

**O USO DE EXPERIMENTOS COMO APOIO À APRENDIZAGEM: UMA
ABORDAGEM COM FOCO EM FENÔMENOS ONDULATÓRIOS DURANTE O
DESENVOLVIMENTO DE AÇÃO EXTENSIONISTA**

**THE USE OF EXPERIMENTS AS SUPPORT FOR LEARNING: AN APPROACH
FOCUSING ON WAVE PHENOMENA DURING THE DEVELOPMENT OF
OUTREACH ACTION.**

Wenderson Barros*
Gislene Micarla Borges de Lima**

RESUMO

Este presente artigo apresenta o relato de experiência do processo de planejamento, criação e exposição de propostas didáticas voltadas para o público em geral. Tais práticas visam uma abordagem qualitativa de fenômenos físicos ondulatórios, e também objetivam a promoção da participação da comunidade na discussão do campo científico e tecnológico. O processo de criação ocorreu ao longo da execução de ação extensionista, realizada pelo campus de Angicos, da Universidade Federal Rural do Semiárido, numa perspectiva de colaborar com o debate da indissociabilidade entre o ensino, a pesquisa e a extensão. A exposição para a comunidade ocorreu na X Semana de Ciência e Tecnologia do referido campus e permitiu que os visitantes fizessem um “passeio” pelos principais fenômenos ondulatórios conhecidos. As propostas didáticas foram construídas com materiais de baixo custo, com a utilização de elementos lúdicos, como a construção de materiais com efeitos de fluorescência e um ambiente de exposição escuro, nomeado de “sala escura”. Os experimentos foram úteis para abrir espaço para discussões dos conceitos de pulso, padrão ondulatório, reflexão de ondas, frequência e período, além de proporcionar a observação de fenômenos como de geração de ondas estacionárias, ressonância e efeito doppler. Registros fotográficos da exposição foram reunidos e mostram um envolvimento significativo da comunidade e um olhar curioso acerca do que está sendo observado. Além disso, mostram a participação de estudantes de graduação envolvidos no processo de popularização da ciência, em especial, da física.

Palavras-chave: Ensino de Exatas; Experimentos em Ondas; Aprendizado Dinâmico; Extensão Acadêmica; SECITEC.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Moreira (2021), “Os alunos não aprendem física significativamente, memorizam mecanicamente fórmulas, definições, respostas certas, para serem reproduzidas nas provas e esquecidas logo depois”. Dessa forma, é notório que desde sua implementação, a física como matéria curricular traz consigo paradigmas de dificuldade que constantemente se revelam por meio dos elevados índices de reprovação. Há estudos que mostram uma alta retenção em disciplinas de física, a exemplo do trabalho desenvolvido por Silva *et al* (2016), o qual mostrou uma taxa de reprovação significativa na disciplina de Física 1 de 61,28% no curso de engenharia elétrica do Instituto Federal da Bahia. Os apontamentos feitos pelo autor já se apresentam na educação básica, se perpetuando no ensino médio e trazem sérios problemas no ensino superior. O artigo desenvolvido por Moreira, traz ainda indagações acerca dos desafios contemporâneos para o ensino de física, segundo autor:

Ensinar e aprender Física envolve conceitos e conceitualização, modelos e modelagem, atividades experimentais, competências científicas, situações que façam sentido, aprendizagem significativa, dialogicidade e criticidade e interesse.

Portanto, a ideia da utilização de experimentos práticos para consolidar conceitos vistos em sala de aula é importante de acordo com o pesquisador, sendo uma estratégia plausível para impactar os problemas supracitados. Rodrigues (2013) afirma que: “em relação às práticas aliadas às teorias, é interessante desenvolver a curiosidade e desejo de investigação, por parte dos alunos, o que demanda na busca, por parte do professor, da realidade de atividades, muitas vezes, simples, mas que resultam em real aprendizagem”

Na maioria das vezes as práticas não são suficientes ou não apresentam o grau de compreensão desejado para o referencial teórico adotado, os motivos são os mais diversos possíveis, e alguns destes são: a falta de espaço físico na instituição de ensino que está diretamente associado com a falta de equipamentos adequados, o déficit de tempo por parte do próprio corpo docente na elaboração dos experimentos, dentre diversos outros fatores. Acontece que não precisa ser tão difícil, pois o advento da tecnologia bem como a facilidade de obtenção de materiais traz consigo uma nova perspectiva que pode ser difundida sem precisar de equipamentos caríssimos e de difícil manuseio.

Mesmo diante dos desafios aqui elencados, eles precisam ser enfrentados por todas as camadas da sociedade, pois problemas como a falta de compreensão de assuntos, dificuldade de interpretação, problemas com a matemática básica e conceitos fundamentais da física fazem do corpo discente brasileiro um dos menores desempenho quando comparado com outros países. O programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) traz consigo esta realidade com resultados bem ruins acerca do desempenho de alunos brasileiros até 15 anos na área da ciência que por sua vez implicam em impactos diretos a forma com que estes absorvem informações nas etapas seguintes de seus desenvolvimentos acadêmicos (Ensino médio e superior). O relatório disponibilizado pela Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais da última avaliação traz dados alarmantes, com o Brasil aparecendo em último lugar em ciências, junto com Argentina e Peru (INEP, 2020).

Para, Zulma e Daniel (2015, p59), (...) “as habilidades necessárias para o desenvolvimento do espírito investigativo nos alunos, não estão associadas a laboratórios modernos e equipamentos sofisticados. Em muitos momentos, experimentos simples, com materiais e lugares alternativos, podem levar o aluno a importantes descobertas” e é este pensamento que interliga o presente trabalho a sua principal problemática que permeia a temática escolhida oriunda da idealização de uma questão base: “É possível elaborar experimentos de forma simplificada, dinâmica e sem altos custos para que apresentem um potencial de despertar para a ciência, capaz de complementar os métodos puramente teóricos?” O fato é que trazer para a realidade das instituições de ensino o uso da experimentação traria muitos benefícios para os alunos, como afirma Bueno (2015, p6):

Quanto ao professor, ao desenvolver atividades práticas em sala de aula, estará colaborando para que o aluno consiga observar a relevância do conteúdo estudado e possa atribuir sentido a este, o que o incentiva a uma aprendizagem significativa e, portanto, duradoura.

Neste contexto, a extensão universitária pode ser alinhada no que se refere à execução de ações de melhoria da Educação Básica, através de projetos que possam estimular professores e estudantes a terem uma vivência maior com a experimentação.

Tais benefícios são possíveis graças à própria universidade, que quando se trata de ações desse tipo, pautadas de acordo com o Artigo nº 207 da constituição (Brasil, 1988), detém a autonomia didático-científica e através da tríade ensino, pesquisa e extensão deve contribuir não só com a produção universitária, mas também com ações voltadas ao desenvolvimento dos indivíduos ali inseridos, assim como, do ambiente em que se encontra. Conforme Batista (2003):

A extensão universitária é uma forma de interação que deve existir entre a universidade e a comunidade na qual ela está inserida, uma espécie de ponte permanente entre a universidade e os diversos setores da sociedade. Funciona como uma via de duas mãos em que a universidade leva conhecimentos e/ou assistência à comunidade e recebe dela influxos positivos em forma de retroalimentação, tais como suas reais necessidades, anseios e aspirações. (BATISTA, LUCIA, 2003, p. 120)

É possível ponderar que esse é, de fato, o propósito subjacente à extensão universitária: não apenas ter a capacidade de proporcionar oportunidades a indivíduos ou grupos específicos, mas também a todos aqueles que demonstrem interesse em um determinado tópico, almejando assim promover a inclusão e a oferta equitativa de oportunidades. Isso inclui também fomentar o desenvolvimento do letramento científico entre os participantes, que conforme definido pelo INEP (2010) é "a habilidade de utilizar o conhecimento científico para identificar questões, adquirir novos conhecimentos, explicar fenômenos científicos e formular conclusões baseadas em evidências relativas a questões científicas." Assim, dentro deste contexto, a realização de experimentos científicos emerge como um meio eficaz de tornar esse conceito tangível e acessível na prática.

