intelectual realizada pelo educando. Na etapa de sistematização de conhecimento o professor deve fazer perguntas como “o que fizemos para resolver o problema?” ou “por que quando fizemos isso o problema foi resolvido?”. Neste momento o educando toma consciência do processo realizado pelo professor, estruturando e sistematizando conceitos importantes do fenômeno, além de criar condições para expor seus argumentos.

Esta atividade trata-se da apresentação de um problema que tem relação com o fenômeno a ser investigado pelos alunos, que o observam com o objetivo de fazer reflexões e buscar a explicação no modelo teórico, favorecendo a construção científica do conceito ligado a determinado fenômeno, mostrando assim um caráter investigativo da atividade utilizada. A escolha do problema é importante para a criação de novos conceitos, o que é característica de uma demonstração investigativa no ensino de qualquer ciência (CARVALHO, 2014).

A investigação deve ser bem alicerçada para que o aluno possa ver a atividade como parte do processo do ensino aprendizagem, despertando nele o senso investigativo, a motivação e o porquê dele estar investigando aquele fenômeno, para que ocorra a aprendizagem de conteúdos procedimentais e longitudinais, corroborando que o aluno saiu da posição passiva.

2.1.3 Questões abertas

Questões abertas são ferramentas imprescindíveis para as SEI's. Segundo Azevedo (2004) e Carvalho (2014) elas devem propor aspectos associados ao dia a dia dos estudantes e com a explicação ligada aos conteúdos abordados e discutidos nas aulas anteriores.

Azevedo (2004) comenta sobre a importância de desenvolver a argumentação e redação dos alunos. Neste sentido, Carvalho (2014) aponta que as questões abertas devem buscar permitir a participação do aprendiz, de forma a estimular a capacidade de reflexão, organização de pensamento e o uso da linguagem científica corretamente.

O desenvolvimento das competências e das habilidades por eles propostas deve se dar em processo contínuo durante a formação do estudante (CARVALHO, 2010). Assim, a Alfabetização Científica promovida em sala de aula como atividade sequencial e constante proporciona espaço, oportunidades e possibilidades para apresentar conceitos científicos aos alunos que possam trabalhar, investigando problemas e construindo relações de seu cotidiano com as novas informações que o trabalho na escola lhe proporciona.

O uso deste tipo de questões proporciona o desenvolvimento de competência e habilidades exigidas na prova no ENEM:

- Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.
- Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.
- Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Azevedo (2004) e Carvalho (2014) orientam que as questões abertas podem ser usadas de diversas maneiras, em grupos pequenos ou desafio para toda a turma, podendo também ser colocadas em provas. Porém, cabe ao professor o devido cuidado para que as questões propostas desenvolvam as características citadas anteriormente.

Carvalho (2010) afirma que as questões abertas devem permitir ao aluno, raciocinar, verbalizar, compreender o questionamento, associar o seu cotidiano aos fenômenos estudados. Assim, este tipo de questão contribui para desenvolver a capacidade reflexiva do discente, tornando o aluno agente ativo na construção do conhecimento.

O uso das questões abertas pode ser em grupos pequenos ou grandes e também em duplas, e em avaliações. O professor deve sempre lembrar que são questões com caráter investigativo e que sempre que possível devem ser discutidas e retomadas as respostas dos alunos, permitindo o diálogo, estando corretas ou erradas, visto que deve ser trabalhado, a construção e o erro fazem parte do processo de ensino aprendizagem.

2.1.4 Laboratório aberto

As práticas de laboratório são muito comuns no ensino de ciências e, em geral, essas práticas são formuladas de forma que o aluno siga instruções contidas em um roteiro, que é uma espécie de “receita de bolo” onde a resposta já é conhecida e tem-se pouco ou nenhum grau de liberdade.

No laboratório aberto, diferente do tradicional, não existe uma resposta conhecida e pré-definida para o problema. Nele, os estudantes, em grupo, resolvem os problemas por meio de investigações experimentais e tem o objetivo de levar o discente a procurar soluções experimentais, utilizando linguagens da ciência, como construir tabelas com dados experimentais, relacionar variáveis com os fenômenos estudados, construir gráficos e investigar as estruturas matemáticas vinculadas às variáveis (Carvalho, 2014, p. 71).

Borges (2002) define as atividades investigativas de acordo com quatro níveis conforme apresentado no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Níveis de investigação

NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO	ENUNCIADO DO PROBLEMA	PROCEDIMENTOS	CONCLUSÕES
0	Dado	Dados	Dados
1	Dado	Dados	Em aberto
2	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: BORGES (2002), adaptado pelo autor

O nível 0 de investigação apresentado no Quadro 1 refere-se ao laboratório fechado, onde o problema é enunciado, os procedimentos e a conclusão são dados de forma que o educando tenha o trabalho apenas de coletar os dados e verificar se o resultado é igual a conclusão. No nível 1, o problema é anunciado e os procedimentos são dados, mas os educandos têm a liberdade de chegar a suas próprias conclusões. O nível 2, segundo Carvalho (2014, p. 72), é o laboratório aberto, onde o problema é dado, cabendo aos educandos escolher os procedimentos a serem utilizados para chegar às conclusões. Temos ainda o nível 3, em que todo o processo está em aberto, desde o enunciado do problema até a conclusão.

No laboratório aberto a investigação pode, segundo Azevedo (2004) e Carvalho (2014), ser subdividido em seis etapas.

Quadro 2 – Subdivisões do laboratório aberto

ETAPA	PROCEDIMENTO	NOTA
Proposta do problema	O problema deve ser proposto de forma a estimular a curiosidade científica dos estudantes.	É importante que a pergunta não seja muito específica para gerar uma discussão ampla o bastante.
Levantamento de hipóteses	Os grupos de alunos devem levantar hipóteses por meio de discussões para tentar solucionar o problema.	É importante que todos os alunos elaborem hipóteses.

