

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



CIÊNCIA E PERCEPÇÃO: Aprendizagem significativa do conceito de ressonância por meio de atividades experimentais como organizadores avançados.

Adriano César Bernardo de Medeiros

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação na Universidade Federal Rural de Pernambuco, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Francisco Nairon Monteiro Júnior

Recife
fevereiro de 2019

Dedico esta dissertação à minha família,
que ao longo da minha vida moldou meu
caráter, como profissional, marido e
cidadão.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior – Brasil (capes) e à SBF (Sociedade Brasileira de Física) por constituírem suporte na realização desse mestrado através da gestão do programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de física.

Agradeço ao meu orientador Francisco Nairon Monteiro Júnior, que se mostrou interessado e presente ao longo de todo processo deste trabalho, com contribuições que me fizeram um novo profissional.

Agradeço aos meus amigos de curso, pelas trocas de experiência e incentivo durante o tempo de curso.

Agradeço minha esposa, pelo apoio, paciência e compreensão, durante o período de dedicação ao curso.

Muito obrigado!

RESUMO

CIÊNCIA E PERCEÇÃO: APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE RESSONÂNCIA POR MEIO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS COMO ORGANIZADORES AVANÇADOS

Adriano César Bernardo de Medeiros

Orientador:
Francisco Nairon Monteiro Júnior

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Este trabalho apresenta uma sequência didática desenvolvida para compreensão do conceito de ressonância por parte dos estudantes que irão realizar as atividades baseadas na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, por meio de organizadores avançados em processos investigativos. O professor mediador determina o nível de investigação pelos roteiros das atividades e pelas intervenções durante as discussões e compartilhamento de resultados por parte dos alunos. Os resultados surgem ao final de cada momento pedagógico, ancorando conceitos prévios, construindo conceitos novos e os tornando consistentes. O mapa conceitual presente no trabalho dá a diretriz dos objetivos da intervenção que está dividida em três momentos pedagógicos. Cada momento foi aplicado baseado em diferentes etapas da aprendizagem significativa. Foram utilizados organizadores avançados como ancoragem no primeiro momento, aprendizagem combinatória no segundo momento e aprendizagem subordinada no terceiro momento da aula. A sequência foi aplicada a uma turma de primeiro ano do ensino médio e se apresenta como um modelo para demais fenômenos que podem servir como motes para o ensino de física. A ideia é que o estudante desenvolva habilidades para entender o universo em que vive sem ter o pleno conhecimento das áreas abordadas pelo fenômeno escolhido como objeto de estudo.

Palavras-chave: Ensino de Física, ressonância, organizadores prévios, sequência didática

Recife
fevereiro de 2019

ABSTRACT

SCIENCE AND PERCEPTION: SIGNIFICANT LEARNING OF THE CONCEPT OF RESONANCE THROUGH EXPERIMENTAL ACTIVITIES AS ADVANCED ORGANIZERS

Adriano César Bernardo de Medeiros

Supervisor:

Francisco Nairon Monteiro Júnior

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação Universidade Federal de Pernambuco, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work presents a didactic sequence developed to understand the concept of resonance by students who will carry out activities based on David Ausubel's meaningful learning theory through advanced organizers in investigative processes. The mediating teacher determines the level of inquiry by the scripts of the activities and by the interventions during the discussions and sharing of results by the students. The results come at the end of each pedagogical moment, anchoring previous concepts, constructing new concepts and making them consistent. The conceptual map present in the work gives the guideline of the objectives of the intervention that is divided into three pedagogical moments. Each moment was applied based on different stages of meaningful learning. Advanced organizers were used as anchorage in the first moment, combinatorial learning in the second moment and subordinate learning in the third moment of the class. The sequence was applied to a first year high school class and is presented as a model for other phenomena that can serve as a motto for physics teaching. The idea is that students develop skills to understand the universe in which they live without having full knowledge of the areas addressed by the phenomenon chosen as the object of study.

Keywords: Teaching of physics, resonance, previous organizers, didactic sequence

Recife - PE
Fevereiro de 2019

Sumário

Capítulo 1 - Introdução	2
Capítulo 2 - Produto educacional	6
2.1 - Descrição do produto educacional	9
2.2 - Sequência didática	9
2.2.1 - Primeiro momento pedagógico	10
2.2.2 - Segundo momento pedagógico	20
2.2.3 - Terceiro momento pedagógico	24
Capítulo 3 - Aplicação do produto	33
3.1 - Primeiro momento pedagógico	33
3.1.1 - OA1 “A” - Pêndulo Simples	33
3.1.2 - OA1 “B” - Sistema Massa-mola	35
3.1.3 - OA1 “C” - Pêndulo simples de isopor x Diapasão.....	37
3.1.4 - Conclusões do OA1.....	38
3.1.5 - OA2 - Ventilador com estroboscópio	38
3.2 - Segundo momento pedagógico	39
3.2.1 - OA3 - Sistema de pêndulos simples acoplados	40
3.3 - Terceiros Momento Pedagógico	41
3.3.1 - OA4 - Caixas de ressonância (frequências idênticas)	42
3.3.2 - OA5 - Experimento de simulação: Ressonância de construções ...	43
3.3.3 - OA6 - Vídeo de Tacoma Narrows Bridge	45
3.3.4 - OA7 – Vídeo da série universo mecânico - Episódio 17 -	
Ressonância	45
Capítulo 4 - Análise de dados	46
4.1 - Primeiro momento pedagógico	46
4.1.1 - OA1 “A” - Pêndulo Simples	46
4.1.2 - OA1 “B” - Sistema Massa-mola	51
4.1.3 - OA1 “C” - Pêndulo simples de isopor x Diapasão.....	55
4.1.4 - Conclusões do OA1.....	57
4.1.5 - OA2 - Ventilador com estroboscópio	60
4.2 - Segundo momento pedagógico	62
4.2.1 - OA3 - Sistema de pêndulos simples acoplados	62
4.3 - Terceiros Momento Pedagógico	66
4.3.1 - OA4 - Caixas de ressonância (frequências idênticas)	66
4.3.2 - OA5 - Experimento de simulação: Ressonância de construções...	68
4.3.3 - OA6 - Vídeo de Tacoma Narrows Bridge	69
Capítulo 5 - Considerações finais	70
Apêndice – Produto Educacional	73

Capítulo 1

Introdução

O ensino de ciências possui várias metodologias possíveis de serem aplicadas, cada uma com um objetivo específico, com uma velocidade de resposta também específica. A educação em ciências é influenciada por tudo que rodeia o indivíduo inserido no processo de ensino e aprendizagem, tendo desta forma uma vasta quantidade de ferramentas para serem utilizadas e possibilitando atingir os mais variados objetivos, tirando o que há de melhor nesse universo educacional.

Entendendo que os ambientes onde ocorrem os processos de educação são os mais diversificados possíveis, tem-se a certeza de que as estratégias elaboradas por professores para conduzir suas aulas, também terão particularidades e precisarão ser adaptadas a outras realidades. Pensando no universo escolar, onde cada instituição tem suas peculiaridades, é importante que o professor conheça as limitações do espaço para não esbarrar em contratempos que prejudiquem o processo.

A física no ensino médio hoje é dividida por áreas. São elas:

- Mecânica
- Termologia
- Óptica
- Ondulatória
- Eletricidade
- Magnetismo
- Física moderna

Um planejamento tradicional para o ensino de física, divide o estudo dessas áreas nos três anos do ensino médio de acordo com o quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Planejamento tradicional do conteúdo de física no ensino médio

1º ANO	- MECANICA
2º ANO	- TERMOLOGIA - OPTICA - ONDAS
3º ANO	- ELETRICIDADE - MAGNEISMO - MODERNA

Essa divisão impedia o professor de incluir no seu planejamento anual uma atividade que abordasse um fenômeno, que para suficiente compreensão, necessitasse de conhecimentos básicos que só seriam visitados pelos alunos nos anos seguintes. Por exemplo, falar do funcionamento de um motor de um automóvel, no primeiro ano do ensino médio, fazendo menção apenas do ponto de vista mecânico, desprezando a termodinâmica envolvida no processo, deixará a informação rasa e com utilidade restrita. Esse entrave faz com que o estudante diminua seu interesse durante as aulas, pois, a compreensão de muitos dos fenômenos naturais ou tecnológicos, permeiam várias áreas da física.

Há várias maneiras de ensinar física e um dos caminhos que existe para se trabalhar a estrutura cognitiva do estudante é por meio da compreensão dos mais variados fenômenos que podem ser percebidos no seu cotidiano. O entendimento de como funciona o ambiente que circunda o indivíduo faz com que a distância entre ele e o desconhecido diminua.

Trabalhando então com sequências didáticas, que tem como o objetivo final o entendimento de fenômenos naturais ou tecnológicos, bem com a associação destes a outros sistemas complexos, o estudante pode desenvolver habilidades e competências que o levam a um amadurecimento cognitivo. Isto permite que o indivíduo possa permear por várias áreas, consolidando conhecimentos prévios que podem se tornar subsunçores para uma aprendizagem significativa de um conceito subsequente.

“Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, nesse processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceitos subsunçores ou, simplesmente, subsunçores (subsumers), existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.” (MOREIRA, 1942)

Para este produto, a sequência didática traz no seu eixo central o ensino pelo método investigativo presente na chamada aprendizagem significativa descrita por David Ausubel. As atividades experimentais e/ou demonstrativas utilizadas como problematizadoras, permitindo um processo de investigação, inserem o estudante no contexto pretendido. Estas atividades não são coisas externas, como livros texto que o aluno lê e reflete sobre os mesmos. Eles próprios manuseiam ou observam os chamados organizadores avançados, o que faz mais sentido, pois vivenciam, discutem e tiram conclusões do ocorrido. As aulas práticas possibilitam que os estudantes formulem hipóteses, oferecem, além de constatações de teorias, a possibilidade de o

inesperado acontecer. O ato de extrair dados e analisar resultados é o que se chama de método científico empírico dedutivo.

Para elaborar e aplicar uma sequência didática como essa, o professor terá que exercer o papel de mediador das atividades, decidindo o grau de abertura das atividades experimentais, adequado para o grupo de alunos que participarão dos momentos pedagógicos pensados e adequado também aos objetivos pretendidos com a sequência didática. Este grau de abertura pode permear pelo laboratório tradicional que se vale de comprovação de conceitos, como também adentrar no universo investigativo, que pode ser classificado por níveis. Vários autores já fizeram tal classificação, baseada na quantidade de informação fornecida ao estudante ao longo do processo, isto é, na intensidade de interferência do professor-mediador ao longo da atividade. Dentre elas tem uma que se aplica ao proposto nesta atividade. Dividindo a atividade em 3 etapas, problematização, procedimentos e conclusões, Tamir¹ (1991 apud SANTIAGO, 2011, p. 38), classificou em 4 níveis possíveis de investigação, baseado no que o professor fornece efetivamente em cada etapa.

Quadro 2: Níveis de investigação (Tamir, 1991)

Nível de investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dadas
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Em uma sequência didática como a deste trabalho, onde almejamos um objetivo específico, o caráter investigativo está inserido em cada organizador avançado escolhido. Segundo Moreira (2008), os organizadores avançados,

são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si. Contrariamente a sumários que são, de um modo geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e abrangência, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. (MOREIRA, 2008, p. 2).

Os organizadores avançados podem ser materiais introdutórios, materiais que orientam o desenvolvimento de uma ideia, um vídeo demonstrativo tanto de problematização como de conclusão de conceitos ou até mesmo um conjunto

de atividades experimentais e/ou demonstrativas que possam se relacionar entre si, de forma a auxiliar na aprendizagem significativa desejada.

A utilização de organizadores avançados como meio de aprendizagem significativa é extremamente viável, pois permite que o estudante resgate de dentro da sua estrutura cognitiva o conteúdo relevante para se manter conectado com o novo conhecimento a ser explorado.

Para Ausubel, os organizadores, os quais ele chama de prévios, funcionam como uma ponte que une o conhecimento que os estudantes já possuem previamente e o que virão a conhecer. Nessa condição, a aprendizagem pode se manifestar de três formas: subordinação, superordenação e correlativa. O que difere essas três formas é a posição hierárquica do que se aprendeu com o seu subsunçor. Na aprendizagem por subordinação, o novo conteúdo analisado individualmente não é mais consistente que o que serviu de base para seu entendimento. Na aprendizagem por superordenação, para a estrutura cognitiva do indivíduo, o novo conteúdo assimilado terá um caráter mais eficiente para conhecimentos futuros que se comparado com o que lhe serviu de base para ser incorporado. E por fim a aprendizagem correlativa, que oferece um novo conteúdo com mesmo potencial no que diz respeito a futuros crescimentos cognitivos relacionados.

Essa sequência didática foi elaborada com base no uso de organizadores avançados, para que, por meio de métodos investigativos, os educandos, mediados pelo professor, aprendam significativamente o conceito de ressonância. Cada atividade que compõe a sequência didática possui um nível de investigação específico. Porém o professor mediador, percebendo o grupo, pode adaptar e, aumentando ou diminuindo a quantidade de informações dadas, possibilitar que o grupo permeie pelos níveis.

Portanto, o objetivo deste trabalho é entregar um modelo de sequência didática que pode ser reestruturado e adaptado para a aprendizagem significativa de conceitos físicos, entendimento de fenômenos naturais ou tecnológicos, sem que o educando domine por completo todas as áreas que estão correlacionadas com o objeto de interesse final e sim desenvolvendo e fazendo uso de habilidades que os permitam alcançar o entendimento proposto.

Capítulo 2

Produto educacional

Aprendizagem significativa do conceito de ressonância por meio de atividades experimentais como organizadores avançados.

2.1 – Descrição do produto educacional

O produto educacional desenvolvido consiste numa sequência didática composta por três momentos pedagógicos, baseada na perspectiva de David Ausubel, que tem como eixo central sua teoria de aprendizagem significativa (TAS). Tal sequência didática está sintetizada no mapa conceitual da figura 1.

O primeiro momento consiste de quatro atividades experimentais tomadas como organizadores avançados na construção ou ativação dos conceitos de conversão e transferência de energia mecânica e do conceito de frequência. Tal delineamento para um ou para outro conceito será guiado pelas perguntas que constarão nos questionários de cada atividade, convenientemente construídas a fim de direcionar o foco, hora para conversão e transferência de energia hora para o conceito de frequência. Como podemos ver no mapa, tais atividades servirão como conceitos subsunçores acima citados, onde as setas verdes indicam ancoragem para o conceito de frequência bem como as vermelhas, ancoragem para o conversão e transporte de energia. As quatro atividades experimentais citadas acima são:

- Atividade experimental A: Pêndulo simples;
- Atividade experimental B: Sistema massa-mola vertical;
- Atividade experimental C: Pêndulo de isopor x diapásão.
- Atividade experimental D: Ventilador com estroboscópio

O segundo momento pedagógico consiste no que Ausubel denomina aprendizagem combinatória, na qual os conceitos de transferência de energia e frequência, são manipulados por meio dos pêndulos acoplados, buscando a construção significativa do conceito primitivo de onda e, posteriormente, ressonância. Desta forma, os estudantes, dotados dos conceitos de frequência e transporte de energia, agora subsunçores, ou seja, potencialmente significativos para a construção do conceito de ressonância, terão uma breve contribuição do professor mediador,

apresentando-lhes o conceito mais primitivo de uma onda. Pretendemos com essa metodologia, dar novos significados aos organizadores avançados, que serão usados de ancoragem para retomada de conceitos, antes vistos em situações mais abstratas, tornando-os agora subsunçores das informações subsequentes.

O terceiro momento pedagógico consiste em duas atividades experimentais seguidas um vídeo para demonstrar uma situação ligada às situações anteriores e também uma sugestão de vídeo educativo sobre o tema deste trabalho. Segundo Ausubel, este conjunto de atividades está relacionada ao que ele chama de aprendizagem subordinada. São situações experimentais que guardam grandes semelhanças entre si e que podem ser explicadas por meio dos conceitos construídos nos momentos pedagógicos 1 e 2. Dizemos subordinada, porque segundo Ausubel, esta aprendizagem acontece quando “uma nova proposição se relaciona com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente”.

Tais atividades experimentais citadas acima são:

- AO4 – Atividade experimental F – Caixa de ressonância com frequências idênticas;
- AO5 – Atividade experimental de simulação G – Ressonância de construções;
- AO6 – Vídeo de Tacoma Narrows bridge;
- AO7 – Vídeo da série Universo Mecânico: Ressonância.