Alinhado a este pensamento, foi desenvolvido a ação de extensão EXPO-FAD¹, oriunda do Centro Multidisciplinar de Angicos (CMA), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) A proposta do projeto de extensão foi criar um espaço no formato de oficina que proporcionasse um ambiente favorável à inovação e ao empreendedorismo no ambiente acadêmico, alinhado aos Objetivos 04 (Educação de qualidade) e 12 (Consumo e produção responsáveis) de Desenvolvimento Sustentável. Foram criados neste espaço experimentos/produtos expostos na Semana de Ciência e Tecnologia para toda a comunidade e visitarão escolas de Angicos e regiões circunvizinhas. Buscou-se, com a execução do projeto, popularizar a ciência e a robótica, atraindo o público em geral para estas áreas, além de contribuir com a formação dos estudantes de graduação do campus.

O processo de criação de práticas experimentais, exigiu a execução de pesquisas na área de ensino, com leitura de artigo, busca de materiais em vídeos, visitas a páginas na internet de museu de ciências, o que fez com que os estudantes de graduação envolvidos tivessem contato com a prática da pesquisa, ao mesmo tempo, por ser pensada como uma atividade para atingir a comunidade, houve a caracterização como atividade extensionista, o que conduziu a indissolubilidade da ação como um todo entre o ensino, a pesquisa e a extensão. Ao longo da ação EXPO-FAD, foram construídos experimentos em diferentes áreas da física, no entanto, neste artigo será feito o relato do processo de planejamento, criação e exposição das práticas experimentais desenvolvidas para abordar conceitos e fenômenos ondulatórios.

2 DESENVOLVIMENTO

A abordagem metodológica utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi a de relato de experiência, o qual trata-se de um tipo de produção de conhecimento, que correlaciona

¹ EXPO-FAD: "Abreviação para exposição de fabricação digital"

“vivências acadêmicas e/ou profissionais em um dos pilares da formação universitária (ensino, pesquisa e extensão), cuja característica principal é a descrição da intervenção” (MUSSI; FLORES; ALMEIDA, 2021).

Nesse contexto, o presente artigo empregará essa abordagem de relato de experiência para explorar e apresentar contribuições específicas da vivência acadêmica proporcionada com o auxílio da ação de extensão EXPO-FAD, na realização de experimentos da área de ondulatória. A execução do projeto teve como cerne as seguintes etapas traçadas: preparo teórico, escolha dos experimentos, confecção dos experimentos, apresentação na Semana de Ciência e Tecnologia (SECITEC), que no ano de 2023 chega a sua décima edição (X SECITEC) e é promovida pelo Centro Multidisciplinar de Angicos (CMA) com apoio da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (PROEC) da UFRSA. O evento ocorreu no período de 25 a 28 de setembro de 2023 na UFRSA – Campus Angicos e teve como tema: “SECITEC: 10 anos de ciência e tecnologia para o desenvolvimento do semiárido”. Algumas instituições de ensino que visitaram a exposição foram: Expedito Alves, Francisco Veras, Maria Odília, Joana Honório, Plenitude, José Rufino, Padre Felix e CMEI. Além disso, como etapa final tem-se o estudo dos resultados obtidos pela jornada de confecção dos experimentos, além da satisfação do público mediante as respostas de questionários obtidos.

2.1 Preparo teórico

Antes da elaboração de todos os experimentos descritos adiante, houve um preparo teórico que foi essencial para o sucesso na execução de todos os experimentos. A maioria dos assuntos foram revisados graças um processo de pesquisa bibliográfica, feita em livros de física básica, os quais compreendiam os principais assuntos abordados em ondas, como complemento, vídeos do Youtube, bem como orientações e discussões com a professora coordenadora da ação extensionista, Dra. Gislene Mícarla Borges de Lima. Os assuntos abordados foram: ondas estacionárias, difração, ressonância, frequência, dispersão, reflexão e dentre outros.

A fim de um melhor aproveitamento da pesquisa e criação de todos os experimentos, uma equipe foi formada com os demais integrantes do projeto de extensão vigente. Com a equipe formada, logo após os eventos supracitados, uma pequena reunião entre os membros do projeto foi realizada, onde eram iniciados todos os passos a passo pré-definidos, facilitando de forma expressiva a elaboração e montagem de todos os protótipos e experimentos. Todas as reuniões foram realizadas no laboratório de prototipagem da UFRSA. Tendo início o processo de confecção das práticas o dia 25 de julho de 2023 e finalização dia 27 de novembro de 2023. A maioria dos materiais e reuniões foram realizadas neste local, às vezes entre os próprios alunos e também com a docente responsável.

2.2 Escolha dos Experimentos

A escolha dos experimentos na perspectiva dos autores relatores desta experiência, foi bem divertida e interessante, pois o foco era encontrar experimentos que fossem visualmente impactantes e mesmo assim pudessem ser bem aproveitados para uma apresentação eficiente no quesito teórico no dia da exposição, com o tempo foi possível perceber que mesmo que não fossem tão extravagantes por “natureza”, como é o caso do experimento do Efeito Doppler, o ambiente faria deles impactantes da mesma forma! Pois no momento da apresentação das práticas experimentais, foi criado um ambiente lúdico, nomeado de “sala escura”, os experimentos, em sua maioria, tinham elementos com característica fluorescentes e a utilização de luzes UV.

Durante a seleção dos experimentos, a ideia era adaptar projetos já existentes, com materiais que estavam ao alcance do grupo, muitos itens no processo de construção foram obtidos de materiais recicláveis ou de fácil obtenção. Dessa forma, não seguir exatamente o passo a passo dos originais não foi considerado um grande problema pois a diversidade de ideias ajudou no processo, e permitiu considerar abordagens diferentes a fim de concluir a apresentação e experimentação. E assim foi feito, após duas ou três reuniões entre os membros do grupo, decidiu-se que os seguintes experimentos seriam os escolhidos: “Máquina de cordas” que traz consigo a teoria das ondas estacionárias bem como facilita o entendimento de conceitos básicos do estudo das ondas², “buzzer na bola de tênis, responsável por trazer de forma simples observações referentes ao efeito doppler³, “balanço duplo de pêndulos” que tem como objetivo demonstrar o efeito da ressonância⁴, “Máquina de Ondas” que permite explorar a propagação desse tipo de onda e suas principais propriedades⁵ e por fim o “Espelho infinito” responsável por trazer a discussão acerca do fenômeno de reflexão das ondas⁶.

2.3 Confeção dos experimentos

Nesta seção, serão apresentadas as formas de adaptação de experimentos relacionados aos fenômenos ondulatórios para apresentação na sala escura, exposta na X SECITEC da UFERSA - Campus Angicos.