ETAPA	PROCEDIMENTO	NOTA
Elaboração do plano de trabalho	Os grupos de alunos devem decidir como o experimento será realizado. Nesta etapa decide-se desde o material utilizado até a coleta e análise dos dados.	Segundo Azevedo (2004) e Carvalho (2014) é importante que essa discussão seja feita com toda a turma para que se observe que nem todas as hipóteses podem ser testadas com um mesmo experimento e que mudanças experimentais controladas devem ser feitas de acordo com a hipótese a ser testada.
Montagem do arranjo experimental e coleta de dados	Nesta etapa os alunos manipulam o material.	Para Azevedo (2004) e Carvalho (2014) é muito importante que o estudante se acostume a ver a Física como uma ciência experimental. Ainda, após a montagem do experimento, deve-se coletar os dados de acordo com o plano de trabalho elaborado.
Análise de dados	Após a coleta de dados é necessário que seja analisado de forma a obter-se informações importantes sobre o problema. Esse momento engloba a construção de gráficos, equações e teste de hipóteses.	Momento do laboratório aberto em que os estudantes apresentam mais dificuldades, cabendo ao professor mostrar que essa é a parte fundamental do trabalho científico e que a matemática ajuda a generalização do trabalho.
Conclusão	Essa é a etapa de formalizar respostas para o problema inicial, momento de discutir sobre a validade das hipóteses tratadas inicialmente.	É comum os alunos necessitem do auxílio do professor durante a conclusão do trabalho.

Fonte: AZEVEDO (2004); CARVALHO (2014), adaptado pelo autor

2.1.5 Aulas de sistematização do conhecimento

Na finalização das atividades de laboratório aberto ou demonstração investigativa Carvalho (2014, p. 83) recomenda que o professor sistematize os conhecimentos construídos por meio de uma aula teórica interativa, tratando o que foi trabalhado nos experimentos.

É importante fazer a passagem das relações qualitativas das variáveis sistematizando em uma equação, pois é neste momento que são construídas as interações entre linguagem oral, gráfica e matemática. Com relação a essa etapa concordamos com Carvalho (2014) quando aponta:

Esta é, em geral, a etapa mais difícil do ensino, pois os alunos, apesar de saberem construir gráfico a partir de uma função (exercícios que fazem sempre nas aulas de matemática), não têm nenhuma experiência sobre como fazer o inverso, isto é, descobrir qual a função matemática a partir de um gráfico obtido em um trabalho experimental (isso deve ser ensinado pelo professor de Física) (CARVALHO, 2014, p. 83-84).

No final da aula de sistematização recomenda-se que o professor indique textos de apoio, adaptados ou sugeridos do próprio livro didático, para que o estudante tenha contato com o conteúdo em uma linguagem mais formal. Durante a passagem para esta linguagem formal é comum surgirem dúvidas que devem ser esclarecidas em uma discussão sobre texto. Para Carvalho (2014) estes textos são importantes durante o estudo do aluno em casa ou em discussões das questões e problemas.

Após etapas como laboratório aberto e demonstração investigativa é conveniente que o professor faça uma sistematização dos conhecimentos construídos pelos estudantes ao longo da SEI. A sistematização permite a retomada dos conceitos focados nos experimentos, construindo as interações por parte dos alunos dentro das linguagens oral, gráfica e matemática.

A sistematização colabora para a transição dos relatos dos alunos para a linguagem matemática, com o professor atuando como orientador, definindo os conceitos matemáticos e físicos, permitindo aos estudantes expor suas hipóteses durante a atividade de sistematização do conhecimento.

2.2 Apreciação dos conhecimentos ao finalizar uma SEI: avaliação

O sucesso da aplicação de uma SEI está estritamente ligado ao seu planejamento pelo professor. Uma parte importante no planejamento da aplicação de uma SEI é a avaliação. Neste sentido procuramos na literatura (AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2013) elementos para embasar nossas escolhas ao aplicarmos a SEI.

É possível diferenciar a prática educativa pela sequência de eventos, que vão de uma aula expositiva até a avaliação, visto que todas as atividades possuem elementos que permitem identificá-las. Assim, torna-se difícil sistematizar os componentes corretos de uma prática pedagógica devido às suas inúmeras variáveis.

Existem diversos instrumentos que possibilitam introduzir formas de intervir na aula contribuindo para a melhoria na atuação e avaliação do aprendizado. Desta forma devemos refletir e julgar se a aula precisa de mudanças na perspectiva de alcançar melhores resultados na aprendizagem dos alunos. E no caso de uma SEI isso perpassa desde o seu planejamento até a avaliação.

O êxito da aplicação de uma atividade investigativa está relacionado ao planejamento de cada etapa de forma minuciosa por parte do professor. Ao longo do planejamento das atividades investigativas o educador deve ser capaz de prever questionamentos ou possíveis problemas que podem surgir durante a aplicação da atividade. O professor deve estar atento aos pré-requisitos de conteúdo ou cognitivos que o aluno tem de apresentar para que ele possa construir o conhecimento a partir da atividade investigativa.

No que tange a avaliação final de uma SEI, ela não deve ser pensada visando unicamente a classificação dos estudantes, em vez disso, a avaliação deve ocorrer de maneira formativa, contribuindo para uma verificação de aprendizagem não só para o professor, mas também para os alunos. De acordo com Carvalho (2013) a avaliação dentro da SEI deve ser diferente da tradicional pois ela deve carregar as características da SEI, avançando não só na aprendizagem conceitual, mas também em noções científicas, ações e processos da ciência e atitudes durante as aulas.

Quando pensamos no processo de avaliação devemos levantar alguns pontos, por exemplo: como avaliar? Por que devemos avaliar? Quem são os sujeitos e quais objetos serão analisados? O processo de avaliação é uma etapa importante dentro do ensinar e aprender. A sua função está associada a todas as fases, evidenciando as possibilidades e potencialidades dos alunos. Seja qual for a metodologia de ensino escolhida, a avaliação somativa não perde sua importância dentro do processo de ensino/aprendizagem.