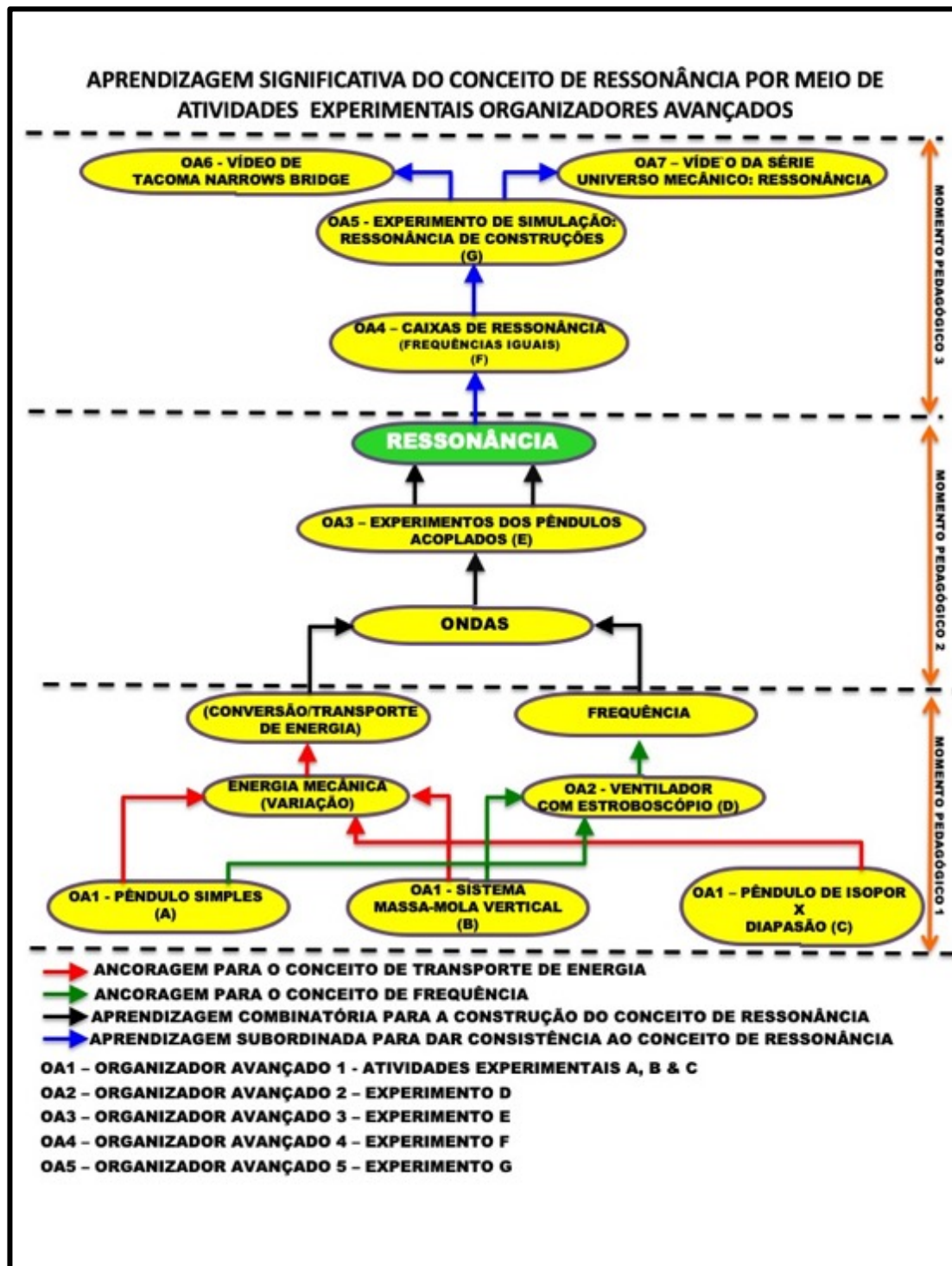


FIG.1 – MAPA CONCEITUAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

2.2 Sequência didática

Os estudantes deverão manipular os aparatos que constituem o primeiro organizador avançado seguindo as orientações previamente estabelecidas pelo professor-mediador. Espera-se que com a interação cognitiva dos estudantes com os aparatos, bem como a troca de saberes durante o processo, onde a mediação do professor terá também importância, acarrete em um enriquecimento nos próprios organizadores, tornando-os mais robustos e consistentes. Assim,

sabemos que a aprendizagem significativa se caracteriza pela *interação cognitiva* entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade. (MOREIRA, 2005, p. 4).

Essa interação entre o novo a ser aprendido e o já conhecido, potencialmente significativo, corporifica-se, no presente produto, em atividades experimentais, sendo estas a ponte segura que possibilita, além da interação aluno-aluno e aluno-professor, autonomia, ludicidade, manipulação ativa e não mecânica, aguçando a curiosidade, motor da construção do conhecimento.

Sabemos que os organizadores avançados podem ir muito além de atividades experimentais, englobando filmes, simulações, jogos, histórias contadas por professores. Neste sentido, procuramos diversificar como pode ser visto no mapa acima, colocando no momento pedagógico 3 algumas dessas possibilidades.

2.2.1 - Primeiro momento pedagógico

Durante esse primeiro momento, os educandos preencherão tabelas com dados coletados ao longo do manuseio dos aparatos e responderão, ao final de cada um dos três momentos pedagógicos, acima descritos, a um questionário específico.

ROTEIRO DO MOMENTO PEDAGÓGICO 1			
EXPERIMENTO	DURAÇÃO	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS
OA1 PÊNDULO SIMPLES	30 min	GRUPO 1 Seguindo as orientações especificadas pelo professor, para o manuseio do pêndulo simples, os estudantes deverão fazer anotações sobre os assuntos que permeiam o experimento e responder um questionário.	Os estudantes devem perceber a semelhança entre os experimentos deste momento pedagógico, dando ênfase para os conceitos de conversão/ transporte de energia e frequência.
OA1 SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL		GRUPO 2 Seguindo as orientações especificadas pelo professor, para o manuseio do sistema massa-mola, os estudantes deverão fazer anotações sobre os assuntos que permeiam o experimento e responder um questionário.	
OA1 PÊNDULO DE ISOPOR X DIAPASÃO		GRUPO 3 Seguindo as orientações especificadas pelo professor, para o manuseio do pêndulo de isopor com o diapasão, os estudantes deverão fazer anotações sobre os assuntos que permeiam o experimento e responder um questionário.	
OA2 VENTILADOR COM ESTROBOSCÓPIO	30 min	Para uma problematização do conceito de frequência associado ao movimento circular uniforme, o professor mediador apresenta o organizador prévio número dois, que consiste em analisar a frequência das hélices de um ventilador com o auxílio de um estroboscópio.	Reforçar o conceito de frequência construído com o auxílio dos organizadores avançados anteriores.

Fonte: elaborado pelo autor.

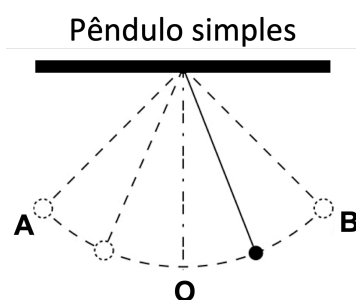
Para concluir a etapa, terão ainda um breve momento para expor suas conclusões e avaliações do momento, fazendo comentários que por alguma razão não coube nos questionários.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO

(Primeiro momento pedagógico)

OA1 "A" - Pêndulo Simples

O estudante será orientado a elevar o pêndulo e abandona-lo, observando seu movimento periódico. Orientar os estudantes a repetirem o procedimento por diversas vezes, variando a amplitude - posição angular em relação ao ponto fixo do fio - do pêndulo, preenchendo de acordo com sua análise as tabelas e respondendo o questionário ambos apresentados no documento abaixo.



Fonte: elaborado pelo autor.

FIG.2 - MODELO DE PÊNDULO SIMPLES

OA1 - PÊNDULO SIMPLES				
PASSO 01. Preencha as células abaixo com os tópicos de física mecânica observados na atividade experimental do pêndulo simples.				
TÓPICOS DE FÍSICA OBSERVADOS				
PASSO 02. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do pêndulo e meça o tempo que o pêndulo leva para sair da posição "A", ir até a posição "B" e retornar à posição "A", repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1				
POSIÇÃO 2				
POSIÇÃO 3				
PASSO 03. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do pêndulo e meça o tempo necessário para se completar três ciclos (A→O→B→O→A) em nas três condições iniciais escolhidas, repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	Tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1				
POSIÇÃO 2				
POSIÇÃO 3				

QUESTIONÁRIO 01 - PÊNDELO SIMPLES

01. No passo 02, você mediu intervalos de tempo para se completar um ciclo ($A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$). Qual grandeza física é representada por esse intervalo de tempo? Como você enunciaria essa grandeza?

RESPOSTA:

02. No passo 03, como podemos saber, pelos dados coletados, quantas oscilações do pêndulo ocorrem no tempo de 1s?

RESPOSTA:

03. Determine o número de oscilações completas ($A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$), a cada segundo de movimento.

RESPOSTA:

04. Qual grandeza física foi determinada no quesito 03 acima? Reescreva o resultado acima explicitando sua intensidade com a respectiva unidade de medida no sistema internacional de unidades.

RESPOSTA:

05. No passo 01 de sua análise, foram citados vários tópicos de física associados à atividade experimental realizada. especifique os tipos de energia associadas às posições A, O e B em cada ciclo do movimento da esfera.

ENERGIAS MECÂNICAS

POSIÇÃO A

POSIÇÃO B

POSIÇÃO C

06. Considerando as energias descritas acima, em cada posição especificada, explique porque as energias são de modalidades distintas.

RESPOSTA:

$A \rightarrow O$

\rightarrow

$O \rightarrow B$

\rightarrow

$B \rightarrow O$

\rightarrow

$O \rightarrow A$

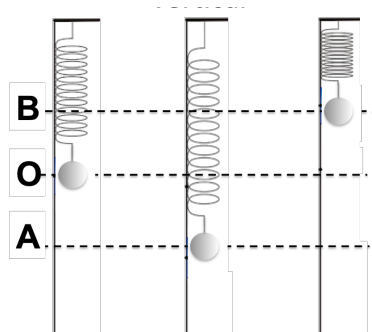
\rightarrow

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO (Primeiro momento pedagógico)

OA1 "B" - Sistema massa-mola vertical

O estudante será orientado a, após verificar o ponto de equilíbrio do sistema, exercer uma força na esfera na direção vertical e para baixo, deformando a mola acoplada à esfera até uma posição específica e abandonar o sistema, verificando o movimento periódico produzido. O professor mediador deverá orientar os estudantes a repetirem o procedimento por diversas vezes, variando a amplitude - posição em relação ao ponto de equilíbrio da esfera - do sistema, preenchendo de acordo com sua análise as tabelas e respondendo o questionário, ambos apresentados no documento abaixo.

Sistema massa-mola vertical



Fonte: elaborado pelo autor.

FIG.3 - MODELO DE SISTEMA MASSA-MOLA

OA1 - SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL				
PASSO 01. Preencha as células abaixo com os tópicos de física mecânica observados na atividade experimental do pêndulo simples.				
TÓPICOS DE FÍSICA OBSERVADOS				
PASSO 02. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do sistema e meça o tempo que a esfera leva para sair da posição "A", ir até a posição "B" e retornar à posição "A", repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1				
POSIÇÃO 2				
POSIÇÃO 3				
PASSO 03. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do sistema e meça o tempo necessário para se completar três ciclos (A→O→B→O→A) nas três condições iniciais escolhidas, repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	Tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1				
POSIÇÃO 2				
POSIÇÃO 3				

QUESTIONÁRIO 02 - SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL

01. No passo 02, você mediu intervalos de tempo para se completar um ciclo ($A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$). Qual grandeza física é representada por esse intervalo de tempo? Como você enunciaria essa grandeza?

RESPOSTA:

02. No passo 03, como podemos saber, pelos dados coletados, quantas oscilações do sistema massa-mola ocorrem no tempo de 1s?

RESPOSTA:

03. Determine o número de oscilações completas ($A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$), a cada segundo de movimento.

RESPOSTA:

04. Qual grandeza física foi determinada no quesito 03 acima? Reescreva o resultado acima explicitando sua intensidade com a respectiva unidade de medida no sistema internacional de unidades.

RESPOSTA:

05. No passo 01 de sua análise, foram citados vários tópicos de física associados à atividade experimental realizada. especifique os tipos de energia associadas às posições A, O e B em cada ciclo do movimento da esfera.

	ENERGIAS MECÂNICAS
POSIÇÃO A	
POSIÇÃO O	
POSIÇÃO B	

06. Considerando as energias descritas acima, em cada posição especificada, explique porque as energias são de modalidades distintas.

RESPOSTA:

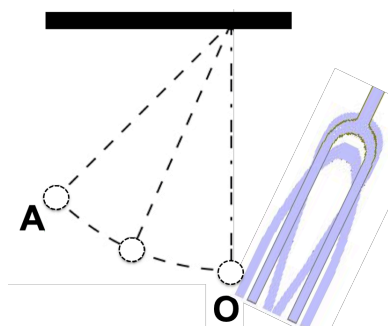
A \rightarrow O	\rightarrow
O \rightarrow B	\rightarrow
B \rightarrow O	\rightarrow
O \rightarrow A	\rightarrow

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/QUESTIONÁRIO/COMENTÁRIOS (Primeiro momento pedagógico)

OA1 "C" - Pêndulo simples de isopor x Diapasão

O estudante será orientado a, após verificar o ponto de equilíbrio do pêndulo, atacar o diapasão com um martelinho de borracha, fazendo-o vibrar, e em seguida, aproximar o pêndulo de isopor, lentamente até que se toquem. O professor mediador deverá orientar os estudantes a repetirem o procedimento por diversas vezes, variando a amplitude do pêndulo - posição em relação ao ponto de equilíbrio da esfera de isopor - do pêndulo, fazendo comentários a cerca do que acontece com a esfera de isopor e respondendo o questionário, apresentado no documento abaixo.

Pêndulo Simples de isopor X Diapasão



Fonte: elaborado pelo autor.

FIG.4 - MODELO DE PÊNDULO SIMPLES DE ISOPOR X DIAPASÃO

OA1 - PÊNDULO SIMPLES DE ISOPOR X DIAPASÃO

PASSO 01. Golpear o diapasão e observar os efeitos.

PASSO 02. Golpear o diapasão com o martelo de borracha, encostar delicadamente o mesmo no pêndulo de isopor e observar os efeitos.

**QUESTIONÁRIO 03 - PÊNDULO SIMPLES DE ISOPOR X
DIAPASÃO**

01. O que acontece com o diapasão após ser golpeado com o martelinho de borracha?

RESPOSTA:

02. Qual o tipo de energia é adquirida pelo diapasão após ser golpeado?

RESPOSTA:

03. Com o pêndulo na posição de equilíbrio, após o toque da esfera de isopor com o diapasão recentemente golpeado, o que acontece com ambos, esfera e diapasão? O que explica esse resultado?

RESPOSTA:

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 1)

Disserte sobre as atividades experimentais vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nas tabelas e questionários.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/COMENTÁRIOS **(Primeiro momento pedagógico)**

OA2 - Ventilador com estroboscópio

Esse organizador avançado necessita que o professor-mediador faça uma breve explicação sobre o estroboscópio, aparelho este possivelmente desconhecido por parte dos alunos, bem como deverá fazer uma breve explicação de como enxergamos os objetos. Após a explicação, o professor mediador irá apresentar um ventilador previamente ligado, onde irá conter uma frase escrita nas suas hélices. Frase esta que não será possível ser lida pelos estudantes sem auxílio do estroboscópio. O professor-mediador então, liga o estroboscópio e ajusta sua frequência de modo que fique idêntica à frequência de rotação das hélices do ventilador, tornando possível a leitura da frase escrita. Baseados nos conceitos e nas relações estabelecidas entre esses conceitos durante as atividades experimentais anteriores, os estudantes descrevam o comportamento físico desta atividade experimental.

Antes de realizar a atividade, o professor deve fazer um questionamento relacionada à óptica geométrica. Pergunta-se: O que nos torna capazes de ver objetos? O professor deve explicar que os objetos são vistos devido à reflexão difusa da luz que os atinge.

OA2 - VENTILADOR COM ESTROBOSCÓPIO
Observar a demonstração experimental executada pelo professor-mediador discutir e registrar suas conclusões.

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

Baseados nos conceitos e nas relações estabelecidas entre esses conceitos durante as atividades experimentais anteriores, descrevam o comportamento físico desta atividade experimental. O que nos torna capazes de enxergar as hélices do ventilador paradas?

2.2.2 - Segundo momento pedagógico

No segundo momento pedagógico o professor-mediador se aproveita das conclusões dos estudantes a cerca dos conceitos de transporte de energia e frequência e faz uma breve explicação do conceito mais primitivo de ondas, explicitando que existem apenas duas formas de se transferir energia, ou pela realização de trabalho ou por meio de ondas. Em seguida os alunos manipulam um aparato de pêndulos acoplados, com o intuito de associar o que foi construído no primeiro momento pedagógico, com o movimento do sistema de pêndulos, que podem possuir mesmo comprimento ou comprimentos diferentes. Os estudantes preencherão tabelas e responderão ao questionário correspondente à atividade experimental.

ROTEIRO DO MOMENTO PEDAGÓGICO 2			
EXPERIMENTO	DURAÇÃO	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS
OA3 SISTEMA DE PÊNDULOS SIMPLES ACOPLADOS	30min	Seguindo as orientações especificadas pelo professor, para o manuseio do sistema de pêndulos simples acoplados, os estudantes deverão fazer anotações sobre os assuntos que permeiam o experimento e responder um questionário.	Os estudantes devem inicialmente perceber a variação de energia associada a cada pêndulo. Posteriormente, deverão perceber que a diminuição da energia de um dos pêndulos está associada ao aumento de energia de um outro. Por fim, espera-se que os alunos concluam que a energia é, em sua quase totalidade, trocada entre pêndulos de comprimentos semelhantes, o que demonstra o conceito de ressonância.

Fonte: elaborado pelo autor.

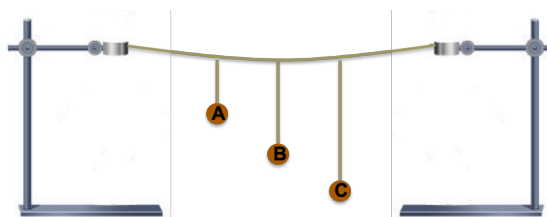
Ao fim da análise da atividade experimental, o professor orientador solicita que os estudantes dissertem sobre a atividade experimental e revela que o fenômeno estudado, é chamado de ressonância, culminando a sequência didática pretendida. Para concluir a etapa, terão ainda um breve momento para expor suas conclusões e avaliações do momento, enunciando com suas próprias palavras o conceito que define o fenômeno da ressonância.

**ORIENTAÇÕES
ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO/COMENTÁRIOS
(Segundo momento pedagógico)**

OA3 - Sistema de Pêndulos Simples acoplados

O terceiro organizador avançado, consiste em um sistema de pêndulos acoplados, que demonstrará a relação entre transmissão de energia e os comprimentos dos pêndulos. O estudante será orientado a elevar um dos pêndulos e abandona-lo, observando seu movimento periódico. O estudante deverá apenas se ater ao que acontece, do ponto de vista energético com cada um dos pêndulos do sistema. Orientar os estudantes a repetirem o procedimento por diversas vezes, até que percebam cada uma das etapas previstas nos objetivos. Para chegarem aos objetivos esperados, terão auxílio de orientações específicas, tabelas e questionário, como apresentados no documento abaixo.

Sistema de pêndulos acoplados



Fonte: elaborado pelo autor.

FIG.5 - MODELO DO SISTEMA DE PÊNDULOS ACOPLADOS

OA3 - SISTEMA DE PÊNDULOS ACOPLADOS	
PASSO 01. Perturbe o pêndulo "A", elevando o mesmo e o abandonando, permitindo sua livre oscilação e observe seu movimento bem como o comportamento dos pêndulos "B" e "C",	
Descreva o que se observa nos pêndulos "A ", "B" e "C",	
A	
B	
C	
PASSO 02. Aumente o comprimento do pêndulo "A", igualando-o ao pêndulo B e repita o PASSO 01.	
Descreva o que se observa nos pêndulos "A ", "B" e "C",	
A	
B	
C	

QUESTIONÁRIO 04 - SISTEMA DE PÊNULO ACOPLADOS

01. No passo 01, você perturbou o pêndulo "A", realizando um trabalho sobre ele, ou seja, fornecendo energia ao mesmo. Após abandoná-lo, o que aconteceu com essa energia após alguns segundos?