2.3.1 Máquina de cordas

Uma onda é essencialmente um distúrbio que se propaga através de um meio específico. No contexto do experimento Máquina de Cordas um motor é empregado para gerar diversos distúrbios em um ponto particular de uma corda. Esses distúrbios, ou pulsos, viajam ao longo da corda até atingirem a outra extremidade, que permanece fixa. No entanto, quando esses pulsos alcançam um ponto onde não podem mais continuar se propagando, ocorre o fenômeno da reflexão, o que leva à formação de uma onda estacionária.

Este experimento foi escolhido como o primeiro a ser realizado e, ao mesmo tempo, marcou o ponto de partida do projeto. No entanto, vale ressaltar que este se revelou como o mais desafiador e complexo entre todos os experimentos conduzidos, passando por um total de duas versões de aprimoramento antes de se alcançar a configuração final. A primeira versão seria acoplada com um potenciômetro que seria responsável por ajustar a quantidade de ventres apresentado pela máquina, variando de 2 a 6 ventres⁷, porém a implementação do potenciômetro se revelou ineficaz, já que os que haviam no laboratório de prototipagem não suportavam a voltagem da bateria de 9 volts que havia disponível para uso.

Na segunda versão, foi evidenciado que a utilização de bateria se revelou inviável devido ao fato de que o emprego simultâneo dos dois motores resultava em uma descarga substancialmente mais rápida do que o padrão. Adicionalmente, outras modificações foram introduzidas, incluindo o emprego de tubos e conexões mais amplos, em resposta a uma variedade de desafios associados à integridade estrutural, tais como rupturas e complexidades operacionais.

² Projeto adaptado de: <<https://www.exploratorium.edu/snacks/string-machine>>

³ Projeto adaptado de: <<https://www.exploratorium.edu/snacks/doppler-effect>>

⁴ Projeto adaptado de: <<https://youtu.be/xetRMbo35Iw>>

⁵ Projeto adaptado de: <<https://www.fizzicseducation.com.au/150-science-experiments/light-sound-experiments/wave-demonstrator/>>

⁶ Fonte desconhecida

Figura 1 - Parte dos materiais usados na 1ª e 2ª versão da máquina de cordas



Fonte: próprio autor (2023)

Percebendo essas dificuldades e o aprendizado que estas representavam, a terceira e última versão foi iniciada. A seguir estão dispostos todos os materiais utilizados, bem como o passo a passo adotado pela equipe para criação da máquina de cordas.

- 1,5 metros de comprimento de tubo de PVC⁸;
- Oito Joelhos PVC de 90°;
- Quatro resistores (Três de 220 ohms e um de 100 ohms)
- 38x12 cm de madeira;
- Dois motores (com 4 extensões de cabos), 6V;
- Corda de lã trançada neon verde (46 cm);
- Fita adesiva;
- 2 rolinhos.

Inicialmente o tubo de PVC foi dividido em sete partes com medidas distintas, duas delas com 10 cm, outras duas com 5 cm, uma com 60 cm e por fim duas com 30 cm. Os oito joelhos serviram como conectores da estrutura sem alterações, formando uma estrutura com uma base e dois suportes verticais para os dois motores, após certificar o formato todas as conexões foram lixadas e coladas com cola de cano. As duas rolinhas foram cortadas ao meio e um furo foi feito no centro da circunferência de ambas a fim de acoplá-las nos motores que por sua vez também foram colados nos dois joelhos cortados ao meio.

Figura 2 – (a) Representação 3D da estrutura. (b) Máquina de cordas completa

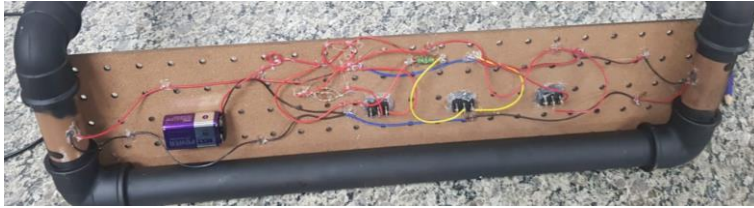


Fonte: próprio autor (2023)

Com relação a parte elétrica, ao invés de utilizar o potenciômetro para calibrar a forma da onda, foram utilizados resistores que impediam a passagem de corrente elétrica e diminuía a intensidade de rotação dos motores. Juntos ao circuito, tinha-se três interruptores responsáveis pela ativação das três velocidades: a primeira não possuía nenhuma resistência, logo era a velocidade máxima, para ativar o meio termo foram colocados 3 resistores de 220 ohms em paralelo, gerando uma resistência equivalente final de 73.3333 Ohms. E por fim, para a velocidade mais baixa um resistor de 100 ohms foi utilizado. Como fonte de energia

eletromotriz, uma fonte de 9V foi usada no lugar das baterias de mesma voltagem, o que acabou com o problema de carga que o projeto havia.

Figura 3 - Esquema elétrico da máquina de cordas



Fonte: próprio autor (2023)

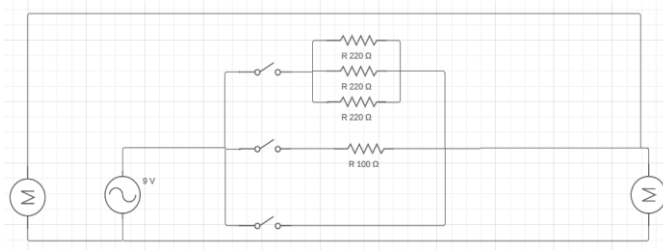
Para obter o valor de 73,3333 ohms supracitado, foi usado a fórmula da resistência equivalente em paralelo, que é dada como:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (1)$$

ou seja, para este caso tem-se:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{220\Omega} + \frac{1}{220\Omega} + \frac{1}{220\Omega} = 73.3333\Omega$$

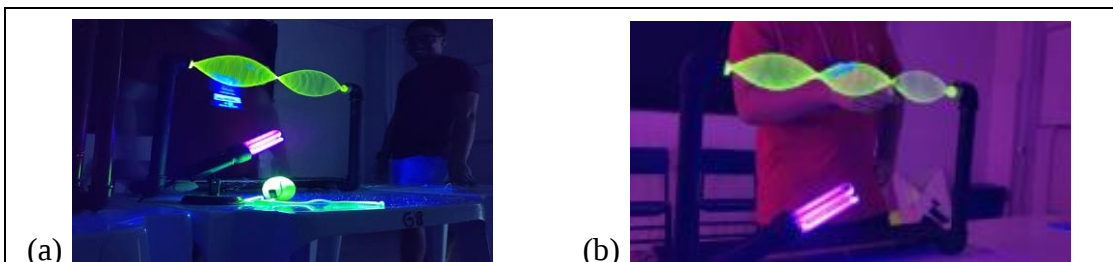
Figura 4 - Diagrama do circuito elétrico



Fonte: próprio autor (2023)

Por fim, após toda a montagem do circuito e da estrutura sobrou apenas a parte estética para ser concluída, como a sala de exposição estaria totalmente escura com exceção das luzes negras, optou-se pela utilização de uma pintura preta em toda estrutura e tinta neon para a corda central, dessa forma toda a atenção do público seria voltada para ela, já que seria nela o efeito de onda estacionária. Para além da estrutura original de canos de PVC, uma base de madeira foi colocada na parte inferior como visto na Figura (3), servindo como peça de suporte para os três interruptores do projeto, melhorando sua estética e dinamicidade.