Assim, as propostas de avaliação que acompanham uma SEI devem favorecer a participação dos estudantes, além de contribuir para a observação, por parte dos professores, possibilitando avaliar todo o processo, assegurando a idoneidade do processo de avaliação.

Dentro do processo de avaliação é necessário por parte dos professores uma atitude observadora e indagadora, visando analisar de maneira eficaz o que acontece ao longo da SEI e assim tomar decisões e orientar o estudante quando for o caso. O professor deve também confiar no potencial e nas habilidades dos seus alunos, na percepção de auto avaliação dentro do processo.

Carvalho (2019) afirma que de acordo com o desenvolvimento da SEI em sala de aula o professor pode classificar a aprendizagem em conceitual, procedimental ou atitudinal e que ao longo da discussão dos conceitos podem surgir atitudes e procedimentos a serem avaliados pelo professor. Podemos ver essas aprendizagens nas etapas da SEI utilizando um texto para leitura, que permite a resolução de problemas, sendo organizados para contextualizar e/ou aprofundar os conhecimentos dos estudantes.

Assim, para avaliar os educandos nos baseamos no Quadro 3 que explicita que tipo de aprendizagem pode ser inferida em cada atividade da Sequência de Ensino Investigativa proposta.

Quadro 3 – Conceitos, procedimentos e atitudes empreendidos pelos educandos

TIPOS DE APRENDIZAGEM	ETAPAS DE APRENDIZAGEM	APRENDIZAGENS IMERSAS DURANTE A ATIVIDADE
Conceitual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conceito relacionado a ondas. 2. Conceitos relacionados às ondas sonoras. 	C1: Conceituar uma onda. C2: Conceituar ondas mecânicas. C3: Conceituar a propagação das ondas sonoras. C4: Conceituar os fenômenos das ondas sonoras. C5: Conceituar efeito doppler.
Atitudinal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atitudes relacionadas à ciência. 2. Atitudes que contribuem com a aprendizagem investigativa diante das ciências. 	A1: Evidenciar posicionamento crítico da situação-problema. A2: Trabalhar de forma conjunta. A3: Dialogar com os alunos respeitando as especificidades de cada um. P1: Organizar ideias por meio de linguagem escrita, linguagem oral ou desenho.
Procedimental	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contato com a informação. 2. Interpretação da informação. 3. Análise da informação e realização dos ajustes. 4. Organização conceitual da informação. 5. Transmissão da informação. 	P2: Executar procedimentos. P3: Elaborar/estruturar hipóteses. P4: Testar hipóteses. P5: Realizar ajustes. P6: Sintetiza os resultados. P7: Comunicação em linguagem científica. P8: Construir relatório.

Fonte: POZO; GÓMEZ-CRESPO (2009), adaptado pelo autor



3 A Sequência de Ensino Investigativa

A SEI foi planejada com 7 (sete) encontros que podem ser aplicados em 8 (oito) aulas de 50 minutos. No Quadro 4 a seguir temos um resumo da Sequência de Ensino Investigativa sobre o conteúdo programático de ondas sonoras que faz parte do currículo escolar do Ensino Médio.

Quadro 4 – Resumo da SEI

AULA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DINÂMICA
1	50	Demonstração investigativa	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificar conceitos iniciais de ondas. ● Perceber relações das variáveis das ondas sonoras. 	Uso do tubo construído pelo professor para demonstrar algumas características das ondas sonoras.
2	50	Leitura de texto	<ul style="list-style-type: none"> ● Apresentar os conceitos com uma linguagem formal. ● Promover o debate. ● Entender as diferenças entre ondas transversais e longitudinais. ● Compreender as frequências audíveis ao ouvido humano. 	Leitura silenciosa do texto e discussão sobre o assunto.
3	50	Questões da leitura de texto	<ul style="list-style-type: none"> ● Promover o debate. ● Avaliar a aprendizagem conceitual. 	Entrega das questões para os estudantes para resolução.
4	100	Atividade computacional investigativa	<ul style="list-style-type: none"> ● Apresentar o problema relacionado ao conteúdo ondas sonoras e acústica. ● Estimular as atividades em grupos. ● Elaborar hipóteses. ● Promover o debate. ● Avaliar a aprendizagem conceitual. ● Identificar que o sinal pode mudar, mas que a frequência continua a mesma, a partir do tubo de Kundt. ● Perceber que sinais diferentes produzem percepções diferentes. 	O professor demonstrará a simulação em sala por meio do site e a projeção das imagens ocorrerá por meio de um data show. Os alunos receberão as orientações de forma impressa sobre a demonstração investigativa.
5	50	Sistematização do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> ● Aprofundar a temática de onda sonora de uma forma mais ampla. 	Aula em <i>power point</i> expositiva dialogada com características investigativas.

AULA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DINÂMICA
6	50	Demonstração investigativa - audibilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender as qualidades fisiológicas do som. • Entender que não é somente a frequência que determina o que ouvimos. É necessário que o som tenha uma intensidade mínima. 	O professor fará uso de um pote de vidro com chocalho e um mergulhão para aquecer a água.
7	50	Laboratório aberto	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar o efeito doppler. • Perceber quais variáveis produz o efeito doppler. • Descrever como as ondas sonoras se comportam no efeito doppler. 	Será disponibilizado em uma mesa objetos para que eles construam um aparato que permita observar o efeito doppler.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

No Quadro 4 enumeramos as atividades investigativas que elaboramos para a intervenção didática e apontamos os objetivos de cada etapa da SEI. Aqui, salientamos a importância de as aulas serem ministradas com características de uma atividade investigativa para que se possa alcançar os objetivos propostos.