RESPOSTA:

02. No mesmo passo 01, você não perturbou os pêndulos "B" e "C". O que aconteceu com eles, do ponto de vista energético?

RESPOSTA:

03. No passo 02, você, após igualar os comprimentos dos pêndulos "A" e "B", voltou a perturbar o pêndulo "A", realizando um trabalho sobre ele, ou seja, fornecendo energia ao mesmo. Após abandoná-lo, o que aconteceu com essa energia após alguns segundos?

RESPOSTA:

04. No mesmo passo 02, você não perturbou os pêndulos "B" e "C". O que aconteceu com eles, do ponto de vista energético?

RESPOSTA:

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 2)

Disserte sobre as atividades experimentais vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nas tabelas e questionários.

DEFINIÇÃO DO CONCEITO CONSTRUÍDO

Escreva com suas palavras a definição do conceito construído a cerca do fenômeno estudado na atividade experimental.

NOME DO FENÔMENO: _____

DEFINIÇÃO:

2.2.3 - Terceiro momento pedagógico

O terceiro momento pedagógico tem como objetivo, a *aprendizagem subordinante*, que se dará por meio de atividades experimentais realizadas pelo professor-mediador com participação dos alunos, para ativar os conceitos mecânicos de transporte de energia e frequência.

A aprendizagem subordinante ocorre quando uma nova proposição se pode relacionar ou com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente, ou com um vasto conjunto de ideias antecedentes geralmente relevantes da estrutura cognitiva, que se podem subsumir de igual modo. (AUSUBEL, 2003, p. 3).

Como neste momento pedagógico, traremos organizadores avançados que envolvem ondas de natureza sonora, o professor mediador fará uma breve explicação de como o som se propaga.

ROTEIRO DO MOMENTO PEDAGÓGICO 3			
EXPERIMENTO	DURAÇÃO	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS
OA4 CAIXAS DE RESSONÂNCIA (frequências idênticas)	20 min	Neste organizador avançado, o professor-mediador perturbará uma caixa de ressonância que estará de frente para outra caixa idêntica. Depois repetirá o processo colocando o pêndulo de isopor em contato com o segundo diapasão.	Verificar que a energia de vibração foi passada de um diapasão para o outro e posteriormente para a esfera de isopor, aumentando sua amplitude de vibração.
OA5 EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO: Ressonância de construções	20 min	Neste organizador avançado, o professor-mediador possui um aparato que fará uma simulação de construções que são abaladas por terremotos.	Verificar que as dimensões das estruturas são diferenciais nos impactos causados por ondas mecânicas produzidas pelos terremotos.
OA6 VÍDEO DE TACOMA NARROWS BRIDGE	10 min	O professor-mediador agora apresenta o vídeo da ponte de Tacoma Narrows que ruiu devido à ressonância da estrutura com a vibração dos ventos.	Verificação do fenômeno da ressonância na destruição da ponte.
OA7 VÍDEO DA SÉRIE UNIVERSO MECÂNICO	30 min	Um vídeo que retoma o conceito de ressonância de maneira mais poética.	Enriquecer o conhecimento dos estudantes e aguçar a curiosidade dos mesmos a respeito dos tópicos de ondulatória.

Fonte: elaborado pelo autor.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO (Terceiro momento pedagógico)

OA4 - Caixas de ressonância (frequências idênticas)

As caixas de ressonância são acopladas a diapasões de frequência de 256 Hz e serão utilizadas de acordo com as orientações específicas descritas no documento abaixo.

Caixas de ressonância com diapasões acoplados



FIG.6 - MODELO DAS CAIXAS DE RESSONÂNCIA COM DIAPASÕES ACOPLADOS

https://www.3bscientific.com.br/par-de-diapasoes-de-440-hz-sobre-caixas-de-ressonancia-1002612-u10120-3b-scientific,p_437_674.html (acesso em 17/12/18)

OA4 - CAIXAS DE RESSONÂNCIA

PASSO 01. O professor-mediador apresenta as caixas de ressonância aos estudantes demonstrando como deve ser perturbado o diapasão. Após perturbar um dos diapasões, cujas caixas estão posicionadas uma de frente para outra, pede para os alunos anotarem o que perceberam com a demonstração, fazendo referências ao que foi verificado nos momentos pedagógicos 1 e 2.

Passo 02. Repita o passo 01, mas dessa vez faça o pêndulo de isopor entrar em contato com o segundo diapasão, não perturbado, e relate mais uma vez o que perceberam, dando ênfase ao que foi construído nos momentos pedagógicos 1 e 2.

QUESTIONÁRIO 05 - CAIXAS DE RESSONÂNCIA COM PÊNDULO DE ISOPOR

01. No passo 01, o que acontece com a energia adquirida pelo diapasão após ser golpeado com o martelo de borracha? Explique o fato.

RESPOSTA:

02. No passo 02, o que acontece com a esfera de isopor? Explique o fato.

RESPOSTA:

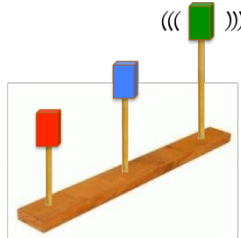
CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

Disserte sobre a atividade experimental vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nos conceitos recém construídos.

OA5 - Experimento de simulação: Ressonância de construções

Os estudantes serão orientados a manipularem o aparato que simula o impacto de terremotos em edifícios com dimensões distintas.

Experimento de Simulação: ressonância de construções



Fonte: elaborado pelo autor.

FIG.7 - MODELO DA SIMULAÇÃO DOS IMPACTOS DE TERREMOTOS EM CONSTRUÇÕES

OA5 - EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO: RESSONÂNCIA DE CONSTRUÇÕES

PASSO 01. Deslize a base do aparato, em movimentos cíclicos unidimensionais ao longo do seu comprimento, tentando manter a frequência constante.

PASSO 02. Repita o PASSO 01, agora com uma frequência maior.

PASSO 03. Repita o processo, agora com uma frequência ainda maior.

**QUESTIONÁRIO 06 - EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO:
RESSONÂNCIA DE CONSTRUÇÕES**

01. No passo 01, quantos e quais os pêndulos foram abalados pela perturbação na base do aparato?

--

02. No passo 02, quantos e quais os pêndulos foram abalados pela perturbação na base do aparato?

--

03. No passo 03, quantos e quais os pêndulos foram abalados pela perturbação na base do aparato?

--

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 3)

Disserte sobre a atividade experimental vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nos conceitos recém construídos.

OA6 - Vídeo de Tacoma Narrows Bridge

Os estudantes assistirão um vídeo que mostra o real impacto do fenômeno da ressonância na ponte de Tacoma Narrows , causando seu rompimento (<https://www.youtube.com/watch?v=j-zczJXSxw&t=279s>) . Abre-se uma rodada de pergunta e dúvidas.

OA7 - Vídeo da série universo mecânico – Episódio 17 - Ressonância

O professor orientador irá sugerir que os estudantes assistam o episódio da série que trata do conceito de ressonância (<https://www.youtube.com/watch?v=UcdDymOznPY&t=86s>) . Um filme que aborda não só os exemplos vivenciados na aula, como também outras aplicações do conceito.

Capítulo 3

Aplicação do produto

A aplicação do produto foi direcionada a um grupo de alunos do primeiro ano do ensino médio. Nesta oportunidade, um grupo de 12 alunos, cujo conteúdo vivenciado pelos mesmos durante o ano letivo se resumiu à mecânica newtoniana. Espera-se que utilizando este produto, o professor mediador tenha sucesso no entendimento, por parte dos estudantes, do conceito de ressonância, que somente é mencionado no último ano do ensino médio, durante os estudos de ondulatória.

Momentos antes do início do primeiro momento pedagógico, foi feita uma explicação geral para os alunos, do que se espera com o projeto pedagógico, a importância da seriedade durante os momentos pedagógicos e, principalmente, o sentimento de protagonizar cada um dos momentos pedagógicos. Não foi mencionado para os estudantes nada sobre ressonância, apenas foi externado que tal atividade vai permear por vários tópicos de física que dão subsídio para o aprendizado significativo de um fenômeno físico e alguns entendimentos das consequências desse fenômeno no cotidiano.

3.1 Primeiro momento pedagógico

Os alunos foram então divididos aleatoriamente em três grupos que inicialmente fariam atividades diferentes, mas que aconteceriam simultaneamente e que seriam explicadas por cada grupo abrindo a primeira rodada de discussões. O material usado em cada atividade experimental estava disposto sobre as mesas e cada estudante foi se aproximando dos aparatos e intuitivamente escolhendo seus lugares. O professor-mediador então, fez uma breve orientação para que seguissem os roteiros distribuídos, relativos a cada atividade experimental.

3.1.1 - OA1 "A" - Pêndulo Simples

A atividade experimental OA1 "A", aplicada ao primeiro subgrupo, consiste em um pêndulo simples como da figura 2, onde os estudantes seguindo o roteiro fornecido, fizeram uma análise prévia de possíveis assuntos a serem discutidos durante o manuseio dos aparatos, realizaram medidas de intervalos de tempos para se completar ciclos, variando por três vezes a amplitude pendular e verificando se houve

mudanças expressivas nos tempos medidos. Mediram também para três amplitudes diferentes os intervalos de tempo necessários para que o pêndulo completasse três ciclos. Registraram as previsões e dados coletados na tabela fornecida.

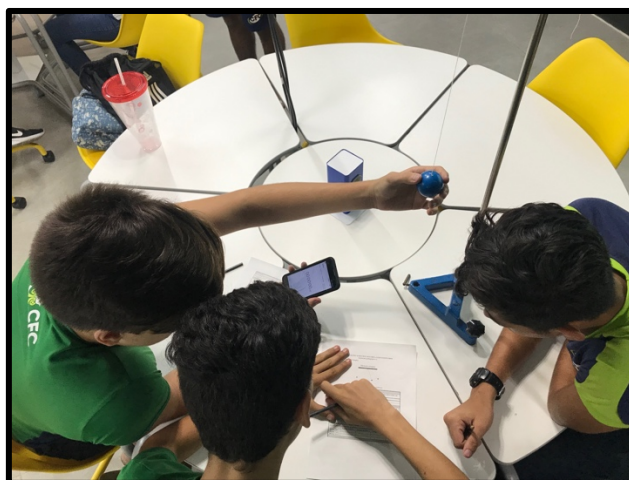


FIG. 8

A intenção de fazê-los medir os tempos de cada um dos ciclos teve o objetivo de resgatar o conceito de período, trabalhado no estudo de movimentos circulares meses antes. O professor-mediador pode, se necessário, fazer uma pequena interferência chamando atenção para uma melhor exploração do movimento circular, para que ancorem conceitos básicos relativos ao movimento curvilíneo citado, porém optou pela preferência de esperar pelo resultado do questionário que viria a seguir.

Após a discussão interna do pequeno grupo, os estudantes responderam o questionário relativo à atividade experimental. O questionário continha perguntas que direcionavam seus raciocínios para dois conceitos subsunçores, conversão/transporte de energia mecânica e frequência. A tabela e o questionário da atividade constam no capítulo 2 deste trabalho.



FIG. 9

As primeiras perguntas do questionário foram direcionadas à ancoragem do conceito de frequência. Seguindo o questionário como instrumento norteador, os alunos foram levados a analisarem o movimento da esfera dando ênfase aos tipos de energia associadas em cada ponto descrito no esquema, bem como às conversões energéticas envolvidas na oscilação do pêndulo.

Ao fim do manuseio, discussão, preenchimento de tabelas e questionários, o grupo apresentou a atividade experimental e suas conclusões para os demais grupos.

3.1.2 - OA1 "B" - Sistema massa-mola

A atividade experimental OA1 "B" aplicada ao segundo subgrupo, consiste em um sistema massa-mola como da figura 3, onde os estudantes, seguindo o roteiro fornecido, fizeram uma análise prévia de possíveis assuntos a serem discutidos durante o manuseio dos aparatos, realizaram medidas de intervalos de tempos para se completar ciclos, variando por três vezes a elongação da mola e verificando se houve mudanças expressivas nos tempos medidos. Mediram também, para três amplitudes diferentes, os intervalos de tempo necessários para que a massa do sistema completasse três ciclos. Registraram as previsões e dados coletados na tabela fornecida.

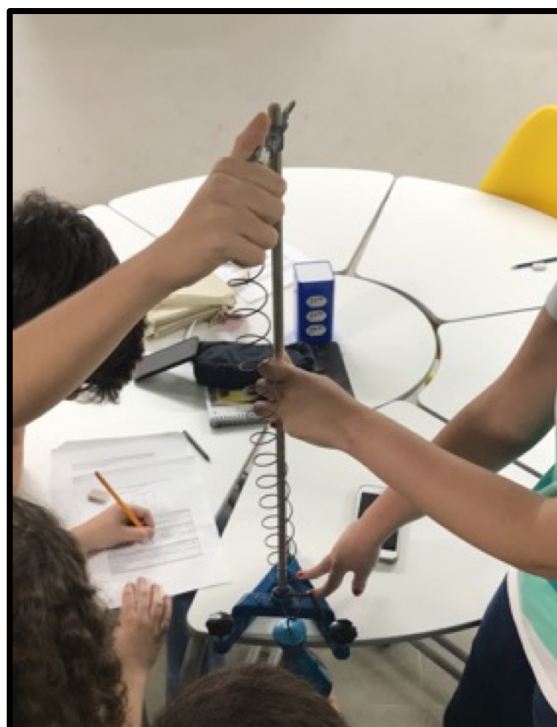


FIG. 10

A intenção nessa atividade de fazê-los medir os tempos de cada um dos ciclos tinha o objetivo de resgatar o conceito de período, trabalhado no estudo de movimentos circulares meses antes. Mais uma vez o professor-mediador, se achar necessário, pode intervir de maneira mais expressiva, visto que a associação do sistema massa-mola com o movimento circular uniforme não era tão evidente, exceto pelo fato de ambos tratarem de movimentos periódicos. No caso que estamos tratando, optamos por deixá-los discutindo sobre a atividade sem maiores interferências e assim os estudantes seguiram as orientações específicas chegando ao momento de responder o questionário proposto. O questionário continha perguntas que direcionavam seus raciocínios para dois conceitos subsunçores, conversão/transporte de energia mecânica e frequência. A tabela e o questionário da atividade constam no capítulo 2 deste trabalho.

As questões iniciais do questionário foram respondidas com o intuito de resgatar também os conceitos de período e frequência. Os quesitos seguintes, assim como na atividade experimental do pêndulo, foram respondidos seguindo um eixo central definido pelos tipos de energia associadas em cada ponto descrito no esquema, bem como as conversões energéticas envolvidas na oscilação do sistema.

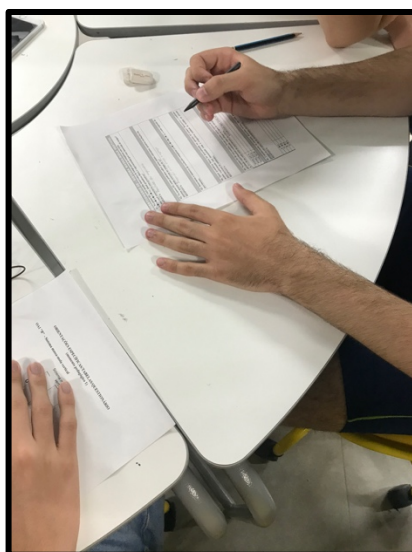


FIG. 11

Ao fim do manuseio, discussão, preenchimento de tabelas e questionários, o grupo apresentou a atividade experimental e suas conclusões para os demais grupos.

3.1.3 - OA1 "C" - Pêndulo simples de isopor X diapasão

A terceira atividade experimental OA1 "C", foi um pêndulo com esfera de isopor em equilíbrio estático e um diapasão livre de suporte, golpeado com martelo de borracha. Inicialmente, um estudante seguindo o roteiro fornecido pelo professor-mediador, golpeou o diapasão com o martelo de borracha e o observou, percebendo as consequências do golpe. As percepções imediatas são relativas à vibração do diapasão, que por mais que não tenha sido percebido pelos demais integrantes do grupo que estudou o aparato, é percebida pelo aluno que manuseou o instrumento. Os educandos conversaram e discutiram como associar a vibração do diapasão aos seus conhecimentos prévios. Orientados ainda pelo roteiro, repetiram o ato de golpear o diapasão e aproximaram o mesmo à esfera de isopor que compõe o pêndulo em equilíbrio, com certo cuidado e delicadeza.

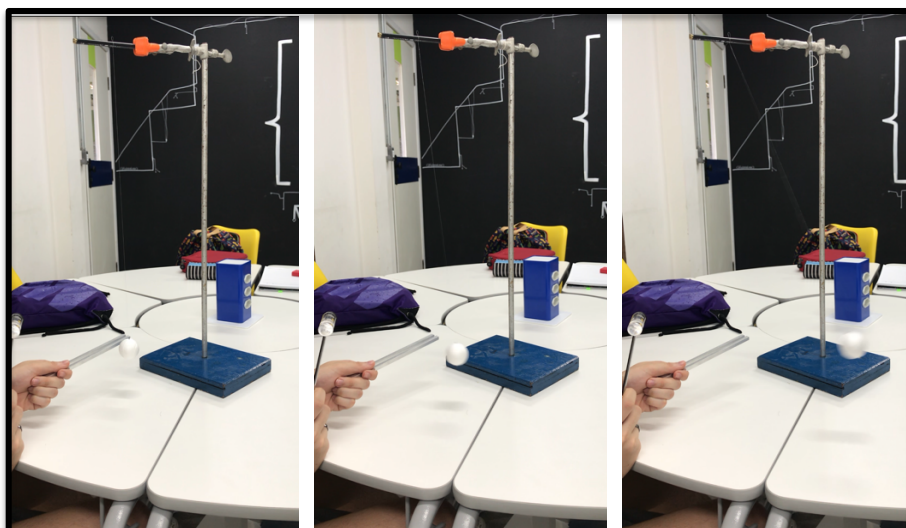


FIG. 12

Para atingir o objetivo da atividade experimental, o professor-mediador problematizou a atividade, questionando sobre a origem da energia adquirida pela esfera, pois o intuito do organizador avançado é chegar à ideia de transporte de energia. Os alunos repetiram o processo algumas vezes, discutiram e anotaram suas conclusões.