Figura 5 – (a) Máquina de cordas 2 ventres. (b) Máquina de cordas 3 ventres



Fonte: próprio autor (2023)

Com o projeto da máquina de cordas concluído, foi criado um roteiro de apresentação onde foram discutidos quais e como deveriam ser abordados os temas que permeiam, tanto as

próprias ondas estacionárias como conceitos mais gerais da área de ondulatória. Já durante a apresentação, inicialmente com a máquina já ligada pediu-se que os presentes observassem que a corda se move muito pouco perto das extremidades, porém bastante no meio. Se usássemos os conceitos ondulatórios como explicação, um lugar em uma onda com pouco ou nenhum movimento é chamado de nó, e um lugar com movimento máximo é chamado de antinó. Ao pressionar suavemente a corda com um lápis perto do meio era possível alterar a forma da onda. Explicou-se também que as várias formas estáveis produzidas com a “Máquina de Cordas” também são ondas estacionárias. Com isso foi possível perceber que as ondas estacionárias nada mais são do que ondas que estão na mesma frequência, mesmo comprimento de onda e em sentidos opostos (no caso em questão são provenientes da rotação de um motor no sentido horário e do outro no sentido anti horário). Elas estão relacionadas aos harmônicos em uma corda. Uma das ondas estacionárias apresentadas, possuía três nós, e era considerada uma onda de segundo harmônico, tendo ainda um comprimento de onda inteiro, outro exemplo, apresentava exatamente quatro nós, e era uma onda de terceiro harmônico, que é um comprimento de onda e meio.

Características como frequência, amplitude da onda, ventres, cristas e vales podiam ser percebidas, respectivamente, da seguinte forma: foi explicado que a frequência com que os motores giravam dependiam do interruptor que estava selecionado, visto que cada um trabalhava independentemente do outro indo de velocidade mínima até a máxima, a amplitude da onda podia ser alterada movimentando os “braços” da máquina ficando maior caso comprimidos e menor caso tracionados. Os “ventres” são pontos na onda onde a amplitude da oscilação é máxima e não há movimento aparente e no projeto podiam ser vistos claramente já que a sala escura proporcionava uma visão única dos experimentos.

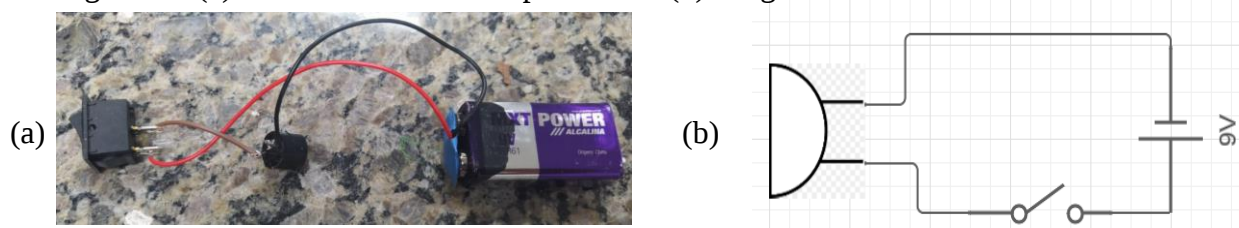
2.3.2 Buzzer na bola de tênis

Com intuito de desmistificar mais um assunto de difícil compreensão por parte dos alunos foi decidido que deveria haver algum experimento relacionado aos principais conceitos e características que o Efeito Doppler apresenta. Logo o Buzzer na bola de tênis parecia satisfatório e simples de ser planejado e produzido. Tudo que se precisava era uma lista de pouco materiais que eram:

- Bola de tênis
- Uma bateria de 9 volts e conector
- Um buzzer de 9 volts (um de tom agudo funciona melhor)
- Corda resistente (25 cm)
- Interruptor Liga/Desliga

A princípio para iniciar a confecção do projeto foi feito um corte na superfície da bola de tênis de 5 cm e após isso um circuito envolvendo o buzzer, a bateria e o interruptor foi fechado e colocado no interior da bola.

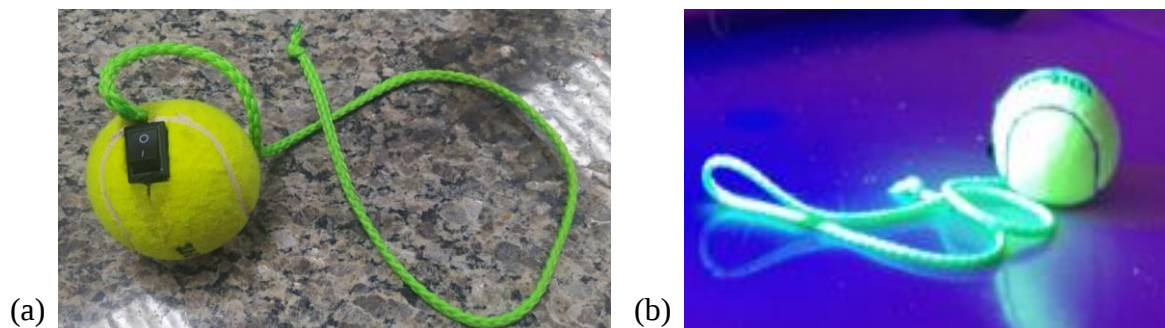
Figura 8 – (a) Circuito interno do experimento. (b) Diagrama do circuito



Fonte: próprio autor (2023)

Após inserir os componentes internamente apenas o interruptor ficou de fora para que o sistema fosse desativado ou ativado conforme a necessidade. A corda foi então conectada à bola, permitindo que o projeto fosse facilmente lançado e recuperado quando necessário e o orifício de entrada foi fechado com a utilização de super cola. O resultado final foi um dispositivo interessante que produzia um som quando arremessado ou girado e proporcionava uma experiência divertida de aprendizado sobre o efeito doppler.

Figura 10 – (a) Experimento concluído. (b) Projeto já na sala escura



Fonte: Próprio autor (2023)

Dessa forma foi explicado para o público que quando um oscilador (o buzzer) que estava dentro da bola de tênis se movia na direção de quem a segurava, esta estava, na prática, se aproximando ligeiramente de suas próprias ondas sonoras. A cada pulso sucessivo do buzzer, a fonte sonora fica um pouco mais próxima de quem tinha posse da bola. Dessa forma o resultado era que as ondas eram comprimidas, e mais delas alcançavam o ouvido a cada segundo do que se o buzzer estivesse parado. Em suma, a frequência do buzzer parecia ser mais alta. À medida que o buzzer era afastado, menos ondas alcançavam o ouvido a cada segundo, fazendo com que o tom resultante parecesse mais baixo. Todavia era ressaltado que a frequência do próprio buzzer não mudava em nenhum dos casos.