Além disso, na condução de atividades investigativas o professor deve se atentar que a aprendizagem de procedimentos e de atitudes se tornam evidentes e importantes, pois estão relacionadas às práticas científicas e posturas fundamentais dos estudantes no processo de construção de conhecimento em sala de aula (SILVA JR.; COELHO, 2020). Assim, para fundamentarmos nossas aulas no desenvolvimento de procedimentos e atitudes utilizamos o trabalho de Pozo e Gómez-Crespo (2009). Também nos apoiamos no trabalho desenvolvido por Silva Jr. e Coelho (2009) para nos ajudar a construir os objetivos de cada atividade.

Outro ponto importante é que esta SEI pode ser aplicada em diferentes ambientes escolares com as devidas adaptações.

3.1 AULA 01 - Demonstração Investigativa

Neste momento é crucial que o professor mediador intervenha apenas na organização para orientar os educandos. Assim, propomos uma série de perguntas associadas à problematização para norteá-los na prática investigativa. Desta forma a interação social entre os educandos serviu para estabelecer uma relação de diálogo e ao mesmo tempo para a construção de novos conhecimentos.

O principal objetivo desta aula é que o aluno possa compreender os conceitos introdutórios de ondas sonoras como as regiões de compressão e rarefação, o comprimento de onda sonora e os processos de transferência de energia.

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

- C1 - Reconhecer as características de uma onda sonora
- C3 - Conceituar a propagação das ondas sonoras
- P1 - Elaborar hipóteses
- P2 - Construir modelos explicativos
- P4 - Comparar resultados
- P5 - Generalizar
- A1 - Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa

Lista de materiais para a construção do aparato experimental:

- 1 Tubo cilíndrico de acrílico de 60 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro
- 1 caixa de som com alto-falante pequeno
- 1 fita adesiva
- Bolinhas pequenas de isopor.
- 1 celular com o aplicativo Frequency Generator instalado

Inicialmente fixamos a caixa de som em um lado do tubo com a fita adesiva e a tampa no outro lado do tubo com uma fita ou algo rígido. Em seguida conectamos o celular ao *bluetooth* da caixa de som e desenvolvemos a atividade segundo as orientações a seguir, sempre com caráter investigativo.

Os educandos receberam o roteiro da atividade para responder a uma pergunta sobre o movimento das bolinhas de isopor dentro do tubo cilíndrico transparente. O questionário foi aplicado em folha impressa a cada aluno participante da sequência investigativa.

Demonstração Investigativa

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Caro aluno, a demonstração investigativa consiste em um alto-falante com um tubo cilíndrico transparente e um punhado de bolinhas de isopor. Assim, antes de realizarmos a atividade, responda ao questionamento sobre o que vai ser demonstrado. Coloque suas considerações em forma de textos, desenhos, esquemas etc.

Objetivo: Esperamos que após esta aula o aluno seja capaz de entender os conceitos introdutórios de ondas sonoras como as regiões de compressão e rarefação, o comprimento de onda sonora e os processos de transferência de energia.

Antes de realizarmos a atividade, responda ao seguinte questionamento sobre o que vai ser demonstrado (gerar uma discussão de 15min no máximo).

Questão proposta: Se colocarmos o alto-falante na entrada no tubo transparente com ele preenchido com bolinhas de isopor, o que vocês acham que pode ocorrer com as bolinhas de isopor? Vocês conseguem descrever o movimento das bolinhas de isopor dentro do tubo transparente?

No espaço a seguir vocês devem formular uma hipótese inicial para a questão proposta, justificando com argumentos.

Após a observação da demonstração, o que vocês podem afirmar sobre a hipótese feita? Ela se confirmou?

Caso não tenha sido confirmada, revise a hipótese e seu argumento no espaço a seguir.

3.2 AULA 02 - Leitura de Texto

Iniciamos a aula apresentando os dois textos de sistematização e solicitamos uma leitura individual. Em seguida fizemos uma leitura compartilhada conduzindo as discussões. Vale ressaltar que a aula deve ter características investigativas e o professor deve fomentar a discussão para a construção e sistematização do conteúdo.

A aula de leitura de texto tem como objetivo possibilitar a sistematização da demonstração investigativa e fazer com que o aluno seja capaz de entender as diferenças entre ondas transversais e longitudinais e as frequências audíveis ao ouvido humano.

A partir da leitura dos textos de sistematização iniciamos uma discussão a partir do seguinte questionamento: Você sabia que o som possui diferentes características?

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

- C1 - Reconhecer as características de uma onda sonora
- C2 - Conceituar ondas mecânicas
- C3 - Conceituar a propagação das ondas sonoras
- P1 - Organizar ideias por meio de linguagem escrita, linguagem oral
- P2 - Comparar resultados
- P3 - Organizar ideias por meio de linguagem escrita
- A1 - Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa
- A2 - Dialogar com os alunos respeitando as especificidades de cada um

Leitura de Texto

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Caros alunos, esta atividade de leitura consiste em desenvolver os conhecimentos referentes ao que foi demonstrado na Aula 1. A seguir você tem dois textos para leitura: o primeiro trata das ondas sonoras de uma forma mais geral, enquanto o segundo trata das qualidades do som. Você sabia que o som possui diferentes características?

Objetivo: Após esta aula o aluno deve ser capaz de entender as diferenças entre ondas transversais e longitudinais e as frequências audíveis ao ouvido humano.

Demonstração Investigativa

TEXTO 1: Que tal um pouco de som?

As ondas sonoras são variações da pressão do ar. Assim, sua propagação depende de um meio material. À medida que a onda se propaga o ar é primeiro comprimido e depois rarefeito, pois é a mudança de pressão no ar que produz o som.

Figura 1 – Uma onda sonora que se propaga com velocidade v no ar é composta por uma série de expansões e compressões periódicas do ar



Fonte: SILVA JR. (2022)

As ondas sonoras capazes de ser apreciadas pelo ouvido humano têm frequência variável entre cerca de 20 hertz e 20 000 hertz.