Em seguida responderam o questionário que os guiou para o objetivo final da atividade, que nesse caso foi apenas perceber que a energia mecânica, de certa forma, foi transferida do diapasão para a esfera de isopor.

Ao fim do manuseio, discussão, preenchimento do questionário, o grupo apresentou a atividade experimental e suas conclusões para os demais grupos.

3.1.4 – Conclusões do OA1

Finalizando as discussões das três atividades experimentais, o professor pediu que os estudantes dissertassem sobre as atividades realizadas para assim complementar sua análise no que diz respeito ao OA1. Um material foi entregue para cada grupo. Os alunos se organizaram e escreveram o que assimilaram tanto no desenvolvimento da própria atividade quanto na atividade compartilhada pelos colegas. O professor recolheu e no mesmo momento teceu comentários sobre suas afirmações.

3.1.5 – OA2 – Ventilador com estroboscópio

Após a explicação por parte dos estudantes, finalizando a etapa que manusearam e investigaram as atividades experimentais, o professor-mediador realizou uma atividade demonstrativa para reforçar o conceito de frequência, ancorado nas atividades anteriores. Utilizando um ventilador com sua hélice em alta rotação, onde a palavra “Física” está pintada e um estroboscópio, o professor solicitou aos estudantes que observassem a hélice do ventilador em duas situações distintas. Na primeira, as pás do ventilador rotacionam velozmente e são percebidas, sob a luz do ambiente, como mostra a figura 13. O professor então, pediu nesta condição, que os alunos lessem a palavra pintada na hélice. A segunda condição é diferente da primeira só no que diz respeito à luz que iluminou o ventilador, agora, proveniente do estroboscópio, que pisca com uma certa frequência.



FIG. 13

O professor ajustou a frequência do estroboscópio de modo que a palavra pintada apareceu estática para os alunos, como mostra a figura 14, deixando-os inquietos sob aquela condição.

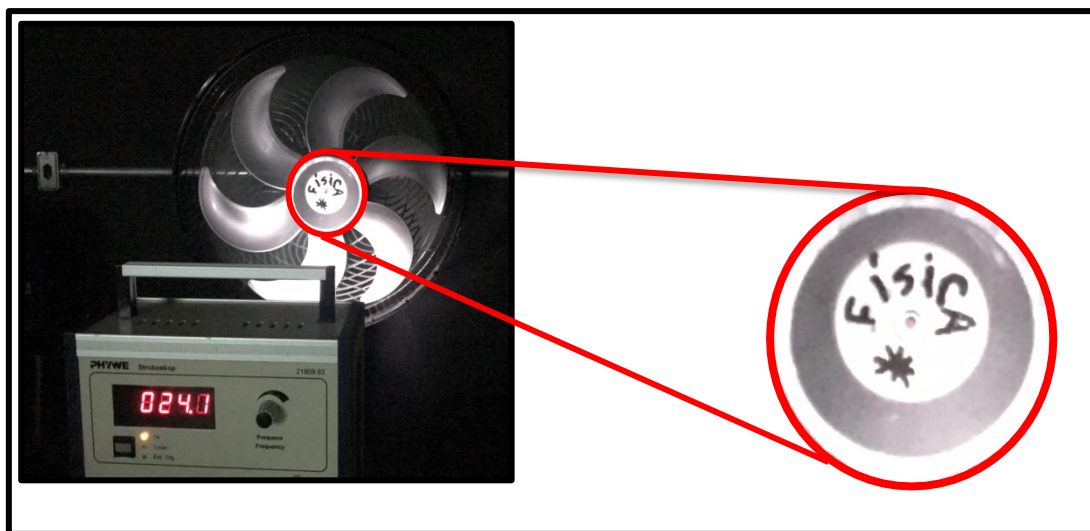


FIG. 14

Questionou então os estudantes o que explicava tal situação. Abriu-se o espaço para suas colocações, e eles, entre si e juntamente com o professor mediador, chegaram a uma conclusão, baseado nos conceitos vivenciados anteriormente.

3.2 Segundo momento pedagógico

O segundo momento pedagógico, se inicia com uma breve explicação do conceito de ondas, visto que a energia transportada a ser analisada no fenômeno da ressonância, será de natureza ondulatória. O professor-mediador então se restringe a explicar a natureza das ondas e exemplificar algumas aplicações.

Devidamente esclarecido o papel energético de uma onda, o segundo momento pedagógico teve continuidade, com a apresentação do aparato que compõe a atividade seguinte, o organizador avançado 3.

3.2.1 – OA3 – Sistema de pêndulos simples acoplados

Consiste em um sistema de três pêndulos de comprimentos inicialmente distintos.



FIG. 15

O professor convocou três estudantes para manusearem o aparato da atividade experimental OA3. Dois estudantes seguraram a base dos suportes universais enquanto o terceiro seguiu as orientações específicas fornecidas. Com os três pêndulos em equilíbrio estático, o estudante seguindo o passo 1, elevou o pêndulo de menor tamanho, e o abandonou, permitindo sua livre oscilação. O estudante repetiu o processo algumas vezes sempre partindo da situação dos três pêndulos em equilíbrio estático. Os demais estudantes observaram o que aconteceu com os três pêndulos e relataram o que viram. O aluno que manuseou inicialmente o aparato, registrou as observações e leu o passo 2 das orientações.



FIG. 16

Seguindo o passo 2, o estudante aumentou o comprimento do menor pêndulo, igualando-o ao comprimento do pêndulo seguinte. Elevou o mesmo fornecendo-lhe certa amplitude e o abandonou permitindo sua livre oscilação. Repetiu o procedimento por mais algumas vezes, dando oportunidade que todos os alunos observassem o que ocorreu com os demais pêndulos e tirassem suas conclusões.



FIG. 17

Depois de uma discussão sobre a atividade realizada, os estudantes em conjunto responderam o questionário proposto, e em seguida descreveram a relevância do momento pedagógico 1 vivido anteriormente, para o momento pedagógico 2.

Logo em seguida, o professor-mediador revelou o nome do fenômeno associado à atividade OA3 e pediu que os alunos enunciassem com suas palavras o conceito de ressonância presenciado naquele momento.

3.3 Terceiro momento pedagógico

O terceiro momento pedagógico possibilitou um novo aprendizado associado ao que foi desenvolvido no estudante, no decorrer dos momentos anteriores. O momento agora demonstrou duas aplicações do conceito de ressonância, que teve o objetivo de tornar o aprendizado mais significativo. Estas aplicações estão relacionadas com os resultados obtidos nas atividades anteriores, por isso a aprendizagem é denominada subordinada.

3.3.1 – OA4 – Caixas de ressonância (frequências idênticas)

O início do terceiro momento pedagógico se deu com o esclarecimento de como o som, quanto onda mecânica, se propaga nos meios materiais.

Feito isso, o professor-mediador golpeia o diapasão encrostado na caixa de madeira com um martelo de borracha e produz o som referente ao instrumento, fazendo assim a devida apresentação do aparato.

O primeiro passo das orientações foi colocar as duas caixas de ressonância com seus respectivos diapasões, idênticos, uma de frente para a outra, e golpear o primeiro instrumento para observar os efeitos produzidos. O professor então repete o processo, mas desta vez imediatamente após perturbar o diapasão, cessa com suas mãos a vibração do mesmo. Diante do ocorrido, pediu para que os alunos opinassem sobre o fato. Os estudantes esboçaram suas conclusões e o professor realizou então o segundo passo das orientações.

O segundo passo foi colocar as caixas ressonantes uma diante da outra, mas desta vez com o pêndulo de isopor levemente encostado no diapasão que não seria golpeado pelo martelo.



FIG. 18

Antes de perturbar o primeiro diapasão e verificar as consequências, o professor-mediador perguntou para os meninos e meninas o que eles esperavam que fosse acontecer. Os meninos discutiram rapidamente e fizeram suas suposições sobre o que lhes foi questionado. O professor então bate mais de uma vez no diapasão com o martelo de borracha, permitindo aos estudantes avaliarem as consequências. Os estudantes manusearam o aparato repetindo o procedimento indicado, analisaram e compararam com suas previsões.



FIG. 19

Os alunos juntos foram orientados a construírem respostas para o questionário da atividade experimental bem como uma breve conclusão.

3.3.2 – OA5 – Experimento de simulação: Ressonância de construções

Ainda com o intuito tornar mais robusto o conceito construído pelos estudantes, o professor-mediador lhes apresenta uma atividade experimental e demonstrativa, que simula uma onda sísmica atingindo uma região com edificações de dimensões diferentes. O aparato consiste em uma base de madeira com três furos onde se encaixam três varetas de madeira, de comprimentos distintos e blocos de madeira encaixados nas outras extremidades.



FIG. 20

Para simular como um terremoto pode proporcionar consequências diferentes para as diferentes construções, o professor com a ajuda dos estudantes, atribuem à base do aparato, uma frequência de oscilação na direção do seu comprimento. Inicialmente os estudantes oscilam lentamente a base, estabilizando a frequência quando uma das hastes começa a vibrar, aumentando sua amplitude.

Com as hastes novamente em paradas, o professor pediu para os estudantes começarem um movimento de oscilação já com uma frequência superior à anterior e a manter constante assim que perceberem uma das hastes aumentando sua amplitude de vibração.

Por fim, o professor solicitou que fizessem novamente o procedimento, porém com uma frequência ainda maior, e verificassem qual das hastes vibraria com maior intensidade.

Os alunos observaram a atividade, fizeram suas pontuações ao longo da atividade e posterior a ela. Em seguida os alunos responderam o questionário associado à atividade que presenciaram e escreveram alguns comentários a cerca da simulação.

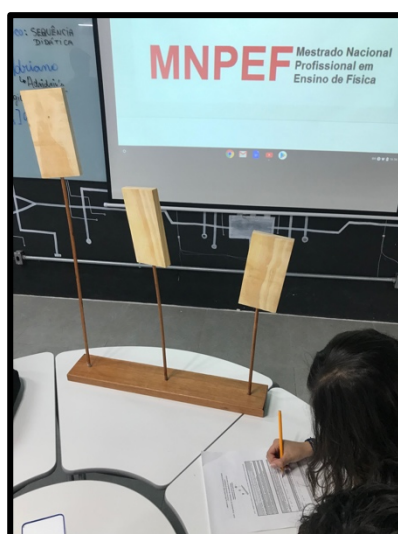


FIG. 21

3.3.3 – OA6 – Vídeo de Tacoma Narrows Bridge

O organizador avançado anterior, simulou os impactos do fenômeno da ressonância que se verifica em um terremoto, sobre grandes estruturas. Com o vídeo da ponte de Tacoma Narrows que ruiu ao ser atingida por ventos de 64 km/h e que provavelmente um dos fatores determinantes foi o fenômeno da ressonância devido a esses fortes ventos, os estudantes puderam visualizar outra uma outra fonte de ondas que provocaram o fenômeno que resultou em um desastre. A cena foi apresentada sem qualquer explicação prévia, permitindo que os alunos fizessem suas próprias análises e comentários, livres da intervenção do professor. Somente depois da conversa entre eles, o professor-mediador teceu comentários que alinhavam os raciocínios do grupo.

3.3.4 – OA7 – Vídeo da série universo mecânico – Episódio 17 - Ressonância

A sugestão feita pelo professor é que assistam o vídeo com o intuito de ampliar a compreensão do conceito de ressonância que construíram por meio de novas fontes.

Capítulo 4

Análise de dados

Este trabalho tendo como produto educacional uma sequência didática baseada na aprendizagem significativa de David Ausubel, se faz necessário uma análise inicialmente fracionada, passando por cada momento pedagógico, para que posteriormente, ao final da análise do terceiro momento pedagógico, se avalie como um todo a sequência sugerida, atribuindo juízo de valor com ares de conclusão.

Tal sequência foi pensada e construída pensando em utilizar inicialmente alguns conhecimentos prévios dos estudantes, visando torná-los mais consistentes com as atividades experimentais organizadores avançados propostas.

É de extrema relevância citar antecipadamente às conclusões, que o estudante produz e verbaliza mais significativamente durante suas conclusões orais que nas conclusões escritas tanto nas respostas dos questionários como no preenchimento das tabelas, instrumentos esses que comparados aos aparatos e aos debates, se tornam pouco atrativos.

4.1 - Primeiro momento pedagógico

Os subgrupos foram divididos aleatoriamente, de maneira que os estudantes se sentiram confortáveis com suas escolhas. Com os aparatos montados sobre as mesas, os estudantes já se mostravam curiosos com o que viam. A falta de intimidade com os aparatos por si só já proporcionou questionamentos interessantes do ponto de vista do interesse no aprender e do se sentir parte do processo.

Os momentos pedagógicos foram idealizados de modo que se interligassem da melhor forma possível, mantendo o estudante conectado com o eixo central da sequência didática.

4.1.1 - OA1 "A" - Pêndulo Simples

Ao iniciarem a atividade experimental, seguindo as orientações do roteiro, os alunos especularam sobre Leis de Newton, trabalho, resultante centrípeta, movimento circular e sobre as energias potencial e cinética associada à esfera. Passo 1 concluído com êxito, visto que a intenção do processo era focar nos contextos de energia mecânica e conceitos básicos atribuídos ao movimento circular uniforme, ambos previamente conhecidos por eles. No Passo 2 do roteiro, os estudantes ao medirem os

tempos de oscilação do pêndulo nas posições escolhidas por eles, anotaram os resultados e fizeram uma breve análise, percebendo pequenas diferenças nos valores encontrados. Fizeram também no passo 3, para três amplitudes diferentes, as medições de tempos necessários para três oscilações seguidas, repetindo por três vezes as medições e tirando as médias dos tempos medidos, anotando os resultados.

Como o objetivo dessa etapa é meramente qualitativo, não foi dada ênfase aos valores coletados, apenas foram utilizados para verificar se os estudantes identificavam a grandeza medida. Segue a imagem das orientações devidamente preenchidas.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO
(momento pedagógico 1)

OA1 "A" - Pêndulo Simples

FIG.2 - MODELO DE PÊNDULO SIMPLES

OA1 - PÊNDULO SIMPLES				
PASSO 01. Preencha as células abaixo com os tópicos de física mecânica observados na atividade experimental do pêndulo simples.				
TÓPICOS DE FÍSICA OBSERVADOS				
Força Resultante constante	Lei de Newton	Energia C e P	Trabalho F_p e	mov. circular
PASSO 02. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do pêndulo e meça o tempo que o pêndulo leva para sair da posição "A", ir até a posição "B" e retornar a posição "A", repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1	1,13 s	1,10 s	1,14	1,13 s
POSIÇÃO 2	0,94 s	1,01	0,9	0,95 s
POSIÇÃO 3	1,09	1,01	1,10	1,06 s
PASSO 03. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do pêndulo e meça o tempo necessário para se completar três ciclos AOB OA nas três condições iniciais escolhidas, repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	Tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1	3,87	4,01	4,11	3,99
POSIÇÃO 2	3,69	3,9	3,8	3,79
POSIÇÃO 3	4,19	4,21	4,37	4,25

FIG. 22

É importante ressaltar que o conceito de período não foi a primeira associação feita com a atividade experimental. Os estudantes dentre outras considerações iniciais, associaram o caminho descrito pela esfera com o movimento circular uniforme, como está identificado no passo 01 da imagem acima. Neste momento ficou aparente para o professor, que o conceito de movimento circular se trata de um possível conceito subsunçor, ou seja, os estudantes evocaram o movimento circular uniforme já conhecido, como sendo parecido com o que estavam vendo. O professor-mediador fez então o que Ausubel chama de diferenciação progressiva. De fato, o movimento do pêndulo é uma parte de um movimento circular, porem, não uniforme. Mas aproveitando a possibilidade de discutir tal movimento, o professor pôde resgatar conhecimentos mais básicos e comparar com a atividade realizada. Um fato particular discutido com os estudantes foi justamente a oscilação da esfera, não permitindo a ela completar o círculo, justificada pela desaceleração da esfera durante a conversão de energia cinética em potencial gravitacional e vice-versa. O professor fez a mediação aproveitando as observações dos estudantes para a diferenciação progressiva, reforçando o conceito de movimento circular uniforme, e ao mesmo tempo ancorando as aplicações das energias mecânicas atribuídas à atividade.

O princípio de Ausubel da diferenciação progressiva estabelece que a aprendizagem significativa é um processo contínuo, no qual novos conceitos adquirem maior significado à medida que são alcançadas novas relações (ligações preposicionais). Assim, os conceitos nunca são “finalmente aprendidos”, mas sim permanentemente enriquecidos, modificados e tornados mais explícitos e inclusivos à medida que se forem progressivamente diferenciando. (NOVAK; GOWIN, 1994, p. 114).

Após o preenchimento das orientações, os estudantes começaram a responder o questionário que direcionou seus raciocínios para o caminho previsto e assim como planejado, fizeram uma ligação do movimento pendular com o movimento circular, respondendo corretamente a primeira questão proposta, retomando a grandeza física denominado período e corretamente descrita como o tempo necessário para a esfera completar um ciclo. Só então, após a resposta da primeira questão, o conceito de período foi trazido com consistência para a análise da atividade, visto que perceberam que uma volta completada por uma partícula em uma trajetória circular pode ser interpretada como um ciclo completo.

Não demorou muito para que os estudantes na discussão da questão número dois, que foi relacionada à análise dos tempos relativos a três ciclos consecutivos, percebessem que estavam sendo levados a relembrem o conceito de frequência. Os estudantes, ao se depararem com o terceiro quesito do questionário, perguntando

sobre o número de oscilações completas por cada segundo de movimento, já haviam concluído que se deparavam com a frequência, como sendo o principal objeto de estudo do quesito e, antecipando-se à quarta pergunta, já concluíram a grandeza e sua unidade de medida.

Os estudantes responderam também com coerência, as modalidades de energia mecânica específicas, deixando claro os referenciais adotados, mesmo que no preenchimento do questionário não estejam presentes os registros de tais referenciais. Caso os alunos não mencionassem tais referenciais, o professor-mediador deveria estar atento para possível interferência dessa natureza. Responderam o sexto e último quesito também sem maiores dificuldades, visto que se tratava de conversão de energias de natureza mecânica, alternando entre as modalidades cinética e potencial gravitacional. Os estudantes também externaram a dissipação de energia por parte do atrito da esfera com o ar, fato esse que levou o professor à mais uma vez inflar tal afirmação, estimulando a discussão. A dissipação de energia foi tratada na discussão sem privações, para que aprendizagens adjacentes fossem também contempladas. Segue a imagem do questionário aplicado.