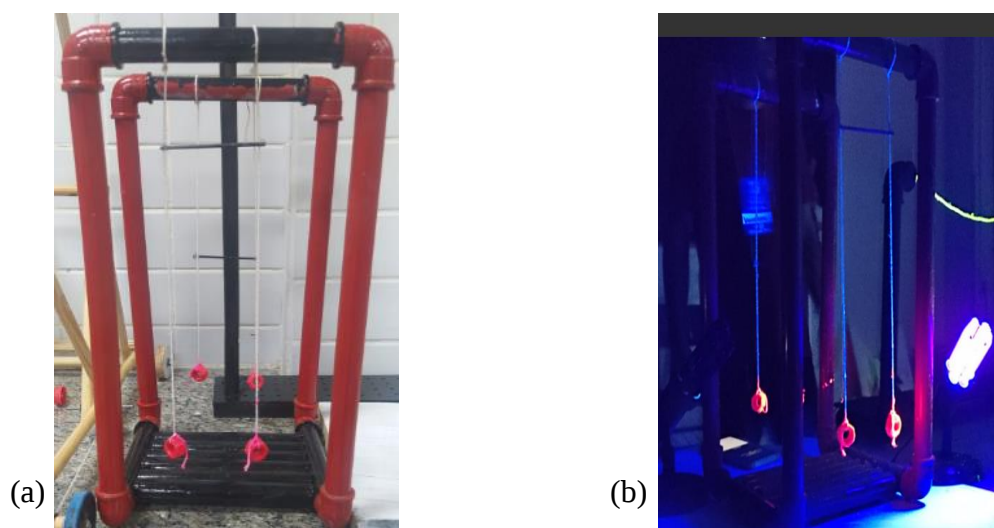
2.3.3 Balanço duplo de pêndulos

Esse experimento traz consigo de maneira intrínseca o conceito da ressonância, sua produção foi a mais rápida de todas visto que não demanda de muitos materiais, a maior dificuldade apresentada foi no ajuste do tamanho dos pêndulos já que para que apresentassem um resultado satisfatório os comprimentos várias vezes testados e refeitos. A estrutura feita de canos já havia sido pré-montada contendo as seguintes medidas: quatro pedaços de cano de 30cm (que estão na vertical), quatro de 15cm (que se encontra na parte superior e inferior da estrutura) e por fim seis pedaços de 15cm na parte inferior servindo como base materiais utilizados:

- Duas porcas;
- Quatro cordas (30 cm);
- Dois pedaços de fibra de carbono (10 cm);
- Quatorze pedaços de cano PVC;
- Oito joelhos;
- Tinta Neon (Rosa)

A escolha dos materiais e a montagem enfrentaram significativas adaptações em relação aos componentes originais, devido à ausência de correspondência exata com a fonte de referência.

Figura 12 – (a) Balanço duplo de pêndulos. (b) Experimento na Sala escura



Fonte: Próprio autor (2023)

Para gerar o efeito de ressonância a fibra de carbono foi colada entre as duas cordas que sustentavam as porcas com diferença de altura para cada par, dessa forma ocorria variação de tempo até a ressonância ocorrer. Para exemplificar esse fenômeno durante a exposição uma analogia envolvendo a ressonância e os balanços em parques foi feita já que a relação entre ambos ocorre. A explicação foi a seguinte: basta imaginar que várias crianças estejam se balançando nos balanços com diferentes frequências. Se duas ou mais crianças começarem a balançar-se em sincronia, elas podem inadvertidamente criar uma ressonância no sistema, da mesma forma que ocorre durante o experimento. Quando as crianças balançam em sincronia, elas aplicam forças de maneira consistente e rítmica nos balanços, que podem coincidir com a frequência natural de vibração dos balanços. De certa forma isso faz com que os balanços acabem por aumentar sua amplitude de oscilação e balancem cada vez mais alto e rápido do que o normal. Esse fenômeno pode até ser emocionante para as crianças, mas também pode ser perigoso se não for controlado, pois os balanços podem atingir ângulos perigosos ou sair do controle.

Logo após essa analogia, era explicado que após algumas oscilações, o segundo pêndulo começaria a oscilar, ou balançar para frente e para trás, com a mesma frequência que o primeiro pêndulo. Acontece que a cada balanço, o segundo pêndulo acabaria por aumentar a sua amplitude, ou a “altura” de seu balanço. Eventualmente, os pêndulos oscilariam de maneira igual, ou seja, o segundo pêndulo oscilaria em ressonância com o primeiro.

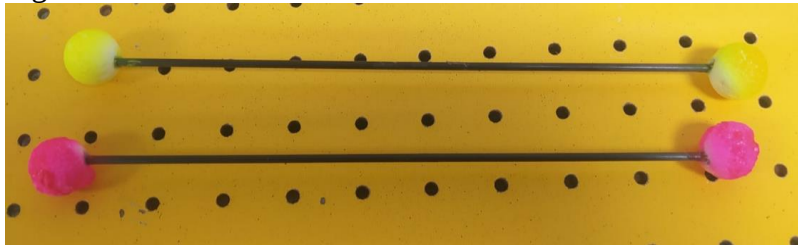
2.3.4 Máquina de Ondas

Este experimento foi um dos primeiros a ser produzido e também um dos primeiros a ser apresentado na sala escura e contava com uma lista de materiais bem pequena que basicamente eram:

- Palitos de fibra de carbono com 25 cm de comprimento;
- Bolinhas de isopor de 35 mm;
- Cola de isopor;
- Fita isolante;
- Tinta Neon verde e rosa.

Para começar duas bolinhas de isopor foram encaixadas e coladas em ambos os lados dos palitos formando uma estrutura individual e isto foi feito, consecutivamente, até atingir o comprimento total do experimento que foi de cerca de 2,3 metros o espaçamento entre cada estrutura individual foi de cerca de 7 cm. Dessa forma bastou passar a fita de ambos os lados com o objetivo de fixar as estruturas da melhor forma possível. Tendo seguido o passo a passo ao esticar as duas pontas do experimento já era possível visualizar a propagação de energia de uma onda.

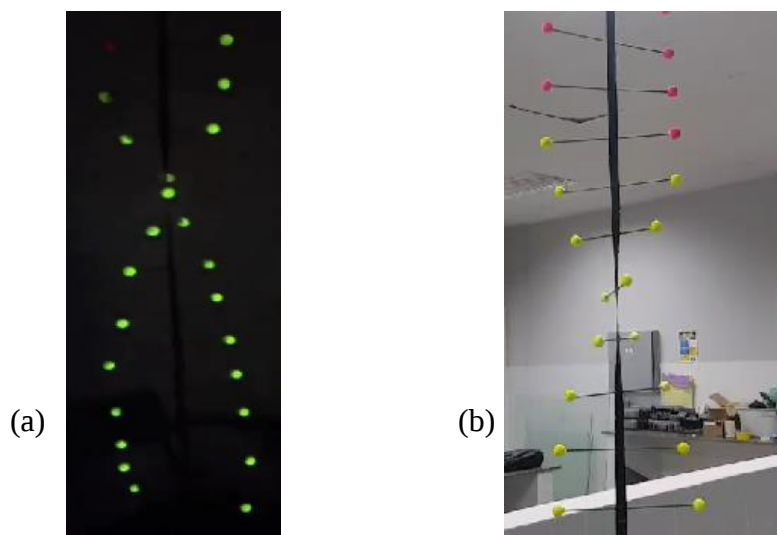
Figura 14 - Estruturas individuais



fonte: Próprio autor (2023)

Uma ótima forma de exemplificar o fenômeno que ocorre é mostrar e explicar para os visitantes que ondas são perturbações que se propagam por um meio transportando energia, sem que haja o transporte da matéria e que na máquina de ondas é possível também observar que as ondas sofrem o fenômeno da reflexão, já que ao atingir a extremidade, as ondas acabam por voltar a se propagar só que dessa vez no sentido oposto outro ponto importante é que esta propagação cessa em função da dissipação de energia ocasionada pela combinação da força gravitacional, caso contrário permaneceria gerando ondas infinitamente, vale ressaltar que a força de tração que age sobre a fita tende a equilibrar o sistema na posição horizontal.