A voz feminina produz um som cuja frequência varia de 200Hz a 250Hz, enquanto a masculina apresenta uma variação de 100 a 125Hz.

Para transmitir a voz humana ou uma música é preciso converter as ondas sonoras a fim de que possam ser ouvidas. O primeiro papel é desempenhado pelo microfone e o segundo pelo alto-falante.

No ar, à temperatura ambiente, o som se propaga com uma velocidade aproximada de 340 m/s. Já a luz viaja a quase 300.000 km/s. É por esta razão que o trovão é ouvido depois da visão do relâmpago.

Matéria	Temperatura (°C)	Velocidade (m/s)
água	15	1450
ferro	20	5130
granito	20	6000

Além da frequência, as ondas sonoras também são caracterizadas pelo seu tamanho ou comprimento de onda.

Esse comprimento pode ser calculado por uma expressão que o relaciona com sua frequência e velocidade de propagação.

Demonstração Investigativa

Velocidade: frequência x comprimento de onda

Para se ter uma ideia do tamanho das ondas sonoras audíveis pelos seres humanos, basta dividirmos o valor da sua propagação pela sua frequência. Assim, para 20 Hz, o comprimento de onda sonora será de 17 metros, já para ondas sonoras de 20.000 Hz, o comprimento da onda será de 1,7 cm.

As ondas sonoras são ondas mecânicas que precisam de um meio para se propagarem, provocando vibração deste meio no mesmo sentido de sua propagação. Por esta razão, elas são denominadas de ondas longitudinais. O vácuo não transmite o som, pois ele precisa de um meio material para se propagar.

TEXTO 2: O som que escutamos

(Texto adaptado)

Sobre as ondas mecânicas produzidas, por exemplo, por um alto-falante, é importante saber que elas só são ouvidas pelos seres humanos se suas frequências estiverem compreendidas entre 20 Hz e 20000 Hz aproximadamente. Assim, uma onda sonora faz o nosso tímpano vibrar aproximadamente de 20 a 20000 vezes por segundo. Podemos definir como SOM a sensação produzida no ouvido pelas vibrações de corpos elásticos. Uma vibração põe em movimento o ar na forma de ondas sonoras que se propagam em todas as direções simultaneamente. As principais características do som (frequência, intensidade, altura e timbre) são as qualidades fisiológicas do som e estão relacionadas à nossa percepção das ondas sonoras.

A intensidade é uma característica do som que está relacionada à energia de vibração da fonte que emite as ondas. Isso ocorre pela pressão que a onda exerce sobre o ouvido ou sobre algum instrumento medidor da intensidade sonora como um decibelímetro ou um dosímetro. Quanto maior a pressão maior será a intensidade medida por esse aparelho. A intensidade sonora é medida em bel, em homenagem ao cientista inglês Graham Bell. Contudo, utiliza-se com mais frequência um submúltiplo dessa unidade: 1 decibel = 1 dB = 0,1 bel.

A frequência se define como o número de oscilações por unidade de tempo. A unidade mais comum usada internacionalmente para expressar a frequência de uma onda é o hertz, simbolizado por Hz, que equivale a uma oscilação por segundo.

A altura é uma característica do som que nos permite classificá-lo em grave ou agudo. Esta propriedade do som é caracterizada pela frequência da onda sonora. Um som com baixa frequência é chamado de grave e o som com altas frequências é chamado de agudo.

Demonstração Investigativa

O timbre é a característica sonora que permite distinguir sons de mesma frequência e mesma intensidade, desde que as ondas sonoras correspondentes a esses sons sejam diferentes. Dois aparelhos musicais, violão e violino, por exemplo, podem emitir sons com a mesma frequência, mas com timbres diferentes, pois as ondas sonoras produzidas por eles possuem formas diferentes.

BIBLIOGRAFIA

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física 2: física térmica, óptica. 5. ed. São Paulo: EDUSP, 2000.

SILVA JÚNIOR, Joab Silas da. "Ondas sonoras"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.-com.br/fisica/ondas-sonoras.htm>. Acesso em: 2 ago. 2022.

PSYCOU, Carlos. Características do som sistemas multimídias. Disponível em: <https://sistemasmultimidia.com.br/2019/03/26/caracteristicas-do-som-carlos-e-danilo>. Acesso em: 10 mar. 2022.

3.3 AULA 03 - Questões da Leitura de Texto

Inicialmente apresentamos as questões para os educandos de forma impressa e solicitamos que os alunos elaborassem suas respostas baseadas nas leituras dos textos da aula de leitura de texto e deixamos claro aos estudantes que eles poderiam levantar discussões baseadas nas questões.

O objetivo desta aula é que os alunos consigam apresentar os conceitos de onda sonora com uma linguagem científica, entender as diferenças entre ondas transversais e longitudinais e compreender as frequências audíveis ao ouvido humano.

Conteúdos estabelecidos para esta atividade:

- C1 - Reconhecer as características de uma onda sonora
- C2 - Conceituar ondas mecânicas
- C3 - Conceituar a propagação das ondas sonoras
- P1 - Elaborar hipóteses
- P2 - Comunicação em linguagem científica
- P4 - Comparar resultados
- A1 - Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa
- A2 - Evidenciar posicionamento crítico situação-problema

Questões da Leitura de Texto

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Caro aluno, agora chegou a vez de você praticar o que aprendeu na leitura dos textos e nos debates com os colegas e o professor.

Questão 1: Um professor de física prepara sua aula sobre ondas e com um celular emite dois sinais sonoros: o primeiro som alto e fraco e um segundo som baixo e forte. Quais características físicas diferenciam esses dois sons para você? Como expressar a percepção que você teve dos sons emitidos?