QUESTIONÁRIO 01 - PÊNULO SIMPLES

01. No passo 02, você mediu intervalos de tempo para se completar um ciclo AOB OA. Qual grandeza física é representada por esse intervalo de tempo? Como você enunciaria essa grandeza?

RESPOSTA: *Período = Duração de tempo para completar um ciclo*

02. No passo 03, como podemos saber, pelos dados coletados, quantas oscilações do pêndulo ocorrem no tempo de 1s?

RESPOSTA:

$$\text{Frequência} = \frac{\text{N}^\circ \text{ oscilações}}{t} \approx \frac{3}{3,99} \approx 0,75 \text{ Hz}$$

03. Determine o número de oscilações completas (A → O → B → O → A), a cada segundo de movimento.

0,75 Hz

04. Qual grandeza física foi determinada no quesito 03 acima? Reescreva o resultado acima explicitando sua intensidade com a respectiva unidade de medida no sistema internacional de unidades.

RESPOSTA: *Frequência = 0,75 Hz*

05. No passo 01 de sua análise, foram citados vários tópicos de física associados à atividade experimental realizada. especifique os tipos de energia associadas às posições A, O e B em cada ciclo do movimento da esfera.

	ENERGIAS MECÂNICAS
POSIÇÃO A	<i>Energia Potencial gravitacional</i>
POSIÇÃO B	<i>Energia Potencial gravitacional</i>
POSIÇÃO C	<i>Energia Cinética</i>

06. Considerando as energias descritas acima, em cada posição especificada, explique porque as energias são de modalidades distintas.

RESPOSTA:

A → O	<i>Potencial g.</i>	→	<i>Cinética</i>
O → B	<i>Cinética</i>	→	<i>Potencial g.</i>
B → O	<i>Potencial g.</i>	→	<i>Cinética</i>
O → A	<i>Cinética</i>	→	<i>Potencial g.</i>

FIG. 23

Nesse momento foi enfatizado pelo professor-mediador, que a análise tinha uma importância mais qualitativa que quantitativa, pois as medidas obtidas além de acumularem erros de natureza humana devido á manipulação dos equipamentos e serem necessários arredondamentos, tais valores não teriam importância relevante no objetivo final, que seriam a compreensão do conceito de frequência e a conversão entre as modalidades de energia mecânica envolvidas.

O questionário usado como norteador para alcançar os objetivos da etapa foram de extrema importância, visto que foram as perguntas que deram origem às discussões, que possibilitaram os estudantes chegarem nas respostas esperadas e a construir suas conclusões previamente objetivadas, mas não externadas, pelo professor.

Os educandos então, descreveram e explicaram com suas palavras a atividade experimental, descrevendo todo o processo, desde a coleta de dados, passando pelo questionário e finalizando com o que acharam importante. Foi muito evidente a riqueza de detalhes nos comentários dos estudantes no momento da explicação que deram para os demais grupos, bem diferente dos registros escritos, mostrados na figura acima.

4.1.2 - OA1 "B" - Sistema massa-mola

O primeiro passo da atividade experimental proposta, foi discutir sobre os possíveis temas a serem abordados durante a aula, enquanto manuseavam o sistema massa-mola vertical. Semelhante ao grupo que trabalhou com o pêndulo simples, fizeram menção imediata das leis de Newton e das energias mecânicas envolvidas, mas dentro das suas especulações, não tínhamos como explorar diretamente o conceito de frequência, tópico de extrema importância para o trabalho. De qualquer forma o passo 01 das orientações específicas foi concluído com êxito, visto que foi um primeiro contato com a atividade e que esperávamos que o resultado mais apropriado viria com a aplicação do questionário.

No passo 2, os estudantes mediram os tempos de uma oscilação completa do sistema por três vezes e anotaram seus resultados. Realizaram esse processo para três amplitudes diferentes.

Fizeram também no passo 3, para três amplitudes diferentes, as medições de tempos necessários para três oscilações seguidas, repetindo por três vezes as medições e tirando as médias dos tempos medidos, anotando os resultados.

Como o objetivo da etapa, semelhante á atividade anterior, é meramente qualitativo, não foi dado ênfase aos valores coletados, apenas foram utilizados para verificar se os estudantes identificavam a grandeza medida. Segue a imagem das orientações devidamente preenchidas.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO
(momento pedagógico 1)

OA1 "B" - Sistema massa-mola vertical

Sistema massa-mola vertical

FIG.3 - MODELO DE SISTEMA MASSA-MOLA

OA1 - SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL				
PASSO 01. Preencha as células abaixo com os tópicos de física mecânica observados na atividade experimental do pêndulo simples.				
TÓPICOS DE FÍSICA OBSERVADOS				
Leis de Newton	En. elástica	Cinemática		
PASSO 02. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do sistema e meça o tempo que a esfera leva para sair da posição "A", ir até a posição "B" e retornar a posição "A", repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1	0,89 s	0,91 s	1,02 s	0,94 s
POSIÇÃO 2	1,00 s	0,96 s	1,08 s	1,01 s
POSIÇÃO 3	1,09 s	1,2 s	1,17 s	1,15 s
PASSO 03. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do sistema e meça o tempo necessário para se completar três ciclos AOB OA nas três condições iniciais escolhidas, repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	Tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1	2,43 s	2,66 s	3,05 s	2,71 s
POSIÇÃO 2	3,1 s	2,55 s	2,92 s	2,86 s
POSIÇÃO 3	3,19 s	3,18 s	3,15 s	3,17 s

FIG. 24

No preenchimento da tabela que antecede o questionário, percebemos que não ficou evidente para o estudante, a ideia de retirar da atividade experimental informações que o levassem a ancorar o conceito de frequência do sistema massa-mola. A associação mais clara foi relativa a energia mecânica, que também faz parte do caminho previsto. E apesar de terem preenchido a tabela apenas com energia elástica, fizeram menção oral da presença da energia potencial gravitacional e energia cinética.

Na continuação do processo, começaram a responder o questionário e se depararam com uma pergunta que exigia o resgate do conceito de período. Como o previsto, não houve uma ancoragem imediata, o que levou o professor-mediador a fazer uma intervenção mais direta, trazendo a problemática de uma partícula que percorre uma trajetória circular com velocidade constante. Perguntou-se aos estudantes o que poderia se afirmar sobre a situação descrita, se a partícula desse várias voltas, sempre nas mesmas condições. Logo responderam que os tempos de cada volta seriam iguais. Em seguida foi perguntado qual o nome dado a esse intervalo de tempo que se repetia a cada volta e eles responderam sem demora que estavam se referindo ao período do movimento. Diante disso foi solicitado que continuassem a responder o questionário tentando identificar a relevância a interferência que o professor fez. Os estudantes chegaram à resposta e lembraram que o conceito de período não está apenas associado a voltas completas de partículas em movimento circular, e sim com qualquer ciclo ou evento que se repete em tempos iguais.

Respondendo o segundo quesito, já perceberam que de posse do período de oscilação do sistema, poderiam determinar a frequência e assim determinar o número de voltas a cada segundo de movimento. Assim o fizeram no terceiro quesito. Usaram a relação entre período e frequência, que identifica que uma grandeza é o inverso da outra e determinaram uma frequência média para a atividade experimental.

Responderam com mais naturalidade o quarto quesito referente à identificação da grandeza e sua respectiva unidade de medida, ficando evidente o sucesso na aprendizagem por ancoragem proposta. Identificaram a grandeza, calcularam sua intensidade e associaram corretamente a unidade cobrada.

Na sequência, os estudantes do grupo, tiveram grande facilidade para chegar no que se esperava dos quesitos cinco e seis. As energias mecânicas relevantes e as respectivas alterações devido às conversões durante o movimento do sistema, foram

devidamente explicitadas. Foram mencionadas as conversões entre as três modalidades de energia mecânicas presentes (cinética, potencial gravitacional e potencial elástica), com mostra a figura abaixo.

QUESTIONÁRIO 02 - SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL	
01. No passo 02, você mediu intervalos de tempo para se completar um ciclo (A→O→B→O→A). Qual grandeza física é representada por esse intervalo de tempo? Como você enunciaria essa grandeza?	
RESPOSTA: Período. 5m segundos.	
02. No passo 03, como podemos saber, pelos dados coletados, quantas oscilações do sistema massa-mola ocorrem no tempo de 1s?	
RESPOSTA: Frequência	
03. Determine o número de oscilações completas (A→O→B→O→A), a cada segundo de movimento.	
$f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{1,03} \approx 0,97 \text{ oscilações/s}$ <p>↳ Média entre os T's</p>	
04. Qual grandeza física foi determinada no quesito 03 acima? Reescreva o resultado acima explicitando sua intensidade com a respectiva unidade de medida no sistema internacional de unidades.	
RESPOSTA: Frequência. $f = 0,97 \text{ Hz}$	
05. No passo 01 de sua análise, foram citados vários tópicos de física associados à atividade experimental realizada. especifique os tipos de energia associadas às posições A, O e B em cada ciclo do movimento da esfera.	
	ENERGIAS MECÂNICAS
POSIÇÃO A	En. pot. elástica
POSIÇÃO O	En. pot. gravitacional, En. cinética
POSIÇÃO B	En. elástica, En. pot. gravitacional
06. Considerando as energias descritas acima, em cada posição especificada, explique porque as energias são de modalidades distintas.	
RESPOSTA: Elas dependem de grandezas diferentes	
A → O	Elástica → Cinética e pot. gravit.
O → B	Cinética → Elástica e pot. gravit.
B → O	Pot. gravit. → Cinética e elástica
O → A	Cinética → Elástica

FIG. 25

Como solicitado, os educandos descreveram e explicaram com suas palavras a atividade experimental, descrevendo todo o processo, desde a coleta de dados, passando pelo questionário e finalizando com o que acharam importante. Mais uma vez os detalhes dos comentários dos estudantes no momento da explicação que deram para os demais grupos, foram bem mais proveitosos que suas anotações.

4.1.3 - OA1 "C" - Pêndulo simples de isopor X diapasão

A terceira atividade experimental do primeiro organizador avançado se inicia com os estudantes conhecendo o diapasão. Os estudantes seguram o diapasão com uma das mãos e o golpeiam com um martelinho de borracha, fazendo-o vibrar e simultaneamente emitir um som. A vibração é percebida com mais clareza pelo estudante que segura o diapasão, já os outros estudantes do grupo acabam não percebendo de imediato a vibração e se prendem mais ao som por ele emitido. Quando revezam o diapasão e repetem o procedimento, todos intuitivamente entendem que a vibração é algo de importante na atividade experimental.

Seguindo as orientações específicas, os estudantes agora golpearam o diapasão com o pequeno martelo e o encostaram com cuidado na esfera de isopor do pêndulo simples, que se encontrava em equilíbrio estático. Perceberam então que a esfera passou a se movimentar como se tivesse recebido um impulso proveniente do diapasão. Após repetirem o processo algumas vezes, discutiram e se divertiram com a atividade, para em seguida responder o questionário proposto, como mostra a figura 2.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO
(momento pedagógico 1)

OA1 "C" - Pêndulo simples de isopor x Diapasão

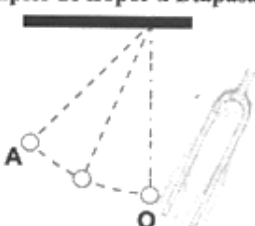


FIG.4 - MODELO DE PÊNDULO SIMPLES DE ISOPOR X DIAPASÃO

OA1 - PÊNDULO SIMPLES DE ISOPOR X DIAPASÃO
PASSO 01. Golpear o diapasão e observar os efeitos.
PASSO 02. Golpear o diapasão com o martelo de borracha, encostar delicadamente o mesmo no pêndulo de isopor e observar os efeitos.

FIG. 26

Ao se depararem com a primeira pergunta, que se referia apenas ao diapasão golpeado, eles respondem diretamente sobre a sua vibração. Afirmam que o diapasão vibra e emite um som. A segunda pergunta é propositalmente explícita na intenção de associar a vibração do diapasão a algum tipo de energia. Eles concluem que podem relacionar a vibração com algum tipo de energia mecânica, e percebem que a mais apropriada é a energia cinética, que está associada ao movimento de partículas. Os estudantes mencionam a energia potencial gravitacional, alegando que as partículas oscilam variando suas posições, logo, teriam variações na energia potencial gravitacional. O professor mediador não deve inibir tal pensamento, permitindo um momento de discussão com caráter microscópico do efeito, mas deve retomar o foco no caráter macroscópico pouco tempo depois.

A terceira questão respondida é em relação á energia do sistema como um todo, ou seja, pensando no caráter energético do diapasão e da esfera. Os estudantes não demoram a comentar sobre o a energia adquirida pela esfera, que mesmo afirmando de maneira errada que a esfera se move continuamente, ela adquire energia cinética que se converte em potencial gravitacional. Concluíram que a energia adquirida pela esfera foi transferida pelo diapasão. Este foi o fato mais importante das suas conclusões, pois era o objetivo da atividade. Complementaram, mesmo que sem riqueza de detalhes, afirmando que a energia do sistema se dissipava.

QUESTIONÁRIO 03 - PÊNDULO SIMPLES DE ISOPOR X DIAPASÃO	
01. O que acontece com o diapasão após ser golpeado com o martelinho de borracha?	RESPOSTA: Ele vibra e sai um som.
02. Qual o tipo de energia é adquirida pelo diapasão após ser golpeado?	RESPOSTA: Energia potencial gravitacional e cinética
03. Com o pêndulo na posição de equilíbrio, após o toque da esfera de isopor com o diapasão recentemente golpeado, o que acontece com ambos, esfera e diapasão? O que explica esse resultado?	RESPOSTA: A esfera se move continuamente e o som do diapasão diminui. A energia do diapasão se transfere para a esfera e depois é dissipada

FIG. 27

Ao fim do manuseio, discussão, preenchimento do questionário, o grupo apresenta a atividade experimental e suas conclusões para os demais grupos. Mais uma vez o desempenho na apresentação da atividade para os colegas, foi mais proveitosa que o material escrito.

4.1.4 – Conclusões dos OA1

Após serem devidamente apresentadas as atividades experimentais, pelos seus respectivos grupos, onde foram permitidas intervenções tanto do professor como dos demais estudantes que apreciavam tais descrições, foi solicitado que os estudantes dissertassem sobre todo o processo até o presente momento.

Cada grupo entregou um material contendo suas conclusões, sobre tudo que havia sido vivenciado até o momento. Percebeu-se uma diferença entre essas conclusões, muito mais pelo grau de detalhes do que ausência de tópicos importantes. Um dos grupos foi bem específico e surpreendente no comentário das três atividades, pois comentaram sobre realização de trabalho que pouco foi comentado nas suas exclamações ao longo do período. Visto que o professor-mediador não havia ainda feito o comentário que é possível transferir energia de um corpo a outro, por meio de realização de trabalho e por meio de ondas, tal insinuação foi inesperada. Os demais grupos foram mais sucintos e listaram os tópicos abordados e discutidos. O professor mediador então lê os comentários e dá um primeiro retorno para os estudantes, do primeiro momento pedagógico. Cabe ao mediador aprofundar ou não nas suas palavras, mas neste momento foi enfatizado a importância do conceito de frequência e da ideia do transporte de energia, para continuidade da aula.

Ficou evidente na etapa, que o objetivo foi alcançado, pois os estudantes fizeram boas referências sobre frequência e transporte de energia, tornando esses conceitos agora subsunçores, fundamentais para a aprendizagem significativa do fenômeno da ressonância e na percepção de tal fenômeno nas mais variadas situações.

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 1)

Disserte sobre as atividades experimentais vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nas tabelas e questionários.

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

1 → Pêndulo

A energia é dada a bola a partir de um trabalho realizado (puxar a bolinha para um ponto qualquer e soltá-la) e é convertida de energia potencial gravitacional para energia cinética. O período da bolinha consiste no tempo que ela demora para voltar ao ponto de partida.

2 → Mola

A energia é dada a mola quando o peso é puxado para um ponto qualquer, sendo assim, realizado um trabalho. A energia também se converte de potencial gravitacional para energia elástica e cinética.

3 → Diapasão vs bola de isopor

O trabalho realizado ao bater no diapasão com o martelo faz com que ele vibre emitindo um som. Nesse experimento, ao encostar o diapasão na bola ele se moveu seja, há uma transferência de energia.

FIG. 28

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 1)

Disserte sobre as atividades experimentais vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nas tabelas e questionários.

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

Pêndulo:

- Aplicação de período e frequência
- Conversão de energia (Pot. gravitacional \rightarrow Cinética)

Massa-Mola:

- Aplicação de período e frequência
- Conversão de energia (Grav / Elástica / Cinética)

Diapasão

- Transfêrencia de energia
- Som

FIG. 29

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 1)

Disserte sobre as atividades experimentais vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nas tabelas e questionários.

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

- Período (T)
- Energia
- Trabalho
- Força Peso
- Transmissão de energia apartir da velocidade
- Frequência
- Velocidade

FIG. 30

4.1.5 – OA2 – Ventilador com estroboscópio

Após a conclusão do organizador avançado 1, o professor mediador realizou uma atividade demonstrativa, porém problematizadora, que tem como um dos pilares para seu entendimento, o conceito de frequência, com o intuito de tornar mais robusto o aprendizado do conceito através de uma situação inusitada e ludicamente atraente.

Para tanto, foi necessário fazer uma intervenção adjacente, questionando os estudantes sobre estudos da óptica, mais especificamente no que diz respeito à óptica geométrica, pois, a atividade experimental seguinte, também exige um pequeno conhecimento sobre alguns comportamentos relacionados à luz. Foi necessário perguntar aos estudantes, se eles entendiam como funciona o ato de enxergar objetos, como funcionava a visão humana. Foi explicado então, que, o que nós enxergamos é resultado da reflexão difusa da luz que atinge os objetos. Os alunos já haviam tido contato com o estudo da óptica geométrica no ensino fundamental 2, permitindo um avanço mais acelerado nessa etapa. Caso os estudantes não tenham esse conhecimento prévio, o professor promove uma explicação mais detalhada, para uma melhor assimilação do que o organizador avançado 2 traz.