Figura 15 – (a) Projeto já na sala escura. (b) Projeto em fase de testes



Fonte - Próprio autor (2023)

2.3.5 Espelho infinito

Com o propósito de introduzir a apresentação de experimentos realizados na sala escura, com ênfase no fator de impacto inicial, foi desenvolvido um dispositivo denominado "espelho infinito". Em suma, o experimento em questão foi desenvolvido seguindo a seguinte

caracterização: a configuração de um espelho situado na parte inferior de uma estrutura de madeira, equipado com iluminação em forma de LED em suas laterais, e um painel de vidro transparente com revestimento de película refletiva, conhecido como insulfilm espelhado, posicionado logo acima do espelho. Foram feitas duas versões do espelho, uma maior e outra menor.

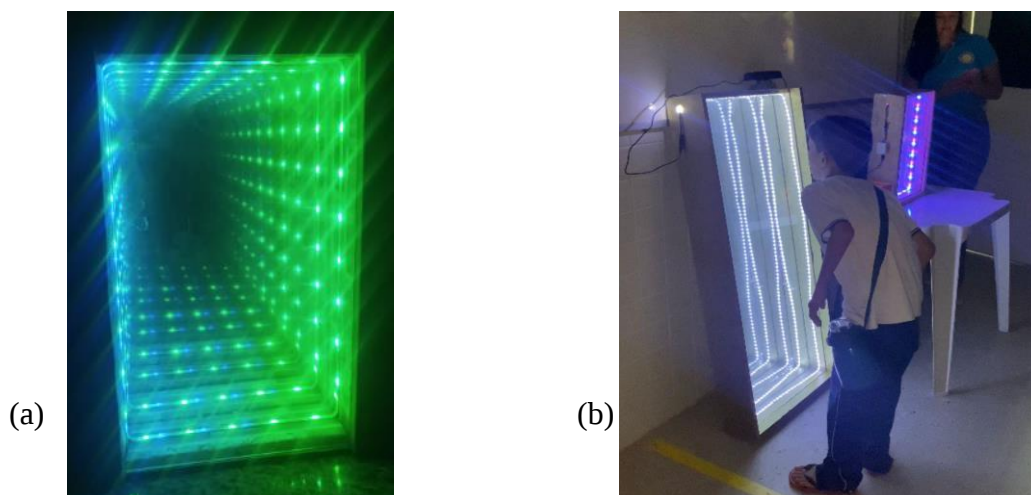
Figura 17 – (a) Estrutura de madeira. (b) Segunda estrutura de madeira



Fonte: Próprio autor (2023)

Basicamente ao ativar a fonte de luz proveniente do LED, esta acaba por irradiar sua luminosidade que por consequência é refletida pelo painel de insulfilm espelhado situado na parte superior do dispositivo. A reflexão é então gerada pelo painel superior, então logo é refletida pelo espelho localizado na parte inferior do sistema, o que resulta na formação de uma imagem refletida na superfície do vidro revestido pelo insulfilm. Este processo de reflexão sucessiva se perpetua de forma “infinita”, resultando em uma sequência contínua de reflexos que se desdobram consecutivamente. É interessante destacar que esta configuração experimental não apenas demonstra de maneira notável o fenômeno da reflexão, mas também ilustra de forma eficaz a natureza cíclica e interminável desse processo, o que, por sua vez, contribui significativamente para a compreensão e apreciação do impacto do experimento nos visitantes da SECITEC.

Figura 19 – (a) Espelhos infinito na sala escura. (b) Criança curiosa com a formação de imagens infinitas.



Fonte: Próprio autor (2023)

Esse experimento foi utilizado como analogia para eventos como a ecolocalização dos golfinhos. Portanto, o experimento do "espelho infinito" é uma maneira eficaz de ilustrar os princípios da reflexão da luz e como esse fenômeno se relaciona com os conceitos ondulatórios, demonstrando como as ondas eletromagnéticas, como a luz, se comportam quando encontram superfícies refletoras.

3 ANÁLISE E RESULTADOS

3.1 Principais barreiras do projeto

Desde o início, a equipe do projeto de extensão enfrentou uma série de desafios que abrangeram desde questões relacionadas à seleção dos experimentos mais apropriados até o mau funcionamento dos protótipos iniciais. Um dos obstáculos iniciais foi o fato de que os potenciômetros utilizados não suportavam a tensão total do circuito, resultando em sua queima prematura. Isso representou um desafio significativo, uma vez que a presença desses potenciômetros era crucial para a calibração da máquina de cordas. Felizmente, essa questão foi resolvida por meio da introdução de resistores, conforme previamente exposto neste artigo.

Além disso, a equipe enfrentou restrições de tempo em relação à disponibilidade para conduzir experimentos. A limitação de realizar experimentos apenas durante determinados horários no turno da noite resultou em atrasos consideráveis em várias etapas dos projetos. Esse fator contribuiu para uma gestão mais desafiadora do cronograma e uma maior complexidade na realização das atividades experimentais. Vale ressaltar que mesmo durante a fase de apresentação dos resultados, os desafios persistiram. A coleta de dados por meio de questionários encontrou dificuldades significativas, apesar de terem sido designadas duas pessoas para essa tarefa. A baixa adesão à resposta aos questionários pode ser atribuída em grande parte à relutância das pessoas em preencher esses instrumentos. Isso pode ser devido à falta de hábito ou à desmotivação para participar de pesquisas.

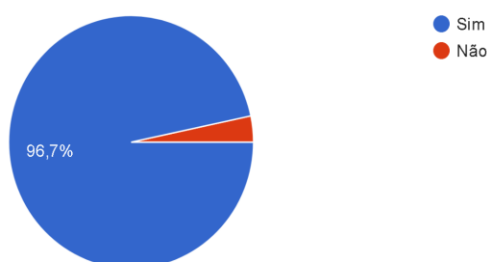
3.2 Questionário de satisfação

Como descrito anteriormente, dois questionários foram aplicados a fim de compreender como a utilização de experimentos podia ajudar tanto no embasamento teórico dos alunos quanto no contexto cotidiano. Tais características foram observadas por meio de aspectos qualitativos referentes à interpretação de respostas a questões descritivas dos alunos participantes do evento. O primeiro questionário referente ao nível de satisfação dos visitantes a sala escura (Apêndice A) apresentou um total de 30 respostas e teve como base a teoria da escala de Likert onde as perguntas usam uma escala de 5 ou 7 pontos, que varia de uma escolha de marcação extrema a outra. Geralmente, uma pergunta que faz parte da teoria da escala Likert de satisfação inclui também uma opção moderada ou neutra. Quando comparadas às perguntas com apenas duas opções (binárias), as perguntas utilizando a escala de Likert oferecem feedback mais apropriado e conciso sobre a qualidade do evento, que vão desde um “não satisfatório” até o “muito satisfatório”. Com esse método é possível descobrir graus de opinião que podem fazer bastante diferença quando o objetivo é compreender da melhor forma possível o feedback recebido, os valores atribuídos a cada resposta permitem a quantificação e análise estatística das respostas, possibilitando a avaliação das tendências e intensidades das opiniões coletadas em um contexto de pesquisa específico. Dessa forma, seguem as perguntas e resultados obtidos durante a aplicação do questionário:

1. Quão interessantes foram os experimentos para você? (90% disseram muito interessante)
2. Na sua opinião, quão claro foi o propósito dos experimentos apresentados? (76,7% disseram muito claro)
3. Quão bem você acha que os experimentos foram organizados e apresentados? (76,7% disseram excelente e uma pessoa 3,3%, foi neutra)
4. Você acredita que os experimentos abordaram temas relevantes na área de ondulatória? (83,3% disseram muito relevante)
5. Você saiu da exposição com uma compreensão mais clara dos conceitos de ondulatória? (96,7%, disse sim)

Gráfico 1 - Resposta referente à pergunta 5 do questionário de satisfação.