Questões da Leitura de Texto

Questão 2: Um aluno dá um grito, que pode ser ouvido por um menino e uma menina. O menino está próximo da pessoa que grita e a menina está mais distante. Para você, quem escutará o som primeiro? Por que?

Questão 3: Nota-se que a voz feminina é, em geral, mais aguda do que a masculina, que é grave. Quais as possíveis razões para este fato? Quais diferenças fisiológicas há entre homens e mulheres para que haja esta diferença?

Questão 4: Abaixo de 20Hz as ondas sonoras não são sentidas pelo ouvido humano. Formule hipóteses para explicar esse fato.

3.4 AULA 04 - Atividade Computacional Investigativa

Esta atividade teve como objetivo fazer com que o educando entendesse o funcionamento dos instrumentos de sopro e que o fato de manter uma extremidade aberta e uma fechada, ou as duas extremidades abertas, influencia nas frequências emitidas pelo tubo sonoro. Para tanto, usamos a simulação que se encontra no site [vascak.sz](https://www.vascak.cz) que pode ser acessado no *link*:

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s kv_stojate_vlneni&l=pt.

Toda a aula deve ser projetada em uma tela para que o aluno acompanhe as ações e orientações do professor sobre a atividade computacional. Sugerimos para esta atividade um computador por aluno e, no caso de a escola não possuir aparelhos disponíveis, recomendamos que seja feita em grupos de no máximo 5 alunos. É de responsabilidade do professor verificar a conexão dos aparelhos com a internet.

Conteúdos estabelecidos para esta atividade:

- C1 - Reconhecer as características de uma onda sonora
- C2 - Conceituar a propagação das ondas sonoras
- C3 - Conceituar os fenômenos das ondas sonoras
- P1 - Executar procedimentos
- P2 - Elaborar/estruturar hipóteses
- P3 - Construir modelos explicativos
- A1 - Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa
- A2 - Dialogar com os alunos respeitando às especificidades de cada um

Atividade Computacional Investigativa

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / _____

Aluno: _____

Caro (a) aluno (a), a atividade computacional investigativa consiste em um simulador lúdico de ondas sonoras disponível no site vascak.cz. Ao abrir a tela do simulador você verá um tubo com bolinhas que se movimentam de acordo com os comandos inseridos no simulador. Esses tubos estão presentes em instrumentos de sopro tais como flauta, clarinete, saxofone, órgão e tantos outros. O simulador conta com botões coloridos que indicam o comprimento de onda e também apresenta opções de extremidade aberta ou fechada, o número de linhas e colunas, respectivamente. Assim, para melhor aproveitamento das atividades, antes de manipular o simulador elabore uma hipótese e depois responda se sua hipótese se confirmou ou não.

Objetivo: Após essa aula o aluno deve ser capaz de entender o funcionamento dos instrumentos de sopro e que o fato de manter uma extremidade aberta e uma fechada, ou as duas extremidades abertas, afeta o comprimento de onda e a frequência das ondas produzidas em um determinado tubo.

Link para a simulação: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=kv_stojate_vlneni&l=pt. Acessado em: 5 de ago. 2022.

Tubo fechado nas duas extremidades


Instruções

Neste primeiro momento você deve escolher a opção de duas extremidades fixas (fechadas) no canto superior esquerdo da tela e permanecer com a amplitude ($Y=30$). Em seguida você deverá clicar nos botões na parte superior da tela, um por vez, fazer observações e anotações sobre como as ondas estacionárias se apresentam. Em seguida responda as questões que se seguem:

Questão proposta 1: O que aconteceu com a vibração das bolinhas ao clicar no botão vermelho ($\lambda/2$)? Dentro dos conceitos já estudados, qual argumento pode ser usado para justificar esse comportamento das bolinhas (coluna de ar)?

Atividade Computacional Investigativa

Ao clicar nos botões seguintes, o que aconteceu com o movimento das bolinhas (coluna de ar)?



Questão proposta 2: Qual comparação é possível fazer no comportamento da onda estacionária quando se clica no primeiro botão ($\lambda/2$) e em seguida no último botão ($6\lambda/2 = 3\lambda$)?



Questão proposta 3: Se associarmos matematicamente os números que representam os botões com as vibrações das bolinhas (coluna de ar), como podemos descrever essa relação?

Questão proposta 4: Ao analisar a simulação, quais características foram possíveis observar sobre as ondas estacionárias? Você pode expressar sua resposta em forma de explicação, desenho e/ou exemplificação dos conceitos abordados.

Atividade Computacional Investigativa

Tubo aberto em uma extremidade e fechado em outra

Instruções

Neste primeiro momento você deve escolher a opção de uma extremidade aberta e a outra fechada no canto superior esquerdo da tela, e permanecer com a amplitude ($Y=30$). Em seguida você deverá clicar nos botões na parte superior da tela, um por vez, fazer observações e anotações sobre como as ondas estacionárias se apresentam. Em seguida responda as questões que se seguem:

Questão proposta 1: O que aconteceu com a vibração das bolinhas (coluna de ar) ao clicar no botão vermelho ($\lambda/4$)? Dentro dos conceitos já estudados, qual argumento pode ser utilizado para justificar esse comportamento das bolinhas (coluna de ar)?

Ao clicar nos botões seguintes, o que aconteceu com o movimento das bolinhas (coluna de ar)?

Questão proposta 2: Qual comparação é possível fazer no comportamento da onda estacionária quando se clica no primeiro botão ($\lambda/4$) e em seguida no último botão ($11\lambda/4$)?

Atividade Computacional Investigativa

Questão proposta 3: Se associarmos matematicamente os números que representam os botões com as vibrações das bolinhas (coluna de ar), como podemos descrever essa relação?

Questão proposta 4: Ao analisar a simulação, quais características foram possíveis observar sobre as ondas estacionárias? Você pode expressar sua resposta em forma de explicação, desenho e/ou exemplificação dos conceitos abordados.