Com todos os detalhes ajustados, o professor-mediador apresenta os itens envolvidos na atividade experimental, que consiste em um ventilador, com a palavra “FÍSICA” pintada no centro de sua hélice e um estroboscópio, com regulagem fina de frequência. Neste momento o professor-mediador também explica como funciona o estroboscópio. O ventilador foi mostrado de costas para que os estudantes não vissem a imagem da palavra pintada. Com o ventilador ainda de costas para os alunos o professor-mediador ligou o mesmo em alta velocidade de rotação e só então o colocou de frente para o, agora, grande grupo. Solicitou que os alunos tentassem ler a palavra que estava pintada na hélice do aparelho. Os estudantes obviamente não conseguem registrar a imagem com nitidez e em tom de adivinhação soltam palavras aleatórias.

Após breve discussão, o professor apagou a luz da sala e ligou o estroboscópio que passou a iluminar o ventilador, ajustou a frequência do estroboscópio de modo que a imagem da palavra pintada nas hélices do ventilador ficou legível e quase estática, o que problematizou a atividade, solicitando uma explicação dos estudantes.

Mais uma vez o professor mediador abriu o momento de discussão dos alunos, para que ancorassem novamente o conceito de frequência. O primeiro momento pedagógico se encerrou com o professor ajustando as afirmações dos estudantes e solicitando que sejam registradas suas conclusões sobre as atividades desenvolvidas.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/QUESTIONÁRIO (momento pedagógico 1)	
OA2 - Ventilador com estroboscópio	
OA2 - VENTILADOR COM ESTROBOSCÓPIO	
Observar a demonstração experimental executada pelo professor-mediador discutir e registrar suas conclusões.	
CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 1)	
Baseados nos conceitos e nas relações estabelecidas durante as atividades experimentais anteriores, descrevam o comportamento físico desta atividade experimental. O que nos torna capazes de enxergar as hélices do ventilador paradas?	
<p>Quando se iguala a frequência da luz do estroboscópio com a do ventilador a luminosidade atinge a parte superior das pás, sendo possível enxergar o nome escrito.</p>	

FIG. 31

Após a discussão em grupo, mediada pelo professor, os estudantes construíram a resposta para o questionamento sobre a possibilidade de enxergar a hélice do ventilador parada. Os estudantes se mostraram capazes de entender a atividade, porém resposta construída não foi muito satisfatória. O momento pedagógico 1 mesmo assim teve êxito, pois os alunos fizeram as associações esperadas.

4.2 - Segundo momento pedagógico

O segundo momento pedagógico tem o objetivo de propiciar ao estudante condições de enunciar uma definição do conceito de ressonância, por meio de conclusões tiradas da atividade experimental organizador avançado 3, que consistia em um sistema de três pêndulos de comprimentos variáveis e acoplados.

4.2.1 – OA3 – Sistema de pêndulos simples acoplados

Com o pêndulo de menor comprimento perturbado, os estudantes verificaram sua energia associada à sua amplitude diminuindo e os demais pêndulos praticamente se mantendo no equilíbrio estático, com pequenas oscilações se comparadas com as do primeiro. Os estudantes concluíram que a energia do então pêndulo nomeado como “A”, foi dissipada pelo contato da esfera com o ar ou com o resto do aparato, mas que não houve transferência de energia significativa entre os pêndulos.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO
(segundo momento pedagógico)

OA3 - Sistema de Pêndulos Simples acoplados

Sistema de
pêndulos simples
acoplados

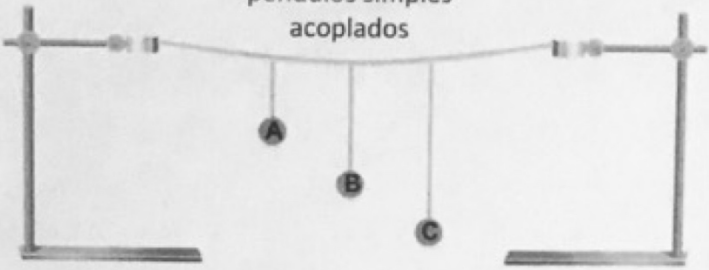


FIG.5 - MODELO DO SISTEMA DE PÊNDULOS ACOPLADOS

OA3 - SISTEMA DE PÊNDULOS ACOPLADOS	
PASSO 01. Perturbe o pêndulo "A", elevando o mesmo e o abandonando, permitindo sua livre oscilação e observe seu movimento bem como o comportamento dos pêndulos "B" e "C".	
Descreva o que se observa nos pêndulos "A", "B" e "C".	
A	Oscila livremente pois foi realizada uma transferência de energia, que depois se dissipou
B	Oscila bem lentamente
C	Quase não oscila

FIG. 32

No passo seguinte, o pêndulo “A” teve seu comprimento aumentado, igualando-se ao comprimento do pêndulo nomeado como “B”. Depois de perturbar o pêndulo “A”, os estudantes observaram que mais uma vez a energia associada à oscilação do mesmo diminuía, mas dessa vez não atribuíram essa diminuição à uma dissipação e sim à uma transferência de energia para o pêndulo “B”. Perceberam também que a energia não era transmitida significativamente para o pêndulo “C”. Observaram inclusive que parte da energia transportada para “B”, retornava para “A”. Fica de responsabilidade do professor corrigir os termos usados erroneamente pelos alunos, pois faz parte do processo enriquecer o entendimento do vocabulário científico do estudante para que usem corretamente quando solicitado. Como exemplo podemos observar abaixo a afirmação que o pêndulo “A” perde energia. O professor no momento que lê as afirmações dos alunos faz a devida correção afirmando que a energia não foi perdida e sim transmitida para o pêndulo “B”.

PASSO 02. Aumente o comprimento do pêndulo "A", igualando-o ao pêndulo B e repita o PASSO 01.	
Descreva o que se observa nos pêndulos "A", "B" e "C",	
A	ganha energia e essa energia fica oscilando de A para B, quando
B	A perde a energia essa energia vai para o B.
C	não é afetado

FIG. 33

Com os questionários em mãos, os alunos responderam corretamente o os quesitos. Chegaram às conclusões que a energia adquirida por “A”, devido a um trabalho realizado sobre ele, foi praticamente toda dissipada quando todos os pêndulos tinham comprimentos distintos. Concluíram também que ao igualar os comprimentos dos pêndulos “A” e “B”, a energia mecânica oscilava de um para o outro até que fosse totalmente dissipada por fatores externos ao sistema.

QUESTIONÁRIO 04 - SISTEMA DE PÊNULO ACOPLADOS	
01. No passo 01, você perturbou o pêndulo "A", realizando um trabalho sobre ele, ou seja, fornecendo energia ao mesmo. Após abandoná-lo, o que aconteceu com essa energia após alguns segundos?	RESPOSTA: Foi dissipada.
02. No mesmo passo 01, você não perturbou os pêndulos "B" e "C". O que aconteceu com eles, do ponto de vista energético?	RESPOSTA: A energia quase não foi transferida.
03. No passo 02, você, após igualar os comprimentos dos pêndulos "A" e "B", voltou a perturbar o pêndulo "A", realizando um trabalho sobre ele, ou seja, fornecendo energia ao mesmo. Após abandoná-lo, o que aconteceu com essa energia após alguns segundos?	Foi transferida para B, que continuou transferindo para A e assim sucessivamente.
04. No mesmo passo 02, você não perturbou os pêndulos "B" e "C". O que aconteceu com eles, do ponto de vista energético?	RESPOSTA: B recebeu a energia e transferiu para A. C não recebeu.

FIG. 34

Fechando o segundo momento pedagógico, o professor-mediador, abre mais um espaço para uma discussão e questionamentos. Eis que surgiu dos próprios alunos o questionamento mais esperado da aula. Os estudantes perguntaram porque a energia só foi transferida entre os pêndulos de mesmo comprimento. Neste momento o professor-mediador retoma o aparato e promove simultaneamente uma perturbação dos três pêndulos de comprimentos diferentes, porém atribui uma amplitude inicial igual para todos, e pede que observem o que acontece. Para uma melhor percepção, faz mesmo procedimento apenas com os pêndulos menor e maior do sistema. Logo eles perceberam que os períodos de oscilação diferem significativamente e, portanto,

suas frequências também. Concluíram então que um fator determinante para ocorrer transferência de energia entre os pêndulos do sistema, era que suas frequências fossem iguais. Só então nesse momento, revelo o nome do fenômeno estudado: ressonância.

Depois de discutido e respondido todos os questionamentos, inclusive a sequência de atividade que retomavam os conhecimentos prévios de ressonância e transferência de energia que passaram a se tornar subsunçores, o professor-mediador solicita que preencham o material de conclusão do momento pedagógico de número 2. Apesar de respostas sucintas, foram atendidas as expectativas, pois, reconheceram de forma significativa o que de importante foi vivenciado e definiram de coerentemente o conceito de ressonância.

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 2)
Disserte sobre as atividades experimentais vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nas tabelas e questionários.
CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS Foi observada a 2ª forma de transferência de energia, ondas. E a forma de ondas entre corpos com a mesma frequência nos pêndulos. A ressonância

FIG. 35

DEFINIÇÃO DO CONCEITO CONSTRUÍDO
Escreva com suas palavras a definição do conceito construído a cerca do fenômeno estudado na atividade experimental.
NOME DO FENÔMENO: <u>Ressonância</u>
DEFINIÇÃO: Transferência de energia por meio de ondas entre corpos com a mesma frequência

FIG. 36

Para lapidar o que foi construído com os estudantes, o professor-mediador explicou que as frequências idênticas que percebidas entre os pêndulos de mesmo comprimento, eram identificadas como frequências naturais de vibração. Que cada corpo ou sistema físico tinha uma frequência natural de vibração.

4.3 - Terceiro momento pedagógico

O terceiro momento pedagógico teve a intenção de agregar conhecimento pela aprendizagem significativa subordinada, o que significa que os organizadores avançados escolhidos trazem, por meio de ramificações novos elementos que se alojam na estrutura cognitiva do indivíduo.

4.3.1 – OA4 – Caixas de ressonância com frequências idênticas

Para que a atividade proposta tivesse êxito, o professor-mediador retomou a afirmação feita no início do segundo momento pedagógico, a respeito de uma onda sonora ser uma onda mecânica, e que por isso, necessitava de um meio material para se propagar. Foi um pouco mais específico e descreveu como se dava essa propagação, por meio de choques mecânicos entre as partículas do meio.

Com a propagação do som entendida pelos estudantes, o professor tratou então de apresentar o aparato que consistia em um diapasão acoplado a uma caixa acústica. Percutiu o diapasão, que passou a ter seus braços vibrando com certa frequência. O som produzido foi percebido pelos alunos, que questionaram qual a necessidade da caixa. O professor, sem querer influenciar os alunos, sugeriu que seguissem as orientações previstas e que eles tentassem perceber por si só a necessidade da caixa.

O professor juntamente com os alunos, seguiram as orientações e posicionaram as duas caixas ressonantes uma de frente para outra, perturbaram uma delas golpeando o diapasão encrostado na mesma e observaram os efeitos. A princípio os estudantes não identificaram nada ocorrendo com o diapasão que não foi tocado. O professor então repete o processo, golpeia um diapasão da primeira caixa com o martelo de borracha, mas 2 segundos depois interrompe a vibração do mesmo. Com isso o som que estava sendo propagado por ela cessa, mas os alunos continuam a perceber um som semelhante. Intrigados por alguns instantes, confabulam as explicações e logo surgem os comentários pertinentes com o ocorrido. Os estudantes retomam o que vivenciaram anteriormente e afirmam que a energia sonora foi transportada por meio de ondas, propagando-se pelo ar até a outra caixa.

No passo 2 o professor mais uma vez organiza os aparatos um de frente para o outro, mas dessa vez mantém a esfera do pêndulo de isopor em contato com o segundo diapasão. Questionou os meninos e meninas sobre o que aconteceria. A maior parte concordou com a afirmação que a esfera sofreria um impulso do diapasão. Ao golpear o primeiro diapasão, repetidas vezes, todos percebem o movimento da

bolinha, que ao oscilar, aumentava sua amplitude a cada toque no instrumento, mas depois cessavam. Os estudantes repetiram a atividade, tecendo os comentários que julgavam pertinentes e responderam o questionário da atividade. A associação do conceito de ressonância com a atividade surgiu nos comentários como explicação secundária, ficando mais explícito a função de uma onda, que seria transportar energia.

QUESTIONÁRIO 05 - CAIXAS DE RESSONÂNCIA COM PÊNDULO DE ISOPOR	
01. No passo 01, o que acontece com a energia adquirida pelo diapasão após ser golpeado com o martelo de borracha? Explique o fato.	Ele vibra e a energia é transferida através de ondas para o outro diapasão
02. No passo 02, o que acontece com a esfera de isopor? Explique o fato.	Adquire oscilação devido à energia adquirida pelo 2º diapasão

FIG. 37

Então o professor perguntou se qualquer objeto preso à caixa seria capaz de transmitir energia para a esfera. Neste momento alguns estudantes afirmaram que o diapasão deveria ter a mesma frequência natural de vibração para absorver a energia propagada, e nesse momento o conceito de ressonância foi retomado.

Coube então ao professor responder aquela pergunta, que os jovens o fizeram a respeito da necessidade da caixa. Foi explicado que após o a perturbação do diapasão, a caixa passava a vibrar com a mesma frequência, e desta forma passava a vibração para o ar contido no seu interior, e este por sua vez produzia um som, causando um “reforço” sonoro e uma menor dissipação da energia.

Em seguida, os alunos fizeram suas conclusões finais sobre a atividade experimental presenciada.

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 3)
Disserte sobre a atividade experimental vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nos conceitos recém construídos.
CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS
A vibração de um diapasão o faz adquirir uma frequência, que, se igual a de outro corpo, a energia é transferida por ressonância

FIG. 38

4.3.2 – OA5 – Experimento de simulação: Ressonância de construções

Nesta atividade, os estudantes tiveram a percepção de que maneira a frequência de um abalo sísmico pode ser um diferencial nas consequências desse fenômeno.

Quando os alunos atribuíram uma frequência relativamente baixa à base do aparato montado, perceberam a vibração mais intensa na haste de maior comprimento, que tinha sua amplitude aumentada a cada instante, enquanto que as demais hastes não sofriam grandes alterações. Com o aparato em equilíbrio estático novamente, os alunos aplicaram dessa vez uma frequência maior, perceberam que agora a maior haste pouco se mexeu, o que também verificaram com a menor haste. A amplitude da haste mediana aumentou, deixando claro para todos que a frequência destinada à base do equipamento, tinha uma ligação com os comprimentos das hastes. Por fim eles repetiram o processo com uma frequência ainda mais alta e constataram que dessa forma a menor haste seria mais abalada que as demais.

Responderam por mera formalidade o questionário, que exigia apenas que relatassem as consequências das mudanças de frequência e logo depois discutiram sobre a atividade. O professor provocou seus alunos pedindo que explicassem o fato. Eles atribuíram os resultados à ressonância, afirmando que cada haste tinha um modo de vibração natural, e que por isso, para cada frequência testada, uma haste específica absorvia mais energia.

QUESTIONÁRIO 06 - EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO: RESSONÂNCIA DE CONSTRUÇÕES	
01. No passo 01, quantos e quais os pêndulos foram abalados pela perturbação na base do aparato?	O maior. 1 no.
02. No passo 02, quantos e quais os pêndulos foram abalados pela perturbação na base do aparato?	O médio. 1 no.
03. No passo 03, quantos e quais os pêndulos foram abalados pela perturbação na base do aparato?	O menor. 1 no.

FIG. 39

Os objetivos com a atividade foram atingidos com êxito, visto que eles tinham já a consciência do que construíram com as atividades. Mas mesmo com esta certeza, o professor deve sempre intervir no que diz respeito às expressões usadas e a junção correta dos conceitos subsunçores para conclusões dos alunos. Então reforçou que realmente acontecia o fenômeno da ressonância nas hastes, mas lembrou que a energia foi primeiro transferida por realização de trabalho sobre a base do aparato. Afirmou que essa energia era absorvida por cada haste, pelo fato das frequências atribuídas à base e a frequência natural de vibração das hastes coincidirem, e enquanto houve estímulo na base, houve aumento de amplitude.

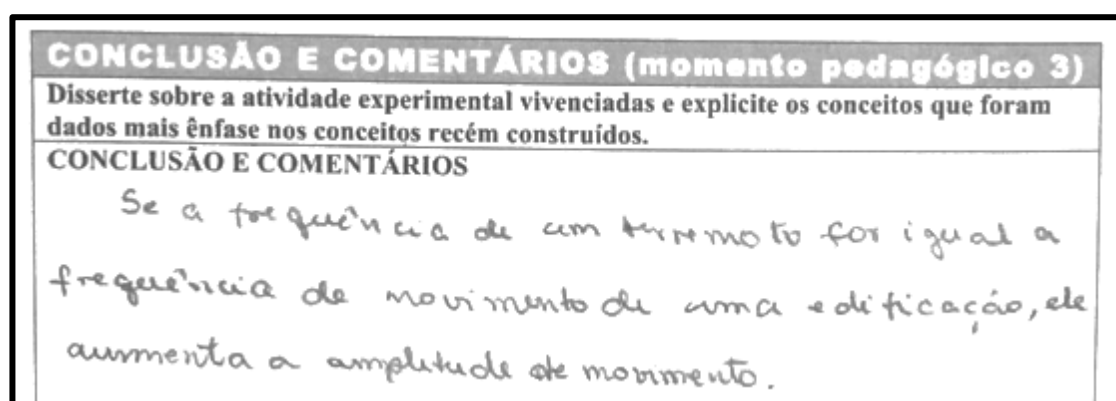


FIG. 40

4.3.3 – OA6 – Vídeo de Tacoma Narrows Bridge

Ao assistir o vídeo da Ponte Tacoma Narrows, os estudantes, sem nenhuma explicação prévia, já visualizando a oscilação da ponte, começaram a fazer comentários que poderiam justificar o fato. Incentivados pelo que haviam vivido durante a aula, incluíram nas suas explicações o fenômeno da ressonância, mas ainda sem uma descrição mais detalhada. O professor-mediador, após ouvir atentamente os comentários e dúvidas dos estudantes, foi alinhando seus raciocínios tornando mais claro como a ressonância poderia ter ocorrido.

Não foram desprezadas as outras justificativas elencadas pelos alunos, que chegaram a comentar sobre pressão do ar, comparando o que ocorreu na ponte com a decolagem de um avião. O professor neste caso, fez as pontuações referentes a todos os comentários, não descartando a possibilidade de outras abordagens de outros conceitos interessantes.