Você saiu da exposição com uma compreensão mais clara dos conceitos de ondulatória?
30 respostas



Fonte: Google forms (2023)

Os questionários foram fixados próximos a saída da sala com duas pessoas responsáveis. Em geral, o saldo se mostrou extremamente positivo e o uso de experimentos na educação de forma mais frequente parece ser vista com bastante empolgação já que durante vários momentos das apresentações, os discentes e a comunidade externa evidenciaram o fato de que o uso de experimentos no lecionamento de assuntos mais complexos como os vistos na física se tornam mais simples e de fácil compreensão haja visto que constantemente paralelos acerca de situações que ocorrem no cotidiano da maioria das pessoas também eram abordados facilitando ainda mais a absorção dos conteúdos. Outro ponto que veio à tona foi o fato de que muitas das escolas que visitaram a SECITEC não possuem laboratórios físicos ou até mesmo a falta de materiais adequados para a criação de experimentos.

Abaixo seguem alguns comentários deixados pelos visitantes do evento evidenciando ainda mais uma satisfação positiva acerca da organização e disposição dos projetos da sala escura:

- “Muito organizado e relevante”;
- “Foi prazeroso”;
- “Estão parabéns pelo evento”;
- “Ótima proposta, parabéns!”;
- “Ficamos impressionados com o tanto detalhes e fenômenos existentes em coisas simples como os movimentos.”;
- “Sala muito interativa”;
- “Muito bom, melhor sala temática. Os experimentos me fizeram compreender bastante os fenômenos”;
- “Muito bom! Todos os experimentos ficaram perfeitos!”

3.3 Questionário de avaliação do impacto da exposição

A ideia deste questionário era aplicá-lo antes e depois das apresentações dos experimentos as perguntas eram provenientes de exames anteriores do ENEM sendo por consequência objetivas. Adicionalmente, vale ressaltar que todas foram provenientes de banco de questões do ENEM, logo uma busca com o objetivo de coletar questões coesas e bem elaboradas foi realizada (Apêndice B).

O questionário inicial, era a fim de realizar um teste diagnóstico dos alunos participantes, de forma a entender o nível de conhecimento preexistente com relação aos assuntos de ondas e termodinâmica, e o segundo buscava, realizar uma avaliação de impacto associada ao nível de desenvolvimento. Vale salientar que o objetivo do questionário foi enfatizado logo antes das perguntas com a importância deste sendo descrita através do seguinte trecho: *“Para entender o impacto do aprendizado proporcionado pelo uso de experimentos práticos, estamos conduzindo um questionário que servirá como uma ferramenta valiosa para avaliar o desenvolvimento dos alunos em relação aos temas abordados nos mesmos. Este questionário contém oito questões de múltipla escolha e será aplicado para avaliar o impacto no letramento científico adquirido pelo participante após a visita desta exposição. Através deste questionário, buscamos não apenas medir a retenção de conhecimento, mas também a capacidade de aplicar o que foi aprendido e aprofundar a compreensão dos temas. (Não será feita a identificação do participante)”*

Tendo em vista tais prerrogativas, 6 discentes foram selecionados com idades de 19 até 22 anos, com a maioria tendo a formação de ensino superior incompleto/em andamento, e os resultados obtidos foram:

Tabela 1 - Referente as duas aplicações do questionário de avaliação de impacto (apêndice B)

Aplicações	Questão1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7
Primeira	33,3%	16,7%	50%	50%	33,3%	33,3%	33,3%
Segunda	66,7%	83,3%	66,7%	50%	50%	66,7%	66,7%

Fonte: Próprio autor (2023)

As porcentagens descritas acima estão relacionadas com as taxas de acerto referente a cada questão aplicada. As questões em destaque podem ser conferidas no apêndice B. Tendo em vista os resultados obtidos é notório que a utilização de experimentos no aprendizado é suma importância para o corpo discente, a evolução foi evidente em todas as questões.

4. APONTAMENTOS CONCLUSIVOS

Durante a execução da ação extensionista relatada neste artigo, diversos obstáculos se fizeram presente, que abrangeram desde questões técnicas relacionadas a componentes eletrônicos até restrições temporais para a realização dos experimentos. No entanto, a equipe superou essas adversidades com determinação e acima de tudo criatividade, o que culminou em uma experiência enriquecedora tanto no âmbito individual quanto no coletivo.

A aplicação do questionário de satisfação revelou que os visitantes da sala escura demonstraram elevado grau de satisfação em relação aos experimentos nela apresentados. Uma significativa maioria avaliou os experimentos como muito interessantes, claros em seu propósito, bem organizados e pertinentes aos temas da área de ondulatória e afins. Outro

importante ponto é que a maioria dos participantes saiu da exposição com uma compreensão aprimorada dos conceitos ondulatórios. Os comentários deixados pelos visitantes corroboraram essas conclusões, enfatizando a organização e a relevância dos projetos, motivo de justificado orgulho para todos envolvidos.

Já com relação à aplicação do questionário de avaliação de impacto da exposição, também produziu resultados promissores. Observou-se um notável aumento nas taxas de acerto em todas as questões entre a primeira e a segunda aplicação do questionário. Essa constatação ressalta uma amostra da eficácia da integração de experimentos práticos no ensino em termos de aprimoramento do entendimento e do letramento científico dos participantes.

Na perspectiva dos relatores da experiência extensionista, o projeto relatado demonstrou de maneira inequívoca que a combinação de experimentos práticos, organização eficiente e interação direta com o público pode gerar um impacto significativo no aprendizado e na compreensão de conceitos científicos complexos. Ensinar/aprender física exige elementos de criticidade e curiosidade, é possível observar nos registros fotográficos da ação, como alguns experimentos aguçaram a curiosidade dos estudantes. Dessa forma, espera-se que esta experiência sirva como inspiração para futuros projetos similares e continue a fomentar o entusiasmo pela ciência e pela educação. Vale ressaltar que o êxito alcançado neste projeto é uma consequência direta do trabalho em equipe e do comprometimento de todos os envolvidos, promovendo a educação científica e a inspiração nas próximas gerações de cientistas e pesquisadores.

REFERÊNCIAS

BUENO, Lígia; MOREIA, Kátia de Cássia; SOARES, Marília; DANTAS, Denise J.; WIEZZEL, Andréia C. S.; TEIXEIRA, Marcos F. S. **O Ensino de Química por Meio de Atividades Experimentais: A Realidade do Ensino nas Escolas**. [200-]. Disponível em: <http://www.unesp.br/prograd/ENNEP/Trabalhos%20em%20pdf%20-%20Encontro%20de%20Ensino/T4.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2023.

De Freitas, Zulma Elizabete; Klug, Daniel. **A função da experimentação no ensino de ciências e matemática: uma análise das concepções de professores**. Revista de Educação, Ciências e Mathematics, v. 5, n. 3, pp. 57-68, 2015.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

MARCO ANTÔNIO MOREIRA. **Desafios no ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, n. supl. 1, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/#>. Acesso em: 5 de outubro de 2023.

MUSSI, R. F. DE F.; FLORES, F. F.; ALMEIDA, C. B. DE. **Pressupostos para a elaboração de relato de experiência como conhecimento científico**. Práxis Educacional, v. 17, n. 48, p. 60–77, 1 de setembro de 2021.

Moraes, A. M. e Moraes, I. J. (2000). **“A avaliação conceitual de força e movimento”**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 2, p. 232-246.

SILVA, A. C.; CORREA, C. S.; COELHO, D. A.; DA SILVA NETO, D. T.; FERRAZ, L.; XAVIER, M. M.; REIS, R. S.; ROCHA, F. A.; SANTOS, P. A. **Análise dos Índices de Reprovação nas Disciplinas de Cálculo I e AVGA do Curso de Engenharia Elétrica do**

Instituto Federal da Bahia de Vitória da Conquista. XIV International Conference on Engineering and Technology Education, 28 de fevereiro – 02 de março de 2016, Salvador, Brasil.

A extensão universitária no ensino superior e a sociedade. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/gtic-malestar/article/view/60/89>. Acesso em: 2 de outubro de 2023.

RELATÓRIO BRASIL NO PISA 2018 DIRETORIA DE AVALIAÇÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA DAEB. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes_e_exames_da_educacao_basica/relatorio_brasil_no_pisa_2018.pdf>. Acesso em 07 de outubro de 2023.

Física Universitária. YouTube, 2023. Disponível em: <<https://www.youtube.com/@FisicaUniversitariaUSP>>. Acesso em: 09 out. 2023

Manual do Mundo. YouTube, 2023. Disponível em: <<https://www.youtube.com/@manualdomundo>>. Acesso em: 06 out. 2023

Feedback do evento

Queremos saber seu feedback para continuar melhorando a logística e o conteúdo. Responda a esta pesquisa rápida e conte-nos sua opinião. As respostas serão anônimas.

* Indica uma pergunta obrigatória

- Marcar apenas uma oval.

[illegible]

- Marcar apenas uma oval.

Pou ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ Muito Claro

- ### Material da sessão e de pré-leitura

Marcar apenas uma oval.

Frac ○○○○○○ Excelente

4. Você acredita que os experimentos abordaram temas relevantes na área de ondulatória? *

Material da sessão e de pré-leitura

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Pou	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Muito Relevante

5. Você saiu da exposição com uma compreensão mais clara dos conceitos de ondulatória? *

Material da sessão e de pré-leitura

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

6. Algum feedback geral sobre o evento? (Opcional)

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA EXPOSIÇÃO

Questionário de avaliação do impacto da exposição

Para entender o impacto do aprendizado proporcionado pelo uso de experimentos práticos, estamos conduzindo um questionário que servirá como uma ferramenta valiosa para avaliar o desenvolvimento dos alunos em relação aos temas abordados nos mesmos. Este questionário contém oito questões de múltipla escolha e será aplicado para avaliar o impacto no letramento científico adquirido pelo participante após a visitação desta exposição.

Através deste questionário, buscamos não apenas medir a retenção de conhecimento, mas também a capacidade de aplicar o que foi aprendido e aprofundar a compreensão dos temas.

Não será feita a identificação do participante.

** Indica uma pergunta obrigatória*

1. Formação: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Fundamental
- ☐ Fundamental incompleto
- ☐ Ensino Médio Completo
- ☐ Ensino médio em andamento
- ☐ Ensino superior em andamento
- ☐ Ensino superior completo

Seção sem título

2. Idade

3. 1- (ENEM 2017 PPL) Ao sintonizar uma estação de rádio AM, o ouvinte está selecionando apenas uma dentre as inúmeras ondas que chegam à antena receptora do aparelho. Essa seleção acontece em razão da ressonância do circuito receptor com a onda que se propaga. O fenômeno físico abordado no texto é dependente de qual característica da onda?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ AMPLITUDE
- ☐ FREQUÊNCIA
- ☐ INTENSIDADE
- ☐ VELOCIDADE
- ☐ POLARIZAÇÃO

4. 2- (ENEM 2021) Para se deslocar e obter alimentos, alguns mamíferos, como morcegos e golfinhos, contam com a sofisticada capacidade biológica de detectar a posição de objetos e animais pela emissão e recepção de ondas ultrassônicas. O fenômeno ondulatório que permite o uso dessa capacidade biológica é a:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ REFLEXÃO
- ☐ DIFRAÇÃO
- ☐ REFRAÇÃO
- ☐ POLARIZAÇÃO
- ☐ DISPERSÃO

5. **3- (ENEM 2013)** Para reduzir a poluição sonora na cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que estabelece um limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível de som permitido após as 22 horas. Ao aprovar essa lei, os vereadores estão restringindo qual característica da onda sonora?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A altura da onda sonora.
- ☐ A amplitude da onda sonora.
- ☐ A frequência da onda sonora.
- ☐ A velocidade da onda sonora.
- ☐ O timbre da onda sonora.

6. **4- (ENEM 2017)** A faixa espectral da radiação solar que tem uma forte contribuição para o efeito mostrado na tirinha é caracterizada como:



DAVIS, J. Disponível em: <http://gafarfield.com>. Acesso em: 10 ago. 2014.

Marcar apenas uma oval.

- ☐ VISIVEL
- ☐ AMARELA
- ☐ VERMELHA
- ☐ ULTRAVIOLETA
- ☐ INFRAVERMELHA

7. **5- (ENEM 2012, adaptada)** Para afinar um violão, um músico utiliza uma nota de referência, como o Lá em um piano, para ajustar as cordas do violão até que ambos os instrumentos toquem a mesma nota. No entanto, mesmo quando ambos estão tocando a mesma nota, é possível diferenciar o som do piano do som do violão. Essa diferenciação é possível porque: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A ressonância do som emitido pelo piano é maior.
- ☐ A potência do som emitido pelo piano é maior.
- ☐ A intensidade do som emitido por cada instrumento é diferente.
- ☐ O timbre do som produzido por cada instrumento é diferente.
- ☐ A amplitude do som emitido por cada instrumento é diferente.

8. **6- (ENEM 2013, adaptada)** Durante viagens de avião, os passageiros são solicitados a desligar todos os dispositivos que emitem ou recebem ondas eletromagnéticas. Esse procedimento é realizado para eliminar possíveis fontes de radiação que possam interferir nas comunicações de rádio entre os pilotos e a torre de controle. Qual característica das ondas emitidas justifica esse procedimento? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Terem fases opostas.
- ☐ Serem ambas audíveis.
- ☐ Terem intensidades inversas.
- ☐ Serem de mesma amplitude.
- ☐ Terem frequências próximas.