3.5 AULA 05 - Sistematização do Conhecimento

Neste momento sistematizamos o conteúdo trabalhado nas etapas anteriores da SEI utilizando uma aula dialogada com a turma. Desta forma, procuramos evidenciar as características investigativas, fomentando o diálogo e a resolução das situações do cotidiano por parte do aluno.

Para alcançar o objetivo desse encontro que é aprofundar a temática de onda sonora de uma forma mais ampla, é imprescindível que ocorram discussões ao longo da aula. Assim, o professor deve proporcionar aos alunos momentos para exposição de suas dúvidas e hipóteses, e agir como mediador dos diálogos.

Conteúdos estabelecidos para esta atividade:

- C1 - Reconhecer as características de uma onda sonora
- C2 - Explicar a utilização desses materiais no dia a dia
- P1 - Elaborar hipóteses
- P2 - Construir modelos explicativos
- P4 - Comparar resultados
- P5 - Generalizar
- A1 - Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa

Sistematização do Conhecimento: Aula Expositiva e Dialogada

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Caros alunos, esta atividade consiste em uma aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de ondas. Trata-se do aprofundamento na temática onda sonora de uma forma mais ampla. Neste momento você pode anotar as informações e pode expor suas dúvidas e interagir sobre o assunto com seus colegas e com o professor.

Objetivo: Após essa aula o aluno deve ser capaz de entender o conceito de onda sonora, perceber as características presentes nesse tipo de onda e adquirir uma linguagem científica.

3.6 AULA 06 - Demonstração Investigativa - Audibilidade

Nesta atividade da SEI o professor tem o papel de organizar a turma para que os alunos participem das discussões antes de observarem a demonstração investigativa. Além disso, o professor deve solicitar aos alunos que discutam as possíveis hipóteses com os colegas ao longo da aula.

Esta aula deve ser aplicada em um laboratório ou ambiente semelhante, visto que ocorrerá o manuseio de água aquecida por parte do professor. O ambiente deve ser silencioso para que os estudantes escutem os sons emitidos durante a demonstração investigativa.

Inicialmente o professor prendeu o chocalho a um arame na tampa do vidro com a pistola de cola quente e em seguida colocou o chocalho no interior de uma garrafa pequena de vidro. Todo o processo, que deve ser seguido rigorosamente pelo professor, está descrito a seguir.

Em seguida, o professor utilizou um mergulhão e um vasilhame para aquecer o vidro com água e uma luva térmica para retirar o vidro da água. Depois disso, procedeu com a realização da demonstração investigativa.

O objetivo principal da aula foi possibilitar que o aluno participante da SEI pudesse entender que não é somente a frequência que determina o que ouvimos, e que, além disso, abandonasse a posição passiva, começando a fazer e se sentir parte da construção do conhecimento por ele adquirido.

Conteúdos estabelecidos para esta atividade:

- C1 - Reconhecer as características de uma onda sonora
- C2 - Explicar a utilização desses materiais no dia a dia
- P1 - Elaborar hipóteses
- P2 - Construir modelos explicativos
- P4 - Comparar resultados
- P5 - Generalizar
- A1 - Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa

Construção do aparato experimental:

- 1 Chocalho
- 1 um pote de vidro com tampa
- 1 um pedaço de arame liso de 05 cm
- 1 tubo de cola quente

Demonstração Investigativa - Audibilidade de um Som

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____/____/____

Aluno: _____

Caro aluno, a demonstração investigativa consiste em um chocalho preso a um arame no interior de uma garrafa pequena de vidro. O chocalho estará preso por um arame fixado na rolha da garrafa. Assim, antes de realizarmos a atividade, responda ao questionamento sobre o que vai ser demonstrado. Aponte aqui suas considerações em forma de textos, desenhos, esquemas etc.

Objetivo: Esperamos que após essa aula o aluno seja capaz de entender que não é somente a frequência que determina o que ouvimos. É necessário que o som tenha uma intensidade mínima.

Antes de realizarmos a atividade, responda ao seguinte questionamento sobre o que vai ser demonstrado (gerar uma discussão de no máximo 5min em cada situação).

1ª Situação: O que você vai notar ao chocalhar o sino preso à rolha?

Anote aqui sua hipótese:

Revise sua hipótese com o professor e os colegas:

Demonstração Investigativa - Audibilidade de um Som

2ª Situação: Agora, com o sino dentro da garrafa e com a rolha vedada com uma bexiga, o que você pode dizer sobre o som emitido pelo sino ao agitar o vidro?

Anote aqui sua hipótese:

Revise sua hipótese com o professor e os colegas:

3ª Situação: Agora, coloque um pouco de água dentro do vidro e leve-o, aberto, para ser aquecido em banho-maria. Depois que toda a água no interior do frasco evaporar tampe-o com o conjunto rolha-chocalho e deixe-o esfriar um pouco. Com base nessas informações, o que você pode dizer a respeito do som quando o frasco for chacoalhado?

Anote aqui sua hipótese:

Demonstração Investigativa - Audibilidade de um Som

Revise sua hipótese com o professor e os colegas:

4ª Situação: Agora, se colocarmos água no interior do vidro, o que aconteceria com o som do chocalho?

Anote sua hipótese:

Revise sua hipótese aqui junto com o professor e os colegas:

Após responder às questões, os grupos apresentaram sua resposta para a turma, e ao final, o professor fez uma sistematização do conhecimento.

3.7 AULA 07 - Laboratório Aberto - Efeito Doppler

Para esta atividade separamos as turmas em grupo de 5 alunos. Esta divisão ocorreu no início da aula e disponibilizamos uma mesa em que os alunos foram dispostos em círculo para que todos os alunos do grupo visualizassem os objetos e desenvolvessem as atividades.