Capítulo 5

Considerações finais

A motivação para este trabalho partiu de uma inquietação por parte do professor, que surgia sempre quando um estudante, durante uma aula expositiva de determinado conteúdo, questionava sobre a explicação de fenômenos naturais ou tecnológicos que ele mesmo percebia a relação íntima da sua dúvida com o tema. A inquietação do professor estava associada ao fato de que, em inúmeras vezes, a explicação necessária se tornava complexa para o estudante, pois abordava tópicos da física que ainda não havia sido trabalhado até aquele momento. A ideia então é elaborar um modelo de sequência didática para ser aplicada no primeiro ano do ensino médio, usando como tema o conceito de ressonância, fenômeno corriqueiramente estudado apenas no terceiro ano do ensino médio, pelo fato de seu entendimento exigir uma pequena parte do conteúdo de ondulatória.

O primeiro momento pedagógico, dos três momentos da sequência, ancorou conceitos como o de transferência de energia mecânica e frequência de um corpo. Os organizadores avançados foram eficientes no que foi proposto. Os estudantes nos momentos de discussões se colocavam de forma interessante, abordando dentro de suas colocações as relações coerentes com a atividade. Nesse momento pedagógico, cada um dos três grupos realizou uma atividade específica e depois trocaram as experiências vivenciadas, o que foi muito bom. Uma boa possibilidade para um grupo de alunos maior que a desse trabalho, é dividir a turma em mais grupos e solicitar que todos realizem duas atividades e depois confrontem resultados. Para adaptar essa sequência de ressonância, a sugestão seriam os organizadores avançados “A” e “C” deste momento. Em seguida aplicaria o organizador avançado 2, que chamou muito a atenção dos alunos e gerou um bom resultado final, na retomada do conceito de frequência. Porém, para ter sucesso na atividade, foram necessárias breves intervenções adjacentes para a explicação dos conceitos de óptica, bem como a apresentação do estroboscópio.

Durante o segundo momento pedagógico, já se valendo dos resultados obtidos no primeiro momento, foi necessária uma intervenção adjacente para a explicação dos conceitos mais primitivos de ondas, que foi bem recebido pelos estudantes, visto que não foram necessárias as abordagens numéricas, apenas uma abordagem qualitativa enfatizando a função, tipos e classificação das ondas. Com os roteiros previamente

preparados, foi possível manter o raciocínio dos educandos centrados no que tínhamos como meta, mesmo que em alguns instantes de debates eles caminhassem por assuntos que naquele instante não se encaixavam no contexto. Mas é importante não cessar a abordagem dos alunos por outras áreas, o ideal é aproveitar o momento e permitir com certos limites, que explorem a atividade aumentando a margem para o aprendizado proporcionado pelo que vivenciaram. No fim do momento pedagógico, o enunciado de ressonância foi construído pelos próprios estudantes, que foram, ao longo da construção desse conceito fazendo referências às atividades realizadas ou discutidas. Bem verdade que no calor das discussões, os estudantes menos tensos e mais verdadeiros em suas opiniões, foram bem mais expressivos que nas escritas das conclusões ao final de cada atividade. Fica como sugestão ao professor que irá aplicar essa sequência, a ideia de gravar as discussões e depois tratá-las como um material a ser analisado para avaliar os resultados.

No terceiro momento pedagógico, os estudantes, já com o conceito de ressonância presente nas suas estruturas cognitivas, são apresentados a situações onde as atividades exibem a responsabilidade da ressonância nas consequências percebidas. As atividades tiveram o papel de dar mais corpo ao conceito, tornando-o mais consistente. Tanto o vídeo, quanto a atividade experimental da simulação do impacto de um terremoto em construções, tiveram a função de ampliar o conceito, consistindo no que Ausubel denomina aprendizagem subordinada.

A situação agora é propícia para comentar que os três momentos pedagógicos foram vividos de maneira contínua, ao longo de uma tarde. Revelou-se um processo muito longo e cansativo para os alunos. O rendimento pode ser maior se o professor optar por aplicar o produto em aulas não geminadas, quem sabe até em dias distintos.

Contudo, o trabalho não finda essencialmente no término dos três momentos pedagógicos. O professor mediador não só tem a opção, mas talvez a obrigação de continuar o trabalho em outros momentos oportunos, ramificando esta sequência pedagógica. O professor pode, por exemplo, elaborar um estudo que pode ter como organizador avançado a afinação de um violão por um violonista. Por meio desta atividade e usando o princípio da diferenciação progressiva, é possível construir o conceito de batimento, consistindo em possíveis continuidades dentre outras, para o presente produto.

Após avaliar todo o processo, ficou evidente que os caminhos para uma aprendizagem significativa são os mais variados possíveis. Este produto optou por criar um modelo que pudesse mostrar as possibilidades de inserir fenômenos naturais

ou tecnológicos nos currículos do ensino médio, sem necessariamente seguir a cronologia definida pelo sistema tradicional do ensino básico.

Apêndice

Produto educacional

Aprendizagem significativa do conceito de ressonância por meio de atividades experimentais como organizadores avançados.

2.1 – Descrição do produto educacional

O produto educacional desenvolvido consiste numa sequência didática composta por três momentos pedagógicos, baseada na perspectiva de David Ausubel, que tem como eixo central sua teoria de aprendizagem significativa (TAS). Tal sequência didática está sintetizada no mapa conceitual da figura 1.

O primeiro momento consiste de quatro atividades experimentais tomadas como organizadores avançados na construção ou ativação dos conceitos de conversão e transferência de energia mecânica e do conceito de frequência. Tal delineamento para um ou para outro conceito será guiado pelas perguntas que constarão nos questionários de cada atividade, convenientemente construídas a fim de direcionar o foco, hora para conversão e transferência de energia hora para o conceito de frequência. Como podemos ver no mapa, tais atividades servirão como conceitos subsunçores acima citados, onde as setas verdes indicam ancoragem para o conceito de frequência bem como as vermelhas, ancoragem para o conversão e transporte de energia. As quatro atividades experimentais citadas acima são:

- Atividade experimental A: Pêndulo simples;
- Atividade experimental B: Sistema massa-mola vertical;
- Atividade experimental C: Pêndulo de isopor x diapásão.
- Atividade experimental D: Ventilador com estroboscópio

O segundo momento pedagógico consiste no que Ausubel denomina aprendizagem combinatória, na qual os conceitos de transferência de energia e frequência, são manipulados por meio dos pêndulos acoplados, buscando a construção significativa do conceito primitivo de onda e, posteriormente, ressonância. Desta forma, os estudantes, dotados dos conceitos de frequência e transporte de energia, agora subsunçores, ou seja, potencialmente significativos para a construção do conceito de ressonância, terão uma breve contribuição do professor mediador,

apresentando-lhes o conceito mais primitivo de uma onda. Pretendemos com essa metodologia, dar novos significados aos organizadores avançados, que serão usados de ancoragem para retomada de conceitos, antes vistos em situações mais abstratas, tornando-os agora subsunçores das informações subsequentes.

O terceiro momento pedagógico consiste em duas atividades experimentais seguidas um vídeo para demonstrar uma situação ligada às situações anteriores e também uma sugestão de vídeo educativo sobre o tema deste trabalho. Segundo Ausubel, este conjunto de atividades está relacionada ao que ele chama de aprendizagem subordinada. São situações experimentais que guardam grandes semelhanças entre si e que podem ser explicadas por meio dos conceitos construídos nos momentos pedagógicos 1 e 2. Dizemos subordinada, porque segundo Ausubel, esta aprendizagem acontece quando “uma nova proposição se relaciona com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente”.

Tais atividades experimentais citadas acima são:

- AO4 – Atividade experimental F – Caixa de ressonância com frequências idênticas;
- AO5 – Atividade experimental de simulação G – Ressonância de construções;
- AO6 – Vídeo de Tacoma Narrows bridge;
- AO7 – Vídeo da série Universo Mecânico: Ressonância.

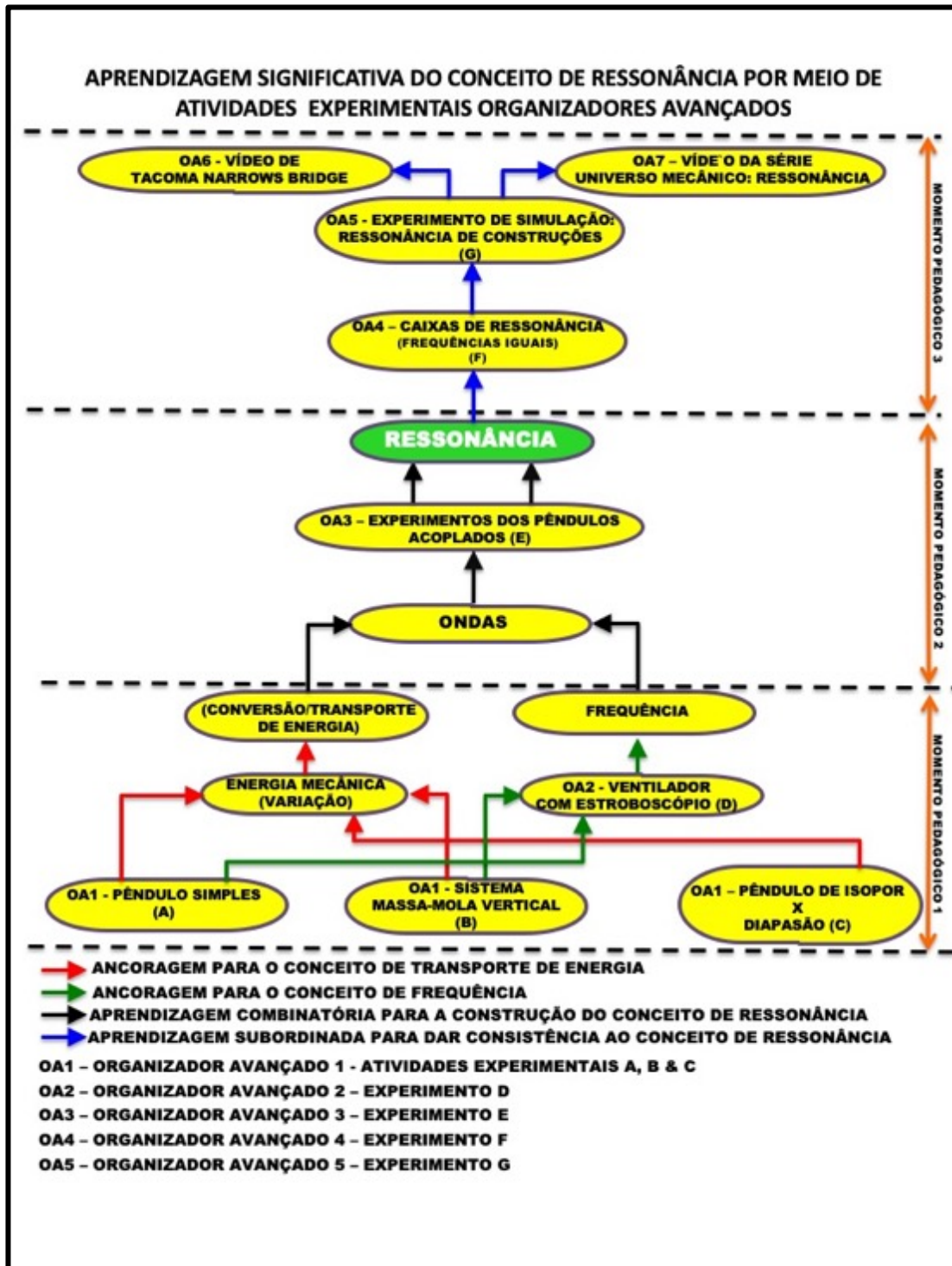


FIG.1 – MAPA CONCEITUAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

2.2 Sequência didática

Os estudantes deverão manipular os aparatos que constituem o primeiro organizador avançado seguindo as orientações previamente estabelecidas pelo professor-mediador. Espera-se que com a interação cognitiva dos estudantes com os aparatos, bem como a troca de saberes durante o processo, onde a mediação do professor terá também importância, acarrete em um enriquecimento nos próprios organizadores, tornando-os mais robustos e consistentes. Assim,

sabemos que a aprendizagem significativa se caracteriza pela *interação cognitiva* entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade. (MOREIRA, 2005, p. 4).

Essa interação entre o novo a ser aprendido e o já conhecido, potencialmente significativo, corporifica-se, no presente produto, em atividades experimentais, sendo estas a ponte segura que possibilita, além da interação aluno-aluno e aluno-professor, autonomia, ludicidade, manipulação ativa e não mecânica, aguçando a curiosidade, motor da construção do conhecimento.

Sabemos que os organizadores avançados podem ir muito além de atividades experimentais, englobando filmes, simulações, jogos, histórias contadas por professores. Neste sentido, procuramos diversificar como pode ser visto no mapa acima, colocando no momento pedagógico 3 algumas dessas possibilidades.

2.2.1 - Primeiro momento pedagógico

Durante esse primeiro momento, os educandos preencherão tabelas com dados coletados ao longo do manuseio dos aparatos e responderão, ao final de cada um dos três momentos pedagógicos, acima descritos, a um questionário específico.

ROTEIRO DO MOMENTO PEDAGÓGICO 1			
EXPERIMENTO	DURAÇÃO	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS
OA1 PÊNDULO SIMPLES	30 min	GRUPO 1 Seguindo as orientações especificadas pelo professor, para o manuseio do pêndulo simples, os estudantes deverão fazer anotações sobre os assuntos que permeiam o experimento e responder um questionário.	Os estudantes devem perceber a semelhança entre os experimentos deste momento pedagógico, dando ênfase para os conceitos de conversão/ transporte de energia e frequência.
OA1 SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL		GRUPO 2 Seguindo as orientações especificadas pelo professor, para o manuseio do sistema massa-mola, os estudantes deverão fazer anotações sobre os assuntos que permeiam o experimento e responder um questionário.	
OA1 PÊNDULO DE ISOPOR X DIAPASÃO		GRUPO 3 Seguindo as orientações especificadas pelo professor, para o manuseio do pêndulo de isopor com o diapasão, os estudantes deverão fazer anotações sobre os assuntos que permeiam o experimento e responder um questionário.	
OA2 VENTILADOR COM ESTROBOSCÓPIO	30 min	Para uma problematização do conceito de frequência associado ao movimento circular uniforme, o professor mediador apresenta o organizador prévio número dois, que consiste em analisar a frequência das hélices de um ventilador com o auxílio de um estroboscópio.	Reforçar o conceito de frequência construído com o auxílio dos organizadores avançados anteriores.

Fonte: elaborado pelo autor.

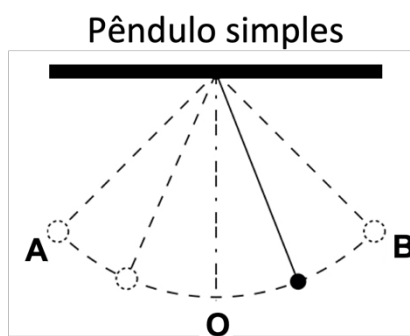
Para concluir a etapa, terão ainda um breve momento para expor suas conclusões e avaliações do momento, fazendo comentários que por alguma razão não coube nos questionários.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO

(Primeiro momento pedagógico)

OA1 "A" - Pêndulo Simples

O estudante será orientado a elevar o pêndulo e abandoná-lo, observando seu movimento periódico. Orientar os estudantes a repetirem o procedimento por diversas vezes, variando a amplitude - posição angular em relação ao ponto fixo do fio - do pêndulo, preenchendo de acordo com sua análise as tabelas e respondendo o questionário ambos apresentados no documento abaixo.



Fonte: elaborado pelo autor.

FIG.2 - MODELO DE PÊNDULO SIMPLES

OA1 - PÊNDULO SIMPLES				
PASSO 01. Preencha as células abaixo com os tópicos de física mecânica observados na atividade experimental do pêndulo simples.				
TÓPICOS DE FÍSICA OBSERVADOS				
PASSO 02. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do pêndulo e meça o tempo que o pêndulo leva para sair da posição "A", ir até a posição "B" e retornar à posição "A", repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1				
POSIÇÃO 2				
POSIÇÃO 3				
PASSO 03. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do pêndulo e meça o tempo necessário para se completar três ciclos (A→O→B→O→A) em nas três condições iniciais escolhidas, repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	Tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1				
POSIÇÃO 2				
POSIÇÃO 3				

QUESTIONÁRIO 01 - PÊNULO SIMPLES

01. No passo 02, você mediu intervalos de tempo para se completar um ciclo ($A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$). Qual grandeza física é representada por esse intervalo de tempo? Como você enunciaria essa grandeza?

RESPOSTA:

02. No passo 03, como podemos saber, pelos dados coletados, quantas oscilações do pêndulo ocorrem no tempo de 1s?

RESPOSTA:

03. Determine o número de oscilações completas ($A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$), a cada segundo de movimento.

RESPOSTA:

04. Qual grandeza física foi determinada no quesito 03 acima? Reescreva o resultado acima explicitando sua intensidade com a respectiva unidade de medida no sistema internacional de unidades.

RESPOSTA:

05. No passo 01 de sua análise, foram citados vários tópicos de física associados à atividade experimental realizada. especifique os tipos de energia associadas às posições A, O e B em cada ciclo do movimento da esfera.

ENERGIAS MECÂNICAS

POSIÇÃO A

POSIÇÃO B

POSIÇÃO C

06. Considerando as energias descritas acima, em cada posição especificada, explique porque as energias são de modalidades distintas.

RESPOSTA:

A \rightarrow O

\rightarrow

O \rightarrow B

\rightarrow

B \rightarrow O

\rightarrow

O \rightarrow A

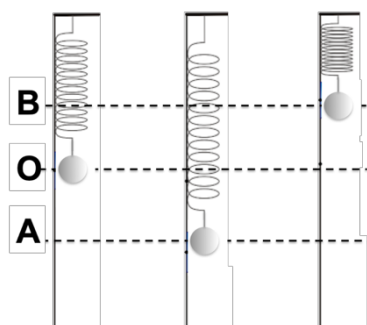
\rightarrow

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO (Primeiro momento pedagógico)

OA1 "B" - Sistema massa-mola vertical

O estudante será orientado a, após verificar o ponto de equilíbrio do sistema, exercer uma força na esfera na direção vertical e para baixo, deformando a mola acoplada à esfera até uma posição específica e abandonar o sistema, verificando o movimento periódico produzido. O professor mediador deverá orientar os estudantes a repetirem o procedimento por diversas vezes, variando a amplitude - posição em relação ao ponto de equilíbrio da esfera - do sistema, preenchendo de acordo com sua análise as tabelas e respondendo o questionário, ambos apresentados no documento abaixo.