O professor solicitou aos alunos que realizassem uma leitura atenta das orientações antes de utilizarem os itens distribuídos. Além disso, promoveu uma rápida discussão do problema apresentado aos alunos e solicitou que cada grupo elaborasse suas hipóteses para solucionar o problema em questão.

Ao longo da aula de laboratório aberto espera-se que os alunos consigam identificar o efeito doppler, perceber quais variáveis produzem o efeito e descrever como as ondas sonoras se comportam no referido efeito. Para alcançar os objetivos os alunos têm à disposição um kit de materiais e orientações iniciais.

Leia com a turma a seguinte situação que se encontra na folha de orientação: Um colega do grupo vai girar o buzzer usando o barbante (não precisa ser com muita força). O que vai ocorrer quanto à percepção do som?

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

- C1 - Reconhecer as características de uma onda sonora
- C2 - Conceituar os fenômenos das ondas sonoras
- C3 - Conceituar efeito doppler
- P1 - Elaborar hipóteses
- P2 - Construir modelos explicativos
- P3 - Comparar resultados
- P4 - Testar hipóteses
- A1 - Evidenciar posicionamento crítico situação-problema
- A2 - Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa

Lista de materiais para a construção do aparato experimental:

- 01 buzzer contínuo
- 01 bateria 3V
- 01 fita Adesiva
- 01 corda de naylon com 1 m

Laboratório Aberto - Efeito Doppler

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / _____

Aluno: _____

Após a leitura do problema a seguir, discuta com seu grupo e proponha uma hipótese para solucioná-lo, em seguida elabore um roteiro de trabalho para testar as suas hipóteses a partir dos materiais listados, buscando assim argumentos para solucionar o problema proposto.

Caro aluno, na sua frente você tem a sua disposição:

1. Buzzer contínuo (emite som em uma determinada frequência);
2. Bateria 3V (permite ligar em baixa tensão alguns equipamentos);
3. Fita adesiva (para prender ou fixar algo);
4. Corda de nylon com 1 m (permite amarrar algo);

Figura 1 – Buzzer contínuo



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

Agora pense na seguinte situação: um colega do grupo vai girar o buzzer usando o barbante (não precisa ser com muita força). Desta forma, o desafio é analisar o som emitido pelo buzzer enquanto ele gira. Anote tudo que você consegue perceber e também discuta com seus colegas e elabore hipóteses para chegar a uma explicação para o fenômeno físico. Leve em consideração as etapas anteriores da SEI.

Anote aqui as suas hipóteses:

Laboratório Aberto - Efeito Doppler

Construa junto com seus colegas um roteiro de investigação a ser seguido:



Agora é a hora de colocar a mão na massa! Com o roteiro em mãos, utilize os equipamentos para montar o experimento e testar suas hipóteses.

Depois de montado o experimento e testadas as possíveis hipóteses, discuta com o grupo as conclusões a que vocês chegaram. Explique como foram as percepções do som emitido pelo buzzer.

Discussões e conclusões:



Nesta etapa é importante ficar atento aos questionamentos e conduzir as discussões para que os educandos cheguem aos conceitos de forma correta. Por fim, os grupos apresentam suas respostas para a turma, cabendo ao professor o papel de conduzir as discussões para a formação adequada dos conceitos.



4 Orientações finais

A Sequência de Ensino Investigativa proposta foi aplicada em duas turmas da 2ª série do Ensino Médio, com 31 e 12 alunos respectivamente, em uma escola pública estadual do Espírito Santo. Buscamos ser criteriosos no planejamento e elaboração da SD, visto que a aplicação ocorreu logo após a pandemia da Covid-19.

Durante a aplicação da SEI debatemos os conceitos que permeiam o conteúdo de ondas sonoras por meio das discussões produzidos em sala de aula e das situações trazidas pelas atividades propostas. Por isso, destacamos que o professor desempenha um papel fundamental neste processo, pois durante a aplicação das atividades investigativas é fundamental que os alunos possam efetivamente propor, analisar e construir ideias na sala de aula sendo amparados pelo professor (BARCELLOS et al., 2022).

Esta SEI deve ser aplicada na íntegra, caso o professor precise fazer alguma adaptação, tem que ser bem planejada para que as atividades não percam o caráter investigativo.



Referências

AZEVEDO, M. C. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa a prática. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, v. 3, p. 19-33, 2004.

BARCELLOS, Leandro da Silva; MORAIS, Wallace Prodígios; COELHO, Geide Rosa. O engajamento de estudantes durante a investigação do tema sociocientífico raios. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 5, 2022, p. 516-539. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/11629/114116518>. Acesso em: 13 dez. 2022.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.) O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 1-20.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. A coleção “Ideias em Ação” nasceu do trabalho. [Apresentação da coleção]. **Ensino de Física**, 2010. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Calor e temperatura**: um ensino por investigação. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852/3040>. Acesso em: 18 nov. 2022.

OLIVEIRA, F. S. **Sobre o conceito de experiência no pragmatismo de John Dewey**. 2018. 210 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/8547/5/Tese%20-%20F1%c3%a1vio%20Silva%20de%20Oliveira%20-%202018.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2022.

POZO, Juan Ignacio; GÓMEZ-CRESPO, Miguel Angel. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SASSERON, Lucia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49-67, nov. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 7 out. 2022.

SILVA JÚNIOR, João Mauro da; COELHO, Geide Rosa. O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 1, p. 51-78, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-941.2020v37n1p51/42890>. Acesso em: 18 nov. 2022.

STROUPE, D. Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic agency and learn Science as practice. **Science Education**, Wiley Online Library, v. 98, n. 3, p. 487-516, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261720771_Examining_Classroom_Science_Practice_-_Communities_How_Teachers_and_Students_Negotiate_Epistemic_Agency_and_Learn_Science-as-Practice#read. Acesso em: 7 jan. 2023.



**INSTITUTO
FEDERAL**

Espírito Santo

Campus
Cariacica

ISBN 9788582636664