Sistema massa-mola vertical



Fonte: elaborado pelo autor.

FIG.3 - MODELO DE SISTEMA MASSA-MOLA

OA1 - SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL				
PASSO 01. Preencha as células abaixo com os tópicos de física mecânica observados na atividade experimental do pêndulo simples.				
TÓPICOS DE FÍSICA OBSERVADOS				
PASSO 02. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do sistema e meça o tempo que a esfera leva para sair da posição "A", ir até a posição "B" e retornar à posição "A", repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1				
POSIÇÃO 2				
POSIÇÃO 3				
PASSO 03. Escolha três posições iniciais distintas (amplitudes diferentes) para o abandono do sistema e meça o tempo necessário para se completar três ciclos (A→O→B→O→A) nas três condições iniciais escolhidas, repetindo a medição por 3 vezes.				
	Tempo medido 1	Tempo medido 2	Tempo medido 3	tempo médio
POSIÇÃO 1				
POSIÇÃO 2				
POSIÇÃO 3				

QUESTIONÁRIO 02 - SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL

01. No passo 02, você mediu intervalos de tempo para se completar um ciclo ($A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$). Qual grandeza física é representada por esse intervalo de tempo? Como você enunciaria essa grandeza?

RESPOSTA:

02. No passo 03, como podemos saber, pelos dados coletados, quantas oscilações do sistema massa-mola ocorrem no tempo de 1s?

RESPOSTA:

03. Determine o número de oscilações completas ($A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$), a cada segundo de movimento.

RESPOSTA:

04. Qual grandeza física foi determinada no quesito 03 acima? Reescreva o resultado acima explicitando sua intensidade com a respectiva unidade de medida no sistema internacional de unidades.

RESPOSTA:

05. No passo 01 de sua análise, foram citados vários tópicos de física associados à atividade experimental realizada. especifique os tipos de energia associadas às posições A, O e B em cada ciclo do movimento da esfera.

	ENERGIAS MECÂNICAS
POSIÇÃO A	
POSIÇÃO O	
POSIÇÃO B	

06. Considerando as energias descritas acima, em cada posição especificada, explique porque as energias são de modalidades distintas.

RESPOSTA:

A \rightarrow O	\rightarrow
O \rightarrow B	\rightarrow
B \rightarrow O	\rightarrow
O \rightarrow A	\rightarrow

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/QUESTIONÁRIO/COMENTÁRIOS (Primeiro momento pedagógico)

OA1 "C" - Pêndulo simples de isopor x Diapasão

O estudante será orientado a, após verificar o ponto de equilíbrio do pêndulo, atacar o diapasão com um martelinho de borracha, fazendo-o vibrar, e em seguida, aproximar o pêndulo de isopor, lentamente até que se toquem. O professor mediador deverá orientar os estudantes a repetirem o procedimento por diversas vezes, variando a amplitude do pêndulo - posição em relação ao ponto de equilíbrio da esfera de isopor - do pêndulo, fazendo comentários a cerca do que acontece com a esfera de isopor e respondendo o questionário, apresentado no documento abaixo.

Pêndulo Simples de isopor X Diapasão

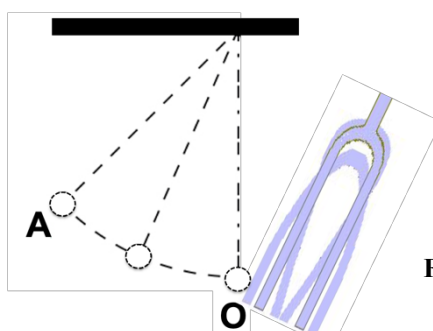


FIG.4 - MODELO DE PÊNDULO SIMPLES DE ISOPOR X DIAPASÃO

OA1 - PÊNDULO SIMPLES DE ISOPOR X DIAPASÃO

PASSO 01. Golpear o diapasão e observar os efeitos.

PASSO 02. Golpear o diapasão com o martelo de borracha, encostar delicadamente o mesmo no pêndulo de isopor e observar os efeitos.

**QUESTIONÁRIO 03 - PÊNDULO SIMPLES DE ISOPOR X
DIAPASÃO**

01. O que acontece com o diapasão após ser golpeado com o martelinho de borracha?

RESPOSTA:

02. Qual o tipo de energia é adquirida pelo diapasão após ser golpeado?

RESPOSTA:

03. Com o pêndulo na posição de equilíbrio, após o toque da esfera de isopor com o diapasão recentemente golpeado, o que acontece com ambos, esfera e diapasão? O que explica esse resultado?

RESPOSTA:

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 1)

Disserte sobre as atividades experimentais vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nas tabelas e questionários.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/COMENTÁRIOS **(Primeiro momento pedagógico)**

OA2 - Ventilador com estroboscópio

Esse organizador avançado necessita que o professor-mediador faça uma breve explicação sobre o estroboscópio, aparelho este possivelmente desconhecido por parte dos alunos, bem como deverá fazer uma breve explicação de como enxergamos os objetos. Após a explicação, o professor mediador irá apresentar um ventilador previamente ligado, onde irá conter uma frase escrita nas suas hélices. Frase esta que não será possível ser lida pelos estudantes sem auxílio do estroboscópio. O professor-mediador então, liga o estroboscópio e ajusta sua frequência de modo que fique idêntica à frequência de rotação das hélices do ventilador, tornando possível a leitura da frase escrita. Baseados nos conceitos e nas relações estabelecidas entre esses conceitos durante as atividades experimentais anteriores, os estudantes descrevam o comportamento físico desta atividade experimental.

Antes de realizar a atividade, o professor deve fazer um questionamento relacionada à óptica geométrica. Pergunta-se: O que nos torna capazes de ver objetos? O professor deve explicar que os objetos são vistos devido à reflexão difusa da luz que os atinge.

OA2 - VENTILADOR COM ESTROBOSCÓPIO
Observar a demonstração experimental executada pelo professor-mediador discutir e registrar suas conclusões.

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

Baseados nos conceitos e nas relações estabelecidas entre esses conceitos durante as atividades experimentais anteriores, descrevam o comportamento físico desta atividade experimental. O que nos torna capazes de enxergar as hélices do ventilador paradas?

2.2.2 - Segundo momento pedagógico

No segundo momento pedagógico o professor-mediador se aproveita das conclusões dos estudantes a cerca dos conceitos de transporte de energia e frequência e faz uma breve explicação do conceito mais primitivo de ondas, explicitando que existem apenas duas formas de se transferir energia, ou pela realização de trabalho ou por meio de ondas. Em seguida os alunos manipulam um aparato de pêndulos acoplados, com o intuito de associar o que foi construído no primeiro momento pedagógico, com o movimento do sistema de pêndulos, que podem possuir mesmo comprimento ou comprimentos diferentes. Os estudantes preencherão tabelas e responderão ao questionário correspondente à atividade experimental.

ROTEIRO DO MOMENTO PEDAGÓGICO 2			
EXPERIMENTO	DURAÇÃO	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS
OA3 SISTEMA DE PÊNDULOS SIMPLES ACOPLADOS	30min	Seguindo as orientações especificadas pelo professor, para o manuseio do sistema de pêndulos simples acoplados, os estudantes deverão fazer anotações sobre os assuntos que permeiam o experimento e responder um questionário.	Os estudantes devem inicialmente perceber a variação de energia associada a cada pêndulo. Posteriormente, deverão perceber que a diminuição da energia de um dos pêndulos está associada ao aumento de energia de um outro. Por fim, espera-se que os alunos concluam que a energia é, em sua quase totalidade, trocada entre pêndulos de comprimentos semelhantes, o que demonstra o conceito de ressonância.

Fonte: elaborado pelo autor.

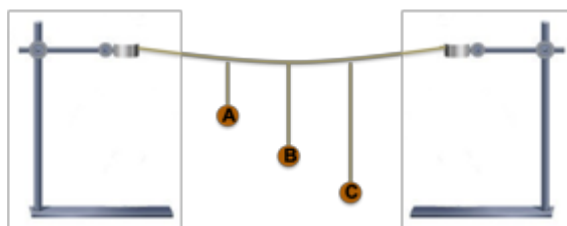
Ao fim da análise da atividade experimental, o professor orientador solicita que os estudantes dissertem sobre a atividade experimental e revela que o fenômeno estudado, é chamado de ressonância, culminando a sequência didática pretendida. Para concluir a etapa, terão ainda um breve momento para expor suas conclusões e avaliações do momento, enunciando com suas próprias palavras o conceito que define o fenômeno da ressonância.

**ORIENTAÇÕES
ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO/COMENTÁRIOS
(Segundo momento pedagógico)**

OA3 - Sistema de Pêndulos Simples acoplados

O terceiro organizador avançado, consiste em um sistema de pêndulos acoplados, que demonstrará a relação entre transmissão de energia e os comprimentos dos pêndulos. O estudante será orientado a elevar um dos pêndulos e abandoná-lo, observando seu movimento periódico. O estudante deverá apenas se ater ao que acontece, do ponto de vista energético com cada um dos pêndulos do sistema. Orientar os estudantes a repetirem o procedimento por diversas vezes, até que percebam cada uma das etapas previstas nos objetivos. Para chegarem aos objetivos esperados, terão auxílio de orientações específicas, tabelas e questionário, como apresentados no documento abaixo.

Sistema de pêndulos acoplados



Fonte: elaborado pelo autor.

FIG.5 - MODELO DO SISTEMA DE PÊNDULOS ACOPLADOS

OA3 - SISTEMA DE PÊNDULOS ACOPLADOS	
PASSO 01. Perturbe o pêndulo "A", elevando o mesmo e o abandonando, permitindo sua livre oscilação e observe seu movimento bem como o comportamento dos pêndulos "B" e "C",	
Descreva o que se observa nos pêndulos "A ", "B" e "C",	
A	
B	
C	
PASSO 02. Aumente o comprimento do pêndulo "A", igualando-o ao pêndulo B e repita o PASSO 01.	
Descreva o que se observa nos pêndulos "A ", "B" e "C",	
A	
B	
C	

QUESTIONÁRIO 04 - SISTEMA DE PÊNULO ACOPLADOS

01. No passo 01, você perturbou o pêndulo "A", realizando um trabalho sobre ele, ou seja, fornecendo energia ao mesmo. Após abandoná-lo, o que aconteceu com essa energia após alguns segundos?

RESPOSTA:

02. No mesmo passo 01, você não perturbou os pêndulos "B" e "C". O que aconteceu com eles, do ponto de vista energético?

RESPOSTA:

03. No passo 02, você, após igualar os comprimentos dos pêndulos "A" e "B", voltou a perturbar o pêndulo "A", realizando um trabalho sobre ele, ou seja, fornecendo energia ao mesmo. Após abandoná-lo, o que aconteceu com essa energia após alguns segundos?

RESPOSTA:

04. No mesmo passo 02, você não perturbou os pêndulos "B" e "C". O que aconteceu com eles, do ponto de vista energético?

RESPOSTA:

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 2)

Disserte sobre as atividades experimentais vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nas tabelas e questionários.

DEFINIÇÃO DO CONCEITO CONSTRUÍDO

Escreva com suas palavras a definição do conceito construído a cerca do fenômeno estudado na atividade experimental.

NOME DO FENÔMENO: _____

DEFINIÇÃO:

2.2.3 - Terceiro momento pedagógico

O terceiro momento pedagógico tem como objetivo, a *aprendizagem subordinante*, que se dará por meio de atividades experimentais realizadas pelo professor-mediador com participação dos alunos, para ativar os conceitos mecânicos de transporte de energia e frequência.

A aprendizagem subordinante ocorre quando uma nova proposição se pode relacionar ou com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente, ou com um vasto conjunto de ideias antecedentes geralmente relevantes da estrutura cognitiva, que se podem subsumir de igual modo. (AUSUBEL, 2003, p. 3).

Como neste momento pedagógico, traremos organizadores avançados que envolvem ondas de natureza sonora, o professor mediador fará uma breve explicação de como o som se propaga.

ROTEIRO DO MOMENTO PEDAGÓGICO 3			
EXPERIMENTO	DURAÇÃO	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS
<p>OA4 CAIXAS DE RESSONÂNCIA (frequências idênticas)</p>	20 min	Neste organizador avançado, o professor-mediador perturbará uma caixa de ressonância que estará de frente para outra caixa idêntica. Depois repetirá o processo colocando o pêndulo de isopor em contato com o segundo diapasão.	Verificar que a energia de vibração foi passada de um diapasão para o outro e posteriormente para a esfera de isopor, aumentando sua amplitude de vibração.
<p>OA5 EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO: Ressonância de construções</p>	20 min	Neste organizador avançado, o professor-mediador possui um aparato que fará uma simulação de construções que são abaladas por terremotos.	Verificar que as dimensões das estruturas são diferenciais nos impactos causados por ondas mecânicas produzidas pelos terremotos.
<p>OA6 VÍDEO DE TACOMA NARROWS BRIDGE</p>	10 min	O professor-mediador agora apresenta o vídeo da ponte de Tacoma Narrows que ruiu devido à ressonância da estrutura com a vibração dos ventos.	Verificação do fenômeno da ressonância na destruição da ponte.
<p>OA7 VÍDEO DA SÉRIE UNIVERSO MECÂNICO</p>	30 min	Um vídeo que retoma o conceito de ressonância de maneira mais poética.	Enriquecer o conhecimento dos estudantes e aguçar a curiosidade dos mesmos a respeito dos tópicos de ondulatória.

Fonte: elaborado pelo autor.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS/TABELAS/QUESTIONÁRIO (Terceiro momento pedagógico)

OA4 - Caixas de ressonância (frequências idênticas)

As caixas de ressonância são acopladas a diapasões de frequência de 256 Hz e serão utilizadas de acordo com as orientações específicas descritas no documento abaixo.

Caixas de ressonância com diapasões acoplados



FIG.6 - MODELO DAS CAIXAS DE RESSONÂNCIA COM DIAPASÕES ACOPLADOS

https://www.3bscientific.com.br/par-de-diapasoes-de-440-hz-sobre-caixas-de-ressonancia-1002612-u10120-3b-scientific,p_437_674.html (acesso em 17/12/18)

OA4 - CAIXAS DE RESSONÂNCIA

PASSO 01. O professor-mediador apresenta as caixas de ressonância aos estudantes demonstrando como deve ser perturbado o diapasão. Após perturbar um dos diapasões, cujas caixas estão posicionadas uma de frente para outra, pede para os alunos anotarem o que perceberam com a demonstração, fazendo referências ao que foi verificado nos momentos pedagógicos 1 e 2.

Passo 02. Repita o passo 01, mas dessa vez faça o pêndulo de isopor entrar em contato com o segundo diapasão, não perturbado, e relate mais uma vez o que perceberam, dando ênfase ao que foi construído nos momentos pedagógicos 1 e 2.

QUESTIONÁRIO 05 - CAIXAS DE RESSONÂNCIA COM PÊNDULO DE ISOPOR

01. No passo 01, o que acontece com a energia adquirida pelo diapasão após ser golpeado com o martelo de borracha? Explique o fato.

RESPOSTA:

02. No passo 02, o que acontece com a esfera de isopor? Explique o fato.

RESPOSTA:

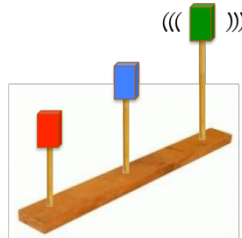
CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

Disserte sobre a atividade experimental vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nos conceitos recém construídos.

OA5 - Experimento de simulação: Ressonância de construções

Os estudantes serão orientados a manipularem o aparato que simula o impacto de terremotos em edifícios com dimensões distintas.

Experimento de Simulação: ressonância de construções



Fonte: elaborado pelo autor.

FIG.7 - MODELO DA SIMULAÇÃO DOS IMPACTOS DE TERREMOTOS EM CONSTRUÇÕES

OA5 - EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO: RESSONÂNCIA DE CONSTRUÇÕES

PASSO 01. Deslize a base do aparato, em movimentos cíclicos unidimensionais ao longo do seu comprimento, tentando manter a frequência constante.

PASSO 02. Repita o PASSO 01, agora com uma frequência maior.

PASSO 03. Repita o processo, agora com uma frequência ainda maior.

**QUESTIONÁRIO 06 - EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO:
RESSONÂNCIA DE CONSTRUÇÕES**

01. No passo 01, quantos e quais os pêndulos foram abalados pela perturbação na base do aparato?

--

02. No passo 02, quantos e quais os pêndulos foram abalados pela perturbação na base do aparato?

--

03. No passo 03, quantos e quais os pêndulos foram abalados pela perturbação na base do aparato?

--

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS (momento pedagógico 3)

Disserte sobre a atividade experimental vivenciadas e explicita os conceitos que foram dados mais ênfase nos conceitos recém construídos.

OA6 - Vídeo de Tacoma Narrows Bridge

Os estudantes assistirão um vídeo que mostra o real impacto do fenômeno da ressonância na ponte de Tacoma Narrows , causando seu rompimento (<https://www.youtube.com/watch?v=j-zczJXSxw&t=279s>) . Abre-se uma rodada de pergunta e dúvidas.

OA7 - Vídeo da série universo mecânico – Episódio 17 - Ressonância

O professor orientador irá sugerir que os estudantes assistam o episódio da série que trata do conceito de ressonância (<https://www.youtube.com/watch?v=UcdDymOznPY&t=86s>) . Um filme que aborda não só os exemplos vivenciados na aula, como também outras aplicações do conceito.

Referências Bibliográficas

AUSUBEL, David. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Disponível em:

<[http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retenc](http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retenc%20de%20conhecimentos.pdf)
[ao%20de%20conhecimentos.pdf](http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retenc%20de%20conhecimentos.pdf)>. Acesso em: 15 de dez. de 2018.

MOREIRA, Marco Antônio. **Organizadores prévios e Aprendizagem Significativa.** Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, N° 2, 2008, pp. 23-30.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizaje Significativo Crítico.** Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, nº 6, pp. 83-101, 2005.

NOVAK, J.D.; GOWIN, B. D. **Aprender a Aprender.** Lisboa: Plátano, 1994.

¹TAMIR, P. Practical work at school: An analysis of current practice. In: WOOLNOUGH, B. (ed). **Practical Science.** Milton Keynes: Open University Press, 1